



HAL
open science

Trajectoire d'une ethnoécologie : de l'agrobiodiversité au bien-être

Sophie Caillon

► To cite this version:

Sophie Caillon. Trajectoire d'une ethnoécologie : de l'agrobiodiversité au bien-être. Environnement et Société. Université de Montpellier, 2022. <tel-04928542>

HAL Id: tel-04928542

<https://hal.science/tel-04928542v1>

Submitted on 14 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License



Document présenté pour l'obtention de
l'HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Ecole Doctorale : GAIA, Sciences du vivant
(Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau)

Présentée par Sophie Caillon
Chargée de Recherche, UMR CEFE, CNRS

le 04 octobre 2022 à l'UMR CEFE

Tamatoa Bambridge, Directeur de Recherche, CNRS [rapporteur]

Eric Garine, Professeur des Universités, Université Paris Nanterre [rapporteur]

Victoria Reyes-García, Directrice de Recherche, UAB-ICREA [rapporteuse]

Stéphanie Carrière, Directrice de Recherche, IRD

Joachim Claudet, Directeur de Recherche, CNRS

Oliver Coomes, Professeur des Universités, McGill University

Bernard Godelle, Professeur des Universités, Université de Montpellier [président]

« Je déclare avoir respecté, dans la conception et la rédaction de ce mémoire d'HDR, les valeurs et principes d'intégrité scientifique destinés à garantir le caractère honnête et scientifiquement rigoureux de tout travail de recherche, visés à l'article L.211-2 du Code de la recherche et énoncés par la Charte nationale de déontologie des métiers de la recherche et la Charte d'intégrité scientifique de l'Université de Montpellier. Je m'engage à les promouvoir dans le cadre de mes activités futures d'encadrement de recherche. »



Document présenté pour l'obtention de
l'HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Ecole Doctorale : GAIA, Sciences du vivant
(Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau)

Présentée par Sophie Caillon
Chargée de Recherche, UMR CEFE, CNRS

« Je déclare avoir respecté, dans la conception et la rédaction de ce mémoire d'HDR, les valeurs et principes d'intégrité scientifique destinés à garantir le caractère honnête et scientifiquement rigoureux de tout travail de recherche, visés à l'article L.211-2 du Code de la recherche et énoncés par la Charte nationale de déontologie des métiers de la recherche et la Charte d'intégrité scientifique de l'Université de Montpellier. Je m'engage à les promouvoir dans le cadre de mes activités futures d'encadrement de recherche. »

Trajectoire d'une ethnoécologue : de l'agrobiodiversité au bien-être

A notre ami Roger Malapa (1970-2017),
Pour qui savoirs locaux et savoirs académiques
n'ont pu s'individualiser.
Pour ce « compostiste »,
jadis enchevêtré dans les lianes de la vie,
aujourd'hui compagnon et entremetteur des
bestioles chtoniennes.
Merci pour être et avoir fait le lien.



Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction. Trajectoire d'une ethnoécologie : de l'agrobiodiversité au bien-être | 1 |
| Qu'est-ce que l'ethnoécologie ? | 2 |
| Plan de ce mémoire | 9 |
| Partie I. Dossier administratif..... | 11 |
| <i>Curriculum vitae</i> | 11 |
| Recherche scientifique | 12 |
| Activités de recherche | 12 |
| Thématiques de recherche | 12 |
| Méthodes de travail | 14 |
| Management de la recherche..... | 15 |
| Membre nommé de la CID52 | 15 |
| Conseil de laboratoire | 16 |
| Expertises d'unité et de conférences | 16 |
| Animation de la recherche dans mon laboratoire | 16 |
| Jury de thèse | 16 |
| Comités de thèse et rapports de stage | 16 |
| Collaborations | 17 |
| En France | 17 |
| En Europe | 18 |
| À l'étranger..... | 18 |
| Mobilités | 19 |
| Chercheuse invitée | 19 |
| Terrain | 19 |
| Ateliers de travail | 20 |
| Enseignements..... | 21 |
| Responsable de modules | 21 |
| Enseignement ponctuels..... | 22 |
| Encadrement de travaux de recherche | 23 |
| Post-doctorants (2) | 23 |
| Mathieu Thomas | 23 |
| Marco Pautasso | 24 |
| Doctorants (5) | 24 |

| | |
|--|----|
| À identifier..... | 25 |
| Ninon Fontaine..... | 25 |
| Antoine Doncieux..... | 25 |
| Jonathan Locqueville..... | 26 |
| Marion Comptour..... | 28 |
| Masters (9)..... | 29 |
| Antoine Rignault..... | 29 |
| Lisa Vincent..... | 30 |
| Aurélien Drillaud..... | 31 |
| Dario Pérez..... | 31 |
| Quentin Fabregal..... | 32 |
| Sayuri Tatiana Kiyota..... | 32 |
| Patrick Albers..... | 33 |
| Jennifer Beckensteiner..... | 34 |
| Robert Wayaridri..... | 34 |
| Diffusion orale de la recherche..... | 36 |
| Communication 'grand public' (6)..... | 36 |
| Conférences scientifiques (83)..... | 36 |
| Organisation de conférences (8)..... | 36 |
| Organisation de sessions (10)..... | 37 |
| Conférences invitées (27)..... | 38 |
| Communications & posters (38)..... | 40 |
| Diffusion écrite de la recherche..... | 43 |
| Synthèse publications avec étudiants & post-doctorants : 12(8)..... | 43 |
| Journaux référencés (29)..... | 45 |
| Chapitres de livre (12)..... | 48 |
| Littérature 'grand public' (5)..... | 49 |
| Mémoires (3)..... | 49 |
| Participation à des contrats de recherche..... | 50 |
| Animation de programmes et projets (13)..... | 51 |
| Participation à des programmes et projets (14)..... | 55 |
| Partie II. Agrobiodiversité : de la théorie à la pratique (résultats)..... | 63 |
| L'agrobiodiversité, une diversité bioculturelle..... | 63 |

| | |
|---|-----|
| Inventaire de l'agrobiodiversité : nomenclature et classification..... | 64 |
| Théorie et histoire des recherches sur les classifications locales..... | 64 |
| Comment classer ? | 67 |
| Nos recherches sur les systèmes de classification locale | 68 |
| Identifier au Vanuatu | 70 |
| Classer au Vanuatu..... | 71 |
| Savoirs locaux et pratiques associés aux plantes cultivées..... | 73 |
| Théorie sur les savoirs locaux | 73 |
| Nos recherches sur les savoirs locaux et pratiques associées au Vanuatu | 77 |
| Motivations pour choisir une variété cultivée | 80 |
| Valeurs associées à une diversité de taro au Vanuatu | 80 |
| Valeurs associées à une diversité de cépages à Gaillac..... | 82 |
| Stratégies d'acquisition des plantes | 89 |
| Théorie sur la circulation des plantes et des connaissances | 89 |
| Echanger des biens non ritualisés | 89 |
| La théorie des réseaux | 91 |
| Mes recherches sur la circulation des plantes et des connaissances..... | 92 |
| Dans les jardins du Vanuatu | 92 |
| Dans les vignobles de Gaillac | 95 |
| Interdisciplinarité : plus qu'une méthode, une posture | 101 |
| Définition, ses avantages et difficultés | 101 |
| Notre boîte à outils | 105 |
| Anthropologie | 105 |
| Géographie et agronomie | 106 |
| Analyse des réseaux sociaux | 106 |
| Approches mixtes..... | 106 |
| Vivre l'interdisciplinarité : une méthodologie éprouvée..... | 107 |
| Vivre l'interdisciplinarité : une transmission d'expérience | 109 |
| Un enseignement interdisciplinaire | 109 |
| Une formation à l'ethnoécologie | 111 |
| Partie III. Le bien-être, un concept multidimensionnel (projet) | 113 |
| Pourquoi questionner le bien-être en milieu agricole ?..... | 113 |
| Comment le bien-être est-il défini ?..... | 115 |

| | |
|--|-----|
| Le bien-être bioculturel | 118 |
| De l'égalité vers l'équité | 118 |
| Un bien-être en relation avec la nature..... | 120 |
| Des valeurs émiques pour un bien-être bioculturel | 123 |
| Un concept multidimensionnel..... | 124 |
| Vers des indicateurs ? | 126 |
| Des indicateurs vers le concept ou du concept vers les indicateurs | 126 |
| Des indicateurs pour dialoguer et agir | 127 |
| Développement de nouvelles méthodes de recherche | 130 |
| Approches bioculturelles | 130 |
| Transdisciplinarité..... | 131 |
| Arts&Sciences et approches sensibles..... | 134 |
| Des dessins dans les vignes | 134 |
| Vers plus de sensible dans nos recherches | 139 |
| Du sensible grâce à la lenteur | 141 |
| Perspectives de recherche et d'encadrement..... | 142 |
| Une recherche future inspirée par les doctorant·es | 142 |
| Thème « bien-être et approches sensibles » | 142 |
| Thème « vigne et changement climatique »..... | 142 |
| Thème santé des interactions « plante-sol » | 142 |
| Thème « sauvage-cultivé »..... | 143 |
| Conclusion | 145 |
| Bibliographie | 146 |
| Tables des illustrations..... | 167 |
| Tableaux..... | 167 |
| Figures..... | 168 |
| Images..... | 170 |
| Tirés à part choisis..... | 171 |

Introduction. Trajectoire d'une ethnoécologue : de l'agrobiodiversité au bien-être

L'agriculture a mauvaise réputation. Dans la presse quotidienne, elle est associée à des pratiques polluantes « chimiques », à la disparition de zones humides riches en biodiversité, à des fronts pionniers pour favoriser l'élevage à la forêt... que ce soit sous nos latitudes ou en milieu tropical. Des ouvrages de vulgarisation (Harari, 2015) polémiquent également sur les maux engendrés par le passage d'un mode de vie nomade basé sur la chasse et la cueillette à une société structurée autour de l'agriculture permettant stabilisation, structuration et politisation de la société, augmentation de la taille des populations humaines, mais aussi des épidémies et des surcharges de travail. Est-ce juste ?

Certes la richesse et la complexité des interactions des écosystèmes naturels restent plus fructueuses que les systèmes anthropisés à des fins alimentaires. Mais la diabolisation de l'agriculture fait fi de l'hétérogénéité des systèmes agricoles, depuis des systèmes très intensifs ne fonctionnant qu'à l'aide d'intrants importés, jusqu'à des systèmes complexes s'appuyant sur une diversification des paysages et du « biologique » (Beckerman, 1983) pour produire une alimentation riche, équilibrée et stable. De nombreux anthropologues, géographes et ethnoécologues s'attèlent pourtant à décrire la diversité de ces systèmes, en particulier dans les Pays du Sud (Mollard & Walter, 2008). Ils y montrent que l'agriculture peut modifier l'organisation spatiale de la biodiversité (Duflot et al., 2015; Ernoult et al., 2003) et est source d'agrobiodiversité (Altieri et al., 2015; Alvarez et al., 2005; Coomes et al., 2015; Jarvis et al., 2011; Rival & McKey, 2008) tout en apportant une alimentation juste et équilibrée à des paysan·nes-agriculteur·rices en relation avec les éléments vivants et inertes qui les entourent. Cette agriculture plus diversifiée en terme de paysages, d'espèces ou de variétés cultivées est de plus en plus citée comme une solution écologiquement viable pour faire face aux impacts du changement climatique et réduire les intrants chimiques, versus des solutions prônant l'irrigation, l'usage d'engrais et des variétés améliorées (Challinor et al., 2010; Rosenzweig & Parry, 1994)¹. Les espèces ne répondent pas toutes aux températures et aux précipitations de la même manière. La diversité spécifique a donc le potentiel de stabiliser la production alimentaire, en particulier face à l'incertitude générée par la variabilité interannuelle du climat, par un « effet d'assurance » (Renard & Tilman, 2019) : dans un système diversifié, la mauvaise récolte d'une espèce peut être compensée par la récolte d'autres espèces.

Depuis mon intérêt pour la recherche (stage d'ingénieur agronome en 1999 en Amazonie péruvienne), j'ai plongé dans l'agrobiodiversité pour tenter d'en extraire les mécanismes de

¹ C'est justement le cas en ce moment face à la menace du manque du blé ukrainien, lire la Tribune du Monde (31 mars 2022) « Prétendre éviter des crises alimentaires en Afrique et au Moyen-Orient en relançant la production agricole européenne serait une erreur ».

diversification. Plus spécifiquement, j'essaie de comprendre comment les diversités biologique et culturelle peuvent être conciliées pour conserver un patrimoine local et durable. Pour cela, j'ai choisi d'étudier l'agrobiodiversité en identifiant la diversité variétale ou intraspécifique, voire populationnelle, à l'échelle de l'unité de production (parcelle), de la famille, du village, de la localité – en l'occurrence l'île ou le terroir. Pourquoi paysan·nes et agriculteur·rices cherchent-elles à cultiver, diversifier, voir à domestiquer de nouvelles espèces et paysages ? Je m'intéresse ainsi aux plantes cultivées entretenues, créées et transformées en scrutant leurs noms et classifications locales, leurs usages et pratiques agricoles et culinaires, leurs valeurs qui ont motivé celles ou ceux qui en prennent soin, les manières dont elles sont acquises, et même leur diversité génétique. Pour résumer, je m'intéresse aux savoirs locaux associés à l'agrobiodiversité. Après un parcours universitaire et d'ingénieur en écologie, agronomie et géographie, j'inscris mes travaux de recherche résolument dans la discipline des relations, l'ethnoécologie.

Qu'est-ce que l'ethnoécologie ?

Depuis le XVII^e siècle en Europe, une vision binaire du monde règne où le milieu « naturel » suppose l'absence d'intervention humaine. La nature, domaine objectivé par la science, devient un objet de contrôle des humains et les humains peuvent jouer alternativement le rôle de perturbateur (cf. extinction de la biodiversité) ou de protecteur en excluant la menace humaine (cf. aires protégées « de l'humain »). Cette transition s'accompagne du glissement d'une pensée analogique vers une pensée naturaliste (Foucault, 1966). Ce mode de relation naturaliste n'est pas universel, et l'anthropologie a été un fervent défenseur de la diversité ontologique. Philippe Descola (2005) découpa les relations humains-nature en quatre grands modèles ontologiques (animisme, totémisme, naturalisme, analogisme) afin de remettre en cause la vision dualiste du monde, à savoir la nature comme entité séparée de la culture². Les conceptions de la nature, produit de l'histoire des rapports entre les sociétés et l'environnement, s'expliquent par des faits sociaux et politiques (organisation sociale, politique – pratiques, symboles et univers de sens des sociétés) (Aumeeruddy-Thomas 20/01/2022³). Pour cela, il nous faut oublier temporairement les classifications et idées qui nous sont familières pour favoriser l'accueil d'idées nouvelles, considérer l'ensemble des systèmes de relations caractéristiques d'un groupe humain, intégrer le fait que les systèmes classificatoires (humains, plantes, animaux, esprits, nature, société) et systèmes d'attitudes

² Nous ne développerons pas ce sujet, maintenant bien intégré dans nos disciplines. Pour en savoir plus, Cf. Aumeeruddy-Thomas (2022) : cette approche cherche à trouver des propriétés universelles (au-delà des spécificités locales) reliant les sociétés à la nature. Ils sont des modèles, c'est-à-dire que ce sont des principes directeurs qui permettent de comprendre la cohérence de certaines manières d'habiter le monde, de percevoir ses composantes, de les organiser dans des systèmes cohérents, de penser les collectifs, c'est-à-dire les formes d'agrégation d'humains dans lesquelles sont réunis aussi très souvent des non-humains, de définir les conceptions que ces collectifs ont du sujet, de l'action.

³ Aumeeruddy-Thomas (2022). Introduction à l'étude des interactions entre nature et sociétés, 20/01/2022, Unité d'Enseignement « Ethnoécologie et Interactions Bioculturelles » (Caillon & Labeyrie, dir.) du Master 1 Biodiversité Écologie Évolution (Université de Montpellier) et Humanités Environnementales (Université Paul Valéry). Université Paul Valéry, site Saint-Charles, Montpellier.

des humains sont complémentaires (Leclerc 20/01/2022⁴). La culture permet justement de préciser les relations que ces entités – humaines et non-humaines, vivantes ou inertes, matérielles ou immatérielles – peuvent ou ne peuvent pas, doivent ou ne doivent pas entretenir entre elles. Chaque groupe humain développera une manière singulière de voir le monde et d’interagir avec lui. En tant qu’ethnoécologues, nous avons pour objectif de montrer cette diversité de singularités, et plus particulièrement la richesse des liens, des soins (« *care* »), des attachements, pour résumer, des engagements des humains envers les non-humains, et inversement. C’est cet « inversement » qui lie irrémédiablement notre discipline à l’écologie. Notre hypothèse est que le milieu biotique et abiotique est modelé, modifié, structuré par les humains⁵, et inversement, le milieu influence la construction d’une société. Nous n’investiguons pas une simple relation éthique ou spirituelle, mais également des liens physiques. Nous nous devons de nous intéresser autant à la complexité du monde des humains, qu’à celui des non-humains ou du supranaturel ; l’échelle paysagère est ainsi convoquée (Hunn & Selam, 1990; Main Johnson & Davidson Hunt, 2011; G. Martin, 1993; Nazarea, 1999).

Harold Conklin (1954) illustre au mieux notre démarche. Il est d’ailleurs le premier à se réclamer de l’ethnoécologie, et dans sa thèse il part des catégories sémantiques locales pour étudier les connaissances qu’une société a de leur environnement. Il insiste sur l’importance de toujours opter pour une approche « de l’intérieur », car la perception, qui opère à l’aide de critères de distinction que fournit la culture de l’observateur, est toujours d’ordre émique. Il ne définit malheureusement pas cette discipline dont il se revendique. Nous retenons celle adaptée de Barrera-Bassals & Toledo (2005)⁶ qui assimilent l’ethnoécologie à une étude intégrative et interdisciplinaire des représentations, savoirs et pratiques d’une entité sociale pour comprendre la gestion et les usages du paysage : percevoir, connaître, utiliser, gérer, ou celle de Roy Ellen, pour qui l’ethnoécologie est l’étude de comment les gens conceptualisent, se représentent, vivent, utilisent et en général gèrent leurs connaissances associées à leur

⁴ Leclerc (2022). Introduction à l’étude des interactions entre nature et sociétés, 20/01/2022, Unité d’Enseignement « Ethnoécologie et Interactions Bioculturelles » (Caillon & Labeyrie, dir.) du Master 1 Biodiversité Écologie Évolution (Université de Montpellier) et Humanités Environnementales (Université Paul Valéry). Université Paul Valéry, site Saint-Charles, Montpellier.

⁵ Les relations entre éléments abiotiques et biotiques, sans interférence humaine, sont tout aussi pertinentes, mais, pour des raisons de compétences scientifiques elles ne seront pas incluses dans ce mémoire. Cette précision est importante, et m’est apparu indispensable suite à une remarque pertinente de Doyle McKey (Prof. émérite de l’université de Montpellier) en lisant mon texte : « Pour le biologiste, la séparation nature/culture est quelque chose qui a caractérisé le monde durant presque la totalité du temps que la vie a existé sur la terre. La grande majorité des espèces présentes aujourd’hui étaient là avant l’apparition de l’humain, et leurs adaptations ont été façonnées dans des milieux où les humains étaient absents. A mon avis, l’anthropologie « de la nature » et les humanités environnementales comme l’ethnographie multi-espèces, n’ont pas encore pris pleinement conscience de cette réalité (du point de vue étique [« *etic* »]). Les ethnoécologues, je pense, doivent intégrer la vision très longue durée de la vie et « la nature », et l’avoir dans leurs esprits quand ils analysent les visions émiques de différentes sociétés » [...] La nature est surtout le produit de phénomènes évolutifs qui ont précédés l’arrivée des humains. La nature sans les humains est imaginable, et en fait a longtemps existé. Les humains sans la nature c’est autre chose...Quand les ethnoécologues intégreront cette dimension longue durée, ils seront alors mieux armés pour répondre à la grande question : comment les humains s’intègrent-ils dans ce tissu complexe qui les attendait ? Comment peuvent-ils contribuer à, et maintenir, cette complexité de la biodiversité ? ».

⁶ Victor Toledo (1992, 2002) a particulièrement portée cette discipline.

expérience environnementale, ce qui inclut les organismes vivants, et des composantes non vivantes.

Dans ce mémoire d'HDR, l'ethnoécologie est définie comme la discipline qui permet d'étudier les relations dynamiques (i.e. un dialogue analysé comme un processus) entre les humains et leur espace matériel et immatériel en questionnant la manière dont l'espace est perçu par les humains (les savoirs locaux), et comment les humains, selon leurs ontologies, vivent leurs paysages en transformant et utilisant leurs ressources naturelles (les pratiques) ? Nous préférons le terme « vivre », car il est plus global et permet d'intégrer le fait d'utiliser, gérer, transformer, penser les entités naturelles, les « bestioles » (Haraway, 2008), les lieux et espaces aussi bien sur le plan technique et matériel que symbolique, soit de prendre en compte l'ensemble des dimensions cognitives ; cultures matérielle et immatérielle sont donc conjointement convoquées en ethnoécologie.

Cette diversité de liens peut être investiguée par un objet de recherche unique que sont les savoirs et savoir-faire locaux. Nous en définirons les contours dans la section qui leur est dédiée. Les méthodes convoquées sont aussi libres et diversifiées que les chercheur.es qui s'intéressent à ce champ de recherche. C'est avec un jeu d'approches mixtes qualitative et quantitative, que nous arrivons à sonder et analyser les ontologies locales, avec un point de vue holiste et émique, et de les rendre compréhensibles aux porteurs d'autres ontologies. Notre Graal méthodologique est de voir à travers les yeux des gens que l'on questionne et de ressentir à travers leurs corps. L'ensemble de nos sens sont convoqués lors de nos séjours longs sur le terrain, car comme l'écologie et l'anthropologie (en tout cas dans leur genèse), l'ethnoécologie est une discipline de terrain ; les idées et nos inspirations viennent des humains et des non humains que nous rencontrons. Ainsi pour comprendre les processus, les relations, les formes d'organisation et de pensée d'un groupe social donné, il est plus important d'observer que d'enquêter avec (et non sur) les groupes sociaux considérés. Notre approche est donc en premier lieu inductive par des allers-retours sur le terrain, avant de plonger dans un monde hypothético-déductif qui engage hypothèses, relevés de données systématiques et tests statistiques. Nous appelons ce mode de relation au sujet et au terrain, une approche bioculturelle. Plutôt qu'une approche uniquement centrée sur un groupe social ou un objet biologique, nous avons pour objectif la compréhension des relations entre les humains et leur environnement. Ce type d'approche permet d'englober à la fois les aspects biologiques et culturels d'un système, et de traiter des relations complexes et des rétroactions entre les systèmes humain et écologique (Caillon et al., 2017; Gavin et al., 2015; Maffi & Woodley, 2010; McCarter et al., 2018; Sterling et al., 2017)⁷. L'approche bioculturelle offre un cadre flexible qui facilite la synthèse entre différentes métriques, systèmes de connaissance et ontologies en intégrant les connexions – y compris les convergences et les divergences – entre les savoirs locaux et académiques.

⁷ En cette définition, nous ne nous retrouvons pas dans la manière dont ce terme est utilisé par ailleurs, comme l'analyse une revue bibliographique (Wiley & Cullin, 2016). Le terme bioculturel fait le plus souvent référence à la façon dont l'environnement social affecte la biologie humaine et est lié à la santé. La théorie de l'évolution ou les analyses politico-économiques sont minoritaires.

L'ethnoécologie s'intéresse à de nombreux domaines de recherche : en faisant une description très précise des pratiques, savoirs et usages, nous pouvons collaborer avec des écologues sur les questions de conservation de la biodiversité ou de durabilité des ressources ; en étudiant plus particulièrement la dynamique dans le temps de ces mêmes savoirs et pratiques, les ethnoécologues s'intéressent aux impacts de la globalisation et des changements climatiques sur les systèmes bioculturels, et la manière dont ces systèmes intègrent les changements en investissant des domaines tels que la résilience ou l'adaptation culturelle ; les inventaires locaux de nomenclature ou de classification, ainsi que l'étude des réseaux de circulation des plantes et des animaux permettent d'ajouter un regard historique sur les processus de domestication ou de migration ; l'analyse qualitative et quantitative de la transmission des savoirs aide à mieux comprendre les phénomènes d'érosion culturelle et biologique.

Une des grandes originalités de l'ethnoécologie réside dans la prise de conscience très tôt de réaliser des recherches éthiques et si possible engagées (Posey, 1983). Darrell Posey⁸, entomologue devenu ethnoécologue chez les Kayapó au Brésil, est moteur lors du premier colloque de l'International Society of Ethnobiology (ISE) en 1988⁹ de la « Déclaration de Belém », qui insiste sur la reconnaissance du droit des peuples autochtones sur leurs savoirs locaux (Soldati & Albuquerque, 2016). Parallèlement, toujours en Amérique latine, l'Asociación Etnobiológica Mexicana et la Sociedad latinoamericana de Etnobiología (SOLAE) ont approuvé un code éthique, publié en 2016 dans la revue *Etnobiología* (supplément du volume 14, 2016).

Depuis quand existent les ethnoécologues ?¹⁰ Tout a commencé avec l'ethnobotanique, la première de la série des « ethnomachins », synonyme d'ethnoscience créé par Claudine Friedberg pour dénoncer le saucissonnage imposé à des domaines de connaissances qui sont pourtant intégratifs chez les populations locales avec qui nous travaillons (Friedberg, 2005). Le terme « ethnobotanique » a été créé à l'intention des archéologues en 1895 par J.M. Harshberger pour désigner l'étude des plantes cultivées par les populations locales, leur répartition et leur diffusion passée, et afin de suggérer des usages mieux adaptés aux temps actuels¹¹. Plus tard, le terme « ethnoscience » a été utilisé pour la première fois en 1950 par

⁸ Julien Blanc (2021) revient précisément sur les apports de Darrell Posey à l'ethnoécologie. Il « semblait concevoir l'ethnobiologie avant tout comme une pratique de connaissance – voire de production – du monde (des environnements en particulier) ouverte à toutes modalités et outils d'appréhension, de compréhension, et d'investissement dans ce dernier ; ouverte notamment à des formes d'intelligibilité du monde qui mobilisent à la fois les corps et l'intellect, le sensible, l'émotion et la raison, qui s'appuient sur une expérience tirée à la fois du présent et du passé, qui sont intimement liées aux manières d'habiter et d'investir (en actes et en pensées) ces environnements ; autrement dit à des formes nettement plus épaisses que celles relevant de la pratique scientifique ».

⁹ Cette déclaration a été révisée 30 ans après, avec la contribution de représentants des communautés autochtones : http://ise.arts.ubc.ca/global_coalition/ethics.php. Lire aussi Golan et al. (2019).

¹⁰ Pour une description historique précise et documentée, voir les articles de Bahuchet (2021) et de Bahuchet et Hoare (2021).

¹¹ Plus exactement lire l'article synthèse de Bahuchet et Hoare (2021) : « L'« ethnographie botanique », l'intuition de Alphonse de Rochebrune (1836-1912) en 1879 au Muséum de Paris, est restée sans lendemain. C'est aux États-Unis, 15 ans plus tard, que l'ethnobotanique va naître. Elle est cependant précédée par Aboriginal botany, en 1873-1874, définie par le journaliste et voyageur Stephen Powers (1840-1904). ». Ces mêmes auteurs

G.P. Murdock dans l'index de l'*Outline of cultural material*, dans la section 82 « Idées au sujet de la nature et de l'homme » incluant l'ethnobotanique, l'anatomie, la météorologie, la zoologie, etc. L'ethnobiologie est née afin de réunir au sein de la même discipline l'étude des plantes et des animaux (Castetter, 1944, p. 160). Anderson et al. (2011) définissent l'ethnobiologie dès le début de leur livre éponyme par « l'étude des connaissances biologiques de groupes ethniques particuliers – connaissances culturelles sur les plantes et les animaux et leurs relations ». Il faut souligner l'importance du rôle du Museum National d'Histoire Naturelle qui a hébergé les plus grands « ethnomachins » et « ethnomachines » français.es : Roland Portères, Claudine Friedberg, André-George Haudricourt, Jacques Barrau, Serge Bahuchet, Marie Roué, Bernadette Lizet, Laure Empeaire... Les plus anciens sont malheureusement souvent oubliés sur la scène internationale comme le regrette Jean-Paul Lescure dans un billet publié pour les cent ans de la *Revue d'Ethnoécologie* (Lescure, 2021).

Les ethnosciences ont été un moyen de « scientiser » la « nouvelle ethnologie » par l'introduction de méthodes empruntées à la linguistique. Établissant une analogie entre les codes linguistique et culturel, l'objectif était de dresser pour chaque société une « grammaire culturelle » permettant de comprendre et de prévoir, en fonction des circonstances, le comportement des individus. Les cultures sont donc constituées de domaines cognitifs isolables. On espérait reconstituer chaque culture à partir de « la somme des classifications populaires appliquées à tous ces domaines » (Sturtevant, 2009). Les études restèrent limitées à certains domaines : parenté, maladies, couleurs, plantes, animaux. On ne parvint jamais à reconstituer une culture dans sa globalité.

En 1969, les ethnosciences changèrent de cap avec les publications de S.A. Tyler (1987) et Brent Berlin et Paul Kay (1991). On n'essaye plus de révéler les principes propres à chaque culture, mais au contraire d'étudier ce qui dépend de l'héritage biologique à tous les humains, vers la recherche d'universalité.

Bien sûr, les ethnologues n'ont pas attendu les ethnosciences pour s'intéresser aux savoirs relatifs à la biologie des plantes, au comportement des animaux et d'une façon plus générale aux phénomènes naturels. Claude Lévi-Strauss (1962) a utilisé cette science du concret dans *La Pensée sauvage*. Nous verrons également dans la section « pratiques » comment les ethnoécologues se sont inspirés de l'anthropologie des techniques portée par André Leroi-Gourhan (2012, 2013). Marcel Mauss (1950) a quant à lui, initié les discussions sur les échanges de plantes et les connaissances associées grâce à son *Essai sur le don* (cf. section sur la circulation).

Pour résumer, l'ethnobotanique – et par genèse l'ethnoécologie – est née de deux constatations : (1) « l'efficacité » des pratiques locales (i.e. durabilité) et des savoirs naturalistes locaux (i.e. précisions botanistes) ; (2) le rôle des facteurs socioculturels (i.e. ontologies locales) dans l'élaboration des pratiques et des systèmes classificatoires. Ecologues et anthropologues se retrouvent ainsi réunis. Le premier courant a été porté par des ethnobotanistes et ethnozoologistes tels que B. Berlin (1973) et H. Bartlett (1936), alors que

nous invitent à consulter Clément (1998) sur l'ethnobotanique et l'ethnobiologie, le cours donné par R. Portères (1969-70, accessible en ligne : <https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00654364/>), et l'article de Ford (2011).

le deuxième courant a été féroce porté par les anthropologues précurseurs Claudine Friedberg, Eugene Hunn, Ralf Bulmer et Roy Ellen¹². Ces deux courants alimentent une tension entre des perspectives étique et émique¹³ (Demeulenaere 2017). D'après leur parcours scientifique (agronomes), leurs textes et les méthodes mobilisées (linguistique, histoire, enquêtes, botanique), l'approche d'André-Georges Haudricourt et Jacques Barrau revendique une science au milieu, entre les deux faisceaux extrêmes portés par les botanistes-écologues d'un côté et les anthropologues de l'autre ; ma sensibilité, peut-être d'agronome cachée, me porte vers ces approches-là.

Cette polarité se retrouve aussi en contrastant les analyses fonctionnelles et symboliques avec des approches dont l'individu (et non la société) reste le point focal d'enquête et de théorisation (Figure 1). L'approche fonctionnelle permet de questionner la manière dont l'individu en société s'insère dans un environnement matériel, comment il le subit et le modifie. La description des interactions entre la société et l'environnement est perçue de l'extérieur (i.e. étique) en répondant à la question « qu'est-ce que ça fait ? ». À l'opposé l'analyse symbolique s'intéresse à la manière dont l'environnement matériel et immatériel s'insère dans la société, à travers notamment le langage (Guille-Escuret, 1997). Cette fois, les interactions société-environnement sont décrites de l'intérieur (i.e. émique) en répondant à la question « qu'est-ce que ça signifie ? ».

Pour résumer, l'ethnoécologie est une science holistique des interactions et des processus entre humains et non-humains ; elle peut jouer le rôle de passerelle au sein du monde académique comme non-académique (Sabinot, 2021). Ses racines historiques l'ancrent à la fois dans le théorique et dans un terrain rigoureux qui mobilise un répertoire riche et varié de méthodes (interdisciplinarité). Les ethnoécologues ont un rôle à jouer, car, après nos expériences dans des projets prônant l'interdisciplinarité, il est évident que l'interdisciplinarité implique un médiateur en interaction.

¹² Lire le numéro spécial édité par Roy Ellen (2006) pour avoir une vue globale de ce mouvement avec les auteurs R. Bulmer, L. Rival, D. Harris, P. Sillitoe, E. Hunn et B. Berlin.

¹³ D'après Demeulenaere (2017), l'opposition entre étique et émique est proposée par le linguiste Kenneth Pike et est inspirée de la distinction opérée en linguistique entre sons (objectivés par la phon-étique) et phonèmes (catégories de sons pertinentes pour les locuteurs d'une langue, étudiés par la phonologie, phon-emic en anglais)

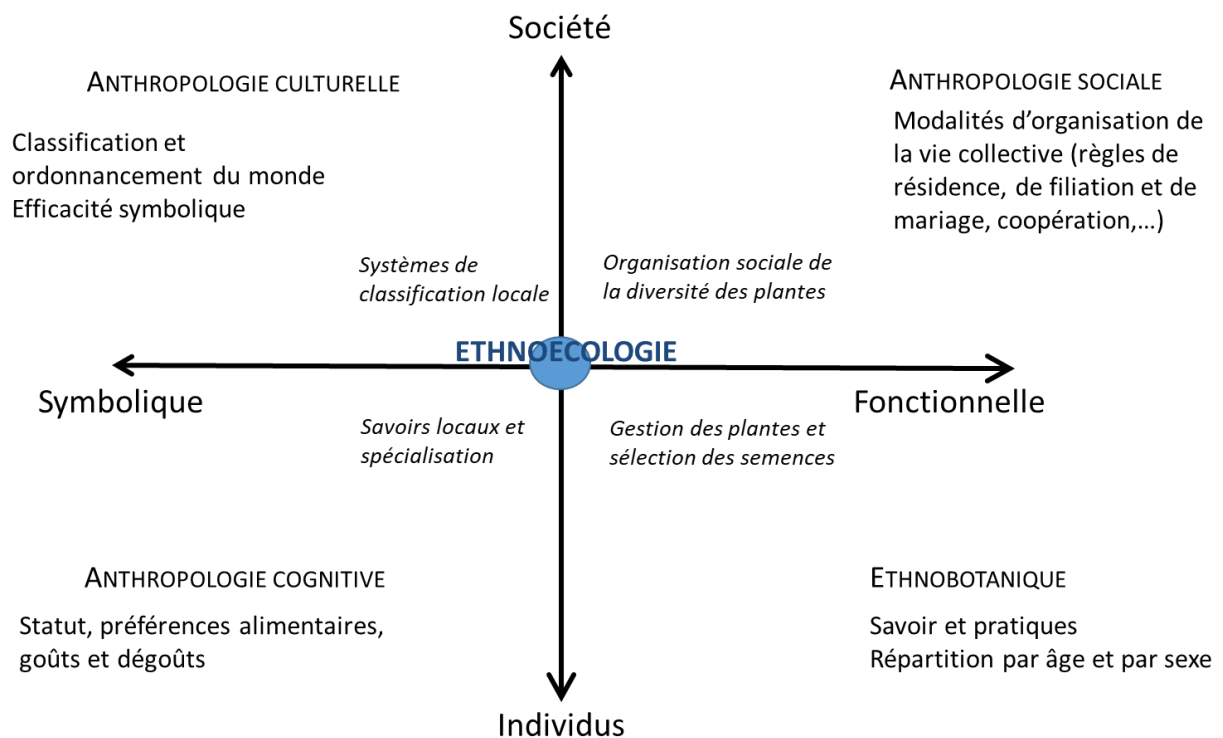
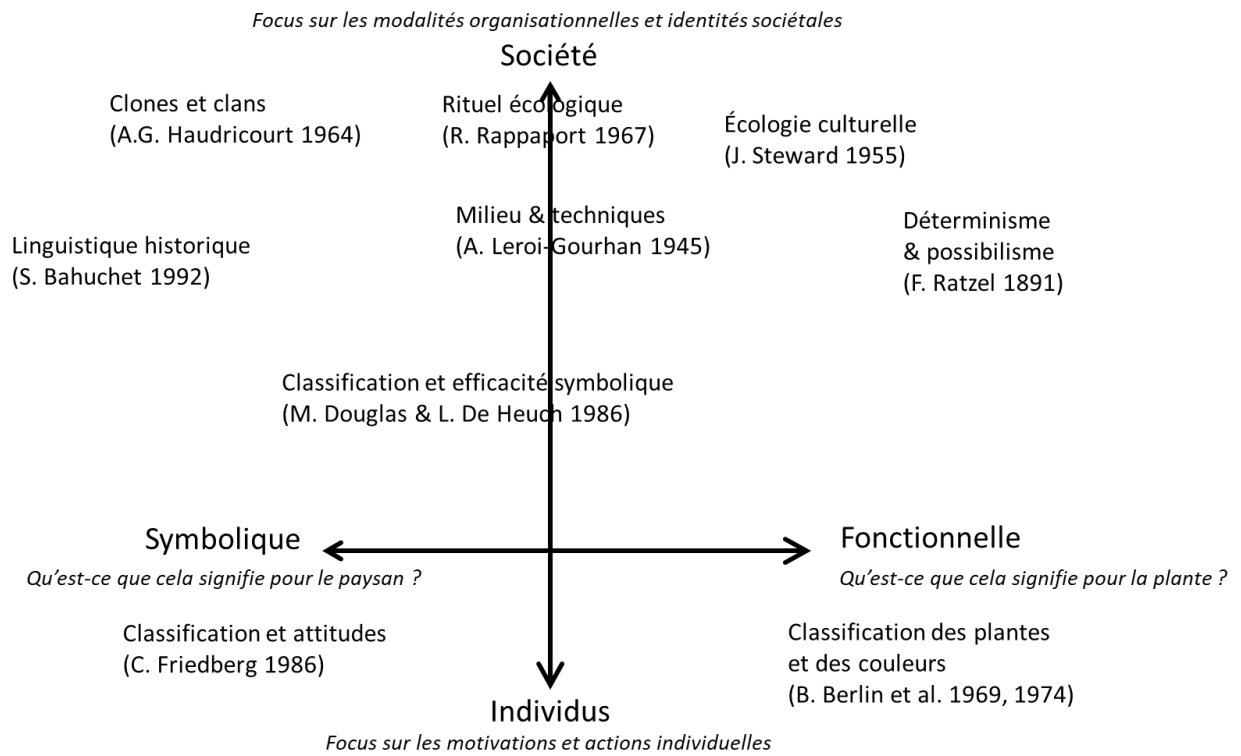


Figure 1 Adaptation de Leclerc & Coppens d'Eeckenbrugge (2011) pour positionner l'ethnoécologie au sein des divers courants en science humaines et sociales, et des grands courants de pensée.

Plan de ce mémoire

Ce mémoire d'HDR est constitué de trois parties. La première présente l'ensemble des données administratives demandées dont le curriculum vitae, les publications, les collaborations, les projets de recherche et l'encadrement/formation d'étudiants. Le reste du document synthétise mes travaux passés (Partie II. Agrobiodiversité) et futurs (Partie III. Bien-être). J'ai minimisé le développement des résultats issus de mes travaux passés en préférant y dresser un cadre théorique en analysant les concepts utilisés, au regard de la littérature existante. Après avoir défini le concept d'agrobiodiversité, je décortique ce concept sous les angles de la classification locale, des savoirs locaux, des valeurs associées à l'agrobiodiversité et de la circulation des plantes. L'ethnoécologie étant interdisciplinaire par nature, il m'a semblé important de décrire les méthodes que j'ai mobilisées et que j'aimerais mobiliser afin de développer une nouvelle thématique de recherche, le bien-être. L'essentiel du mémoire tâchera de définir cette notion si abstraite pour identifier les dimensions du bien-être que j'aimerais développer dans mes futures recherches. Dans chacune des deux parties thématiques, les méthodes utilisées et celles en devenir sont exposées et critiquées. Je présente également mes enseignements présents et futurs.

L'ethnoécologie implique de travailler en équipe pluridisciplinaire dont les individus sont convaincus par des approches inter- voir transdisciplinaires. J'ai toujours travaillé, même en thèse, en équipe. Il m'a donc été impossible de garder le « je » pour écrire ce mémoire sauf lorsque je reviens sur des expériences strictement personnelles. Par souci d'équité, j'ai également opté pour une écriture inclusive ne favorisant pas une domination du masculin sur le féminin. Étant mon premier essai, mon style « inclusif » est balbutiant et encore timide.

Petites précisions de vocabulaire

Nous utilisons dans ce mémoire le terme *nature* pour désigner les perceptions humaines et les interactions conceptuelles avec l'environnement. Nous utilisons le terme plus technique d'*environnement* lorsque nous présentons des réalités scientifiques ou lorsque nous discutons de la gestion ou de l'utilisation par les humains des composantes matérielles de l'environnement. Ces deux termes englobent les processus et les interactions qui soutiennent les systèmes, et pas seulement les individus isolés.

Pour la *culture*, nous avons adopté la définition de Bates et Plog (1990, p. 7) : « le système de croyances, de valeurs, de coutumes, de comportements et d'artefacts partagés que les membres d'une société utilisent pour faire face à leur monde et les uns avec les autres, et qui sont transmis de génération en génération », et au sein de la même génération par l'apprentissage. Ainsi, la culture est holistique, dynamique, omniprésente et apprise.

Dans ce document, nous définissons *l'ontologie* comme la conceptualisation de la nature et de la relation de l'être. Les groupes humains ont élaboré des ontologies afin de définir le réel, le déploiement du monde ainsi que les relations et les enchevêtrements entre l'humain et le non-humain (mondes animal, végétal, minéral, ancestral, divin ou autre). Les ontologies sont continuellement en interaction avec les connaissances et les pratiques, et cette interaction donne lieu à des réalités distinctes.

Partie I. Dossier administratif

Curriculum vitae

Date et lieu de naissance : 10 décembre 1975 à Téhéran (Iran)

Email : sophie.caillon@cefe.cnrs.fr - Tel : 0467613341 / 0634329423

Statut familial : séparée avec deux enfants (congés maternité de 11 mois)

Disciplines : qualifications CNU 20 (Anthropologie) & 23 (Géographie)

Position actuelle : Chargée de recherche en géographie au CNRS (section 39) depuis 2007 - Centre d'écologie et fonctionnelle et évolutive (UMR 5175), responsable de l'équipe « Interactions bioculturelles »
Chercheuse associée au Centre de recherche et de documentation sur l'Océanie (UMR 7308), Marseille

FORMATION

- 2001-2005 **Doctorat** en Géographie - Félicitations du jury (dir. Dr. Lescure, éthnoécologue, IRD).
Université d'Orléans, IRD et CIRAD.
- 1999-2000 **DEA** Environnement, Temps, Espaces, Sociétés. Option Environnement et Sociétés.
Université d'Orléans et l'IRD d'Orléans – mention Bien.
- 1997-1999 **INGENIEUR AGRONOME**. Option Gestion, Economie et Communication.
Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT) – mention Bien.
- 1996-1997 **MAITRISE** de Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Option Biologie de la Conservation.
McGill University (Canada) et Université ParisXI – mention Assez-Bien.
- 1993-1996 **DEUG** et **LICENCE** de Biologie. Options Mathématiques et Ecologie.
Université Paris XI – mention Assez-Bien.

STAGES SCIENTIFIQUES

AGROBIODIVERSITE

- 2 ans* **ATER** en ethnobiologie (Dir. Pr. Bahuchet, anthropologue, MNHN) –
Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).
- 6 mois* **STAGE DEA** Diffusion des variétés de manioc (Dir. Pr. Pinton, sociologue, AgroParisTech)
2000 IRD (Orléans, Equateur) ; Universidad de la Católica (Equateur).
- 6 mois* **STAGE AGRO3** Fleurs ornementales en Amazonie (Dir. Pr. Coomes, géographe, McGill Univ.)
1999 Université McGill (Canada) ; ENSAT (Toulouse) ; Terrain (Pérou).

GESTION DE L'ESPACE

- 6 mois* **STAGE AGRO1** Cartographie d'un réseau de haies
1998 Institut pour le Développement Forestier, IDF (Toulouse).
- 2 mois* **PROJET MAITRISE** Aménagement du Mont-St Hilaire classé MAB par l'Unesco
1997 McGill University (Canada).
- 2 mois* **STAGE AGRO1** Travail agricole dans un système de polyculture-élevage (Haute-Garonne)
1997 ENSAT - Toulouse
- 2 mois* **STAGE LICENCE** Sylviculture écologique (Dir. Pr. Guittet, botaniste, Univ. Paris XI)
1995 Office National des Forêts, ONF (Rambouillet).

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Communications (89) : 8 organisations de conférences & 10 de sessions, 27 conférences invitées dont 6 'grand public' et 38 communications & posters.

Publications (43A) : 29 articles dans des revues à comité de lecture (16 en premier ou dernier nom dont 4 dernier nom avec post-doctorants, 4 avec doctorants, 2 avec masterants), 14 chapitres de livre dont 2 'grand public', 3 livrets de vulgarisation.

LANGUES

Français (langue maternelle) ; Anglais, Espagnol & Bislamar (courant)

Recherche scientifique

Activités de recherche

Depuis ma thèse, je ne cesse de questionner une entité hybride et complexe, l'agrobiodiversité. L'agrobiodiversité peut être décrite à de multiples échelles, du gène à la fonction, ou selon des échelles spatiales, de la parcelle au paysage. Cette entité me permet de décortiquer des concepts qui ne cessent de m'intriguer, à savoir la domestication, la diversification des plantes cultivées et leur diffusion, à travers par exemple la circulation des plantes et des semences. On ne vit pas dans un monde clos. Il est donc impératif que l'on prenne en compte dans nos modèles des facteurs extérieurs qui rentrent en interactions avec l'agrobiodiversité. Le climat peut altérer des ressources et la biodiversité. Les interactions biotiques peuvent être négatives sous l'action de pathogènes comme positives à travers une coopération mycorhizienne. Des facteurs sociaux comme la pression foncière ou la déprise agricole impactent directement la diversité et la distribution des plantes cultivées. Enfin, nous devons de comprendre les stratégies politiques agraires ou environnementales locales et « planétaires ».

Mes travaux portent sur les savoirs locaux, les pratiques, les dynamiques social-écologiques, et les ontologies des relations entre les humains et leurs milieux, selon une démarche diachronique soucieuse de tenir compte des contextes historiques. Plus précisément, depuis 2015, j'ai poursuivi mes recherches sur l'analyse des réseaux sociaux des circulations de semences (projets NetSeed, MIRES, MADRES, PAIX, ReSoDiv et SeedAttach), j'ai exploré une nouvelle thématique, les indicateurs bioculturels de bien-être (projets NSF, NCEAS et BIEN), et surtout j'ai ouvert un nouveau terrain très différent de mon écosystème de recherche, la viticulture à Gaillac, dans le Tarn. Ce n'est pas pour autant que j'ai arrêté mes recherches en milieu tropical, en particulier au Vanuatu. Même si je ne suis pas retournée sur le terrain depuis 2014, je continue de publier et d'écrire des projets (projet FALAH). Je développe également un terrain en Amérique latine avec l'encadrement d'étudiants en master (circulation des boutures et des maladies-Colombie), en thèse (gestion locale des haricots semi-domestiqués-Colombie et ethnobotanique d'un palmier-Equateur). L'encadrement d'une thèse au Congo sur les processus d'adaptation dans un contexte de plaine inondable ne donnera pas lieu à une recherche de terrain future. Mes thèmes de recherche se déclinent ainsi en cinq thèmes : (1) Adaptation aux changements socio-environnementaux ; (2) Interactions bioculturelles, conservation et savoirs locaux ; (3) Circulation des semences et des savoirs ; (4) Indicateurs de bien-être en Océanie, et (5) Diversité des relations, des savoirs et des pratiques en matière de viticulture (Gaillac).

Thématiques de recherche

1. Adaptation aux changements socio-environnementaux : La résilience, ou l'adaptation des humains aux changements socio-environnementaux, est un thème transversal de tous mes projets. Les humains façonnent le paysage pour qu'il puisse mieux accueillir les plantes et les animaux qu'ils ont choisis (i.e. modèle culturelle de niche). Comment les interactions entre les diversités culturelles et biologiques peuvent-elles contribuer à la capacité d'adaptation des sociétés confrontées à des changements de plus en plus rapides et mondialisés ? Comment

les sociétés en relation étroite avec leur environnement utilisent-elles, transforment-elles, inventent-elles et transmettent-elles leurs connaissances en relation avec les événements climatiques extrêmes ou les changements sociaux ? J'étudie l'importance des paysages en mosaïque, qui offrent des espaces complémentaires pour cultiver, récolter des produits forestiers ou pêcher, et exploiter les ressources marines.

Projets (5): GDR MOSAIQUE, ECOPAS, CONGO, ASSET, PeopleC2Eco*.

2. Interactions bioculturelles, conservation et savoirs locaux : J'étudie les interactions entre les deux composantes du concept de biodiversité – les diversités culturelles et biologiques – afin de décrire les savoirs locaux, les pratiques et les modes de relation à la nature des sociétés agricoles. J'essaie de décrire et de comprendre la complexité de l'agrobiodiversité en répondant à des questions telles que : Comment la dynamique propre aux savoirs et aux pratiques des agriculteurs influe-t-elle sur la diversité des plantes ? Et réciproquement, que peuvent nous apprendre les informations recueillies sur les plantes (nomenclature, classification, usages et origine) sur les relations des humains avec leurs plantes, sur leur rapport à l'espace ou au lieu, et sur leur organisation sociale ? Mes travaux mettent l'accent sur les liens fondamentaux entre la personne, le lieu et la plante ; le domaine du sensible et de l'expérientiel est particulièrement questionné, notamment par des approches mêlant Arts & Sciences.

Projets (7): GDR MOSAIQUE, B3E*, FALAH, SeedAttach, HOTPALM*, PeopleC2Eco*, PlantHealth*.

3. Circulation des semences et des savoirs : L'analyse des réseaux d'échange de semences peut révéler de nouvelles relations entre les sociétés et la biodiversité. Quel est l'impact de la structure des réseaux de circulation des semences sur l'agrobiodiversité ? Mais aussi, quelles sont les barrières sociales et géographiques qui conditionnent la structure des relations interindividuelles, et donc la diffusion des connaissances ? Je travaille sur l'influence du statut des humains et des plantes sur la structure et le fonctionnement des réseaux de circulation des semences et de connaissances chez les horticulteurs du Vanuatu et les vigneron de Gaillac. Ces analyses sont possibles grâce à des collaborations fortes avec des mathématiciens.

Projets (6): MIGRAVAN*, MIRES*, MADRES*, PAIX*, GDR ResoDiv, SeedAttach.

4. Valeurs de bien-être : Le processus de développement de valeurs de bien-être avec une approche bioculturelle peut aider à intégrer l'équité, les relations à la nature en surmontant la dichotomie nature-culture, les rétroactions entre les humains et leur environnement en mettant l'accent sur les processus, et pas seulement sur les états finaux. Le bien-être en Océanie dépend principalement de la force des liens entre les personnes et des liens entre les personnes avec leur lieu, ainsi que de la richesse de leurs savoirs locaux ; ces trois composantes sont rarement intégrées dans les objectifs de développement durable ou les cibles d'Aichi. Les valeurs de bien-être chez des vigneron pratiquant une agriculture biologique sont proches de celles des océaniens.

Projets (5): NSF-CNIC, NSF-SNAPP, CAN*, M2*, BIEN*.

Méthodes de travail

Pour répondre à ces cinq thématiques, je ne peux m'affranchir d'un travail de terrain sur le long terme. Je cherche à comprendre comment les gens font, avec quelles pratiques, et quels savoirs locaux ils mobilisent. Par exemple, comprendre comment les agriculteurs choisissent leur cortège de plantes demande de dépasser les simples pratiques culturales. J'interroge ainsi l'organisation sociale des sociétés, les dynamiques socioécologiques ainsi que les modes de relation avec leur milieu des sociétés avec lesquelles je travaille. Dans ce qui suit, je détaille les méthodes que j'utilise pour répondre à mes questions de recherche.

1. Anthropologie : de longues périodes de travail sur le terrain me permettent de collecter des données selon les méthodes classiques en anthropologie, à savoir l'observation participante, les enquêtes et les questionnaires (analyses statistiques, par exemple des listes libres ou de consensus). Ces approches permettent de mettre l'accent sur les valeurs multiples de la nature ou de la biodiversité, en particulier les valeurs de relation, des peuples autochtones et communautés locales (IPLC) en pointant leur propre réalité et leurs problèmes (c'est-à-dire une approche éémique).

2. Ethnobiologie : L'ethnoécologie est l'étude des relations complexes, passées et présentes, entre les sociétés humaines et leur environnement. J'utilise les outils traditionnels de l'ethnobotanique pour analyser et comprendre les processus de nomenclature, de classification et d'utilisation des plantes. Dans mes travaux sur les interactions bioculturelles, j'ai adopté des approches adaptationnistes et basées sur les processus afin de toujours replacer les savoirs locaux dans un contexte social, environnemental, économique, mais aussi symbolique. Questionner les humains sur leurs plantes, me permet de mieux comprendre les modes de relations entre les humains et avec leurs ancêtres ou autres héros mythiques, leur lieu, leur cosmologie...

3. Géographie et agronomie : Je m'intéresse à la cartographie des espaces et des ressources de vie, et plus récemment à la manière dont les cartes participatives avec les agriculteurs pourraient révéler l'attachement à un lieu, et générer des scénarios optimistes et pessimistes pour concevoir les paysages futurs. J'ai comparé les utilisations actuelles et passées (avec des séries chronologiques de photos aériennes et d'images satellites au Vanuatu et à Gaillac), et examiné la typologie locale (nomenclature, utilisation, droit d'accès). La géographie nous aide à comprendre les relations entre le discours (recueilli par le biais d'enquêtes) et la description physique de l'environnement. En ce qui concerne l'agronomie, j'ai mené des inventaires de diversité inter- et intraspécifique de plantes cultivées et j'ai pu décrire des plantes *in situ* selon des critères morphologiques identifiés par des agronomes (selon des standards internationaux) ou par les agriculteurs (approche participative).

4. Analyse des réseaux sociaux et génétiques : J'utilise les outils de l'analyse des réseaux sociaux en mobilisant des méthodes statistiques et de la modélisation. En collaboration avec des mathématiciens et des modélisateurs, j'analyse statistiquement la circulation des semences à l'aide de métriques des réseaux sociaux et de modèles théoriques. Le projet NetSeed que j'ai codirigé avec le professeur D. McKey, nous a fait prendre conscience que l'analyse des réseaux sociaux nécessite une expertise spécialisée en modélisation. J'ai donc cofondé avec d'autres collègues les projets MIRES et MADRES, et le GDR ResoDiv où des

chercheurs en sciences sociales et des biomathématiciens travaillent ensemble. L'analyse génétique des populations de plantes cultivées nécessite également l'expertise de spécialistes. Au cours de mon travail de doctorat, j'ai analysé moi-même mes données sur la diversité génétique des plantes. Cependant, en raison de l'évolution rapide des méthodes d'analyse génétique, je ne « fais » plus de génétique, mais je continue de travailler avec des généticiens intéressés par les pratiques humaines.

5. Approches bioculturelles : Elles gagnent du terrain dans les domaines de la gestion des ressources et découlent de la reconnaissance des interrelations génératives entre les humains et la nature, en particulier avec les IPLC. Ces approches sont centrées sur les modes de connaissance et les valeurs locales, avec la possibilité d'utiliser la science occidentale pour soutenir les objectifs définis par les IPLC. Les approches bioculturelles font souvent appel à des méthodes participatives telles que la projection pour fixer des objectifs ou l'identification d'indicateurs de bien-être pertinents au niveau local. Pour résumer, une approche bioculturelle inclut les valeurs, les connaissances, les représentations et les ontologies locales, reconnaît les rétroactions entre la nature et la culture, et renforce la perspective de « l'humain en tant que partie intégrante de la nature ».

6. Approches mixtes : L'interdisciplinarité peut être mieux réalisée si nous nous concentrons sur les méthodes plutôt que sur les disciplines. Mon principal objectif méthodologique est de mieux intégrer les approches qualitatives et quantitatives dans la réponse aux questions en sciences sociales et humaines. Les approches mixtes (1) permettent de brosser un tableau plus complet, plus holistique et plus contextuel de la ou des unités étudiées (par exemple, en révélant les structures cachées des sociétés), (2) permettent une nouvelle forme de créativité dans la recherche grâce à des liens plus riches au sein des sciences sociales et humaines, et entre celles-ci et d'autres disciplines, tout en facilitant le dialogue avec les décideurs, (3) soulèvent de nouvelles questions de recherche et/ou hypothèses, (4) permettent de comparer les contextes/données dans le temps, et (5) évitent les interprétations trop généralisées. Pour ce faire, nous devons effacer les idées reçues et les oppositions artificielles entre les méthodes qualitatives et quantitatives, et les combiner en (1) qualifiant toujours avant, pendant et après la quantification, (2) en adoptant des observations ethnographiques à long terme pour choisir la meilleure hypothèse, (3) en expliquant ce qui est modélisé et ce que nous omettons, et (4) en évitant la transformation systématique de chaque type de données en données quantifiables (quantification).

Management de la recherche

Membre nommé de la CID52

Entre 2018 (session automne) et 2021, j'ai été membre nommée au sein de la commission interdisciplinaire 52 : « Environnements sociétés : du fondamental à l'opérationnel ». Avec mes collègues, nous participons au recrutement des CRCN et des DR2, nous étudions les carrières des chercheurs s'inscrivant dans une démarche interdisciplinaire et nous évaluons les créations d'UMR, de GDR ou d'écoles thématiques.

Conseil de laboratoire

Depuis 2014, j'ai été élue au conseil de laboratoire de mon UMR. Cela consiste à assister à au moins quatre réunions annuelles, écrire un rapport et le diffuser à mon collègue électoral, et surtout recueillir et exposer l'ensemble des questions de mes collègues lors du conseil de laboratoire.

Expertises d'unité et de conférences

En 2015, j'ai été mandatée par le HCERES avec Denis Monnerie (Université de Strasbourg) pour l'évaluation d'une structure fédérative, le Centre International de Recherche Archéologique sur la Polynésie (CIRAP).

En 2018, j'ai été mandatée par le CNRS pour observer et faire un retour sur les possibilités de collaboration en Océanie dans le cadre de la conférence "Establishment of an Earth Observation Platform to Support Pacific Island National Environmental, Climate and Livelihood Needs"

Consultation Workshop, Exhibition Center, Brisbane, 10-12 octobre 2018.

Animation de la recherche dans mon laboratoire

- Comités de lecture : Avec Nicolas Lescureux (CNRS) et Matthieu Salpeteur (post-doctorant Marie Curie), nous avons mis en place au sein de l'équipe Interactions bioculturelles des comités de lecture pour analyser l'actualité scientifique sur les relations Sociétés-Nature.
- Conférences et ateliers de discussion : Avec Delphine Renard (CNRS) et Olivier Dangles (IRD), nous organisons tous les 15 jours un séminaire interéquipes au CEFE pour présenter nos travaux, inviter un chercheur travaillant sur les relations Sociétés-Nature, résumer une conférence...

Jury de thèse

- Pauline Fabre, 8 décembre 2021. Gouvernance hybride des rāhui à Tairapu (Presqu'île de Tahiti): quel(s) apport(s) pour les politiques publiques de conservation des récifs coralliens ? Doctorat de l'Université PSL, École doctorale de l'École Pratique des Hautes Études, Spécialités : Anthropologie, Connaissance et gestion des milieux coralliens littoraux et océaniques. Directeurs : Tamatoa Bambridge, Alexander Mawyer, Joachim Claudet.
- Clément Garineaud, 27 mars 2017. Récolter la mer. Des savoirs et des pratiques des collecteurs d'algues à la gestion durable des ressources côtières dans le Finistère (Bretagne). Doctorat du Museum d'Histoire Naturelle, spécialité Ethnoécologie. Directeurs : Richard Dumez et Eric Feunteun.
- Bastien Beaufort, 21 décembre 2017. La fabrique des plantes globales : une géographie de la mondialisation des végétaux du Nouveau Monde et particulièrement de l'Amazonie, Doctorat de l'Université Sorbonne Paris Cité – Paris3 – Sorbonne nouvelle, Discipline : Géographie, urbanisme et aménagement du territoire. Directeurs : François-Michel Le Tourneau et Martine Droulers.

Comités de thèse et rapports de stage

- Mathieu Breil (génétique et ethnoécologie) : Origines et diversité du palmier dattier dans l'oasis al-'Ulā, Arabie saoudite : une approche multidisciplinaire combinant génomique, ethnobotanique et archéobiologie (Université de Montpellier, directeurs : Jean-Frédéric Terral, Vincent Battesti, Muriel Gros-Balthazard)

- Edouard Michel (géographie) : Dynamiques socio-écologiques en région méditerranéenne : analyse comparée de réponses territoriales au défi de protection de la nature (Université de Montpellier, directeurs Raphaël Mathevet et John Thompson).
- Corentin Thermes (géographie) : Adaptation de la viticulture aux impacts du changement climatique (Université d'Orléans, directrice Isabelle Lajeunesse).
- Lauric Thiault (écologie) : Optimiser la gestion des socioécosystèmes côtiers au travers d'une meilleure intégration des relations Homme-Environnement (MNHN, directrice Frédérique Chlous).
- Carole Vuillot (géographie) : Etude comparative des représentations du paysage (Université de Montpellier, directeur Raphaël Mathevet).

Je suis en moyenne rapporteur de deux 2 stages par an (principalement master BIOGET, Université de Montpellier).

Collaborations

En France

Sur Montpellier, dans le cadre de projets de recherche ou d'enseignement j'interagis fortement avec les membres des UMR DIADE, AGAP et SENS. Mes principales collaborations en France concernent ma thématique sur l'analyse des réseaux sociaux de circulation des semences. Au sein de ce groupe, j'animais les réunions des projets MIRES et MADRES puis du GDR RESODIV, en apportant une expertise en sciences sociales et humaines. Les principaux laboratoires impliqués sont :

- CNRS (UMR 8198 Laboratoire de Génétique & Évolution des Populations Végétales ; Centre Alexandre-Koyré) : François Massol (écologue) et Elise Demeulenaere (anthropologue)
- Université Paris-Ouest Nanterre La Défense (UMR 7186 Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative) : Eric Garine (anthropologue)
- IRD (UMR Diversité Adaptation Développement ; UMR Patrimoines locaux et gouvernance) : Adeline Barnaud (généticienne), Laure Emperaire (ethnobotaniste) et Matthieu Salpeteur (anthropologue).
- CIRAD (UMR Amélioration génétique et adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales ; UMR Savoirs Environnements Sociétés) : Mathieu Thomas (généticien), Sélim Louafi (géographe), Christian Leclerc (anthropologue), Vanesse Labeyrie (agroécologue), Frédérique Jankowski (anthropologue).
- INRA (UMR 729 Mathématiques, Informatique et Statistique pour l'Environnement et l'Agronomie) : Nicolas Verzelen (mathématicien)
- AgroParisTech (UMR 518 Mathématiques et Informatique Appliquées) : Pierre Barbillon, Sarah Ouadah and Sophie Donnet (mathématiciens)

Ces collaborations interagissent avec mon autre projet sur la circulation des semences en Colombie. J'apporte ainsi de nouvelles données que les mathématiciens m'aident à analyser. Trois autres chercheurs en France collaborent sur ce projet :

- Anne Duputié (généticienne, Université de Lille, UMR 8198 Laboratoire de Génétique & Évolution des Populations Végétales)

- Christian Vernière (épidémiologiste, CIRAD, UMR Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical)
- Boris Szurek (Généticien-bactériologue, IRD, UMR Interactions Plantes Microorganismes Environnement)

Sur mon nouveau projet avec les vigneron de Gaillac, je travaille avec :

- l'Université Paul Sabatier (UMR 5174 Évolution et Diversité Biologique et UMR 5563 Géosciences Environnement Toulouse) : Mélanie Roy et Priscia Olivia (Ecologues)
- l'Université Toulouse Jean Jaurès (UMR Géographie de l'Environnement) : Léa Sébastien (Géographe)

Dans le cadre de mes enseignements, je collabore avec la Prof. Chantal Crenn de l'Université Paul Valéry à Montpellier. Nous mutualisons une UE Ethnoécologie et interactions bioculturelles entre le master de Biologie végétale tropicale et le nouveau master Humanités environnementales.

Enfin, je travaille depuis quelques années avec Joachim Claudet (écologue, CNRS, USR 3272 Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement) au sein du groupe de travail NCEAS sur les indicateurs bioculturels de résilience, il fait partie du projet FALAH sur l'agriculture traditionnelle en Océanie, je participe au comité de thèse de son étudiant, au jury de thèse d'un autre et nous avons co-écrit un chapitre sur les services écosystémiques. Dans ce même projet FALAH, je travaille de concert avec Arnaud Banos de l'UMR IDEES en Normandie.

En Europe

Mes collaborations en Europe sont plus succinctes. J'ai travaillé avec Devra Jarvis (généticienne, Bioversity), Guntra Aistara (anthropologue, Central European University) et Shawn McGuire (géographe, University of East Anglia) dans le cadre du projet NetSeed (FRB/CESAB) que je supervisais avec Doyle McKey.

J'ai aussi collaboré sur un projet européen « European Consortium for Pacific Studies » (FP7-SSH-2012-2) avec Laurent Dousset (anthropologue, EHESS) afin de constituer une plate-forme regroupant l'ensemble des chercheurs en sciences sociales et humaines travaillant dans le Pacifique Sud. Depuis novembre 2021, je démarre un nouveau projet européen FALH sur l'agriculture familiale en Océanie.

À l'étranger

Dans le cadre du projet NetSeed (circulation des semences), j'ai travaillé avec Oliver Coomes (géographe, McGill University, Canada) ; il m'a accueilli comme professeur invité pendant six mois dans son département de géographie à Montréal.

La plupart de mes collaborations à l'étranger sont avec Eleanor Sterling, anciennement directrice du département sur la biologie de la conservation de l'American Museum of Natural History (New York), et récemment directrice de la School of Ocean and Earth Science and Technology (SOEST) à l'University of Hawai'i au Mānoa Hawai'i Institute of Marine Biology (HIMB). Nous avons collaboré au sein des projets NCEAS et NSF sur les indicateurs de bien-

être en Océanie. Eleanor Sterling continue d'interagir sur les indicateurs bioculturels de bien-être à Gaillac dans le cadre du projet PICS BIEN.

À l'American Museum of Natural History, je travaille également avec Georgina Cullman (anthropologue), Pua'ala Pascua (anthropologue), Jenny Newell (anthropologue) et Chris Filardi (écologue). Dans le cadre du projet NCEAS, je participe aux réunions de travail à Santa Barbara organisées par Tamara Ticktin (ethnoécologue, University of Hawaii), Manuel Mejia (géographe, The Nature Conservancy) et Stacy Jupiter (écologue, Wildlife Conservation Society). Je continue d'écrire des articles avec un autre anthropologue qui s'intéresse aux relations entre les humains et les non-humains, Alexander Mawyer (Université d'Hawaï).

Lors de mon séjour au Canada, j'ai pu créer de nouvelles collaborations avec le département de géographie de l'Université de Toronto (Canada). Ken MacDonald et Scott Prudham (géographes) développent un travail de terrain sur les interconnexions entre la politique et les pratiques des vignerons de Faugères (région d'Occitanie, France). Marney Isaac (agroécologue) travaille sur les approches réseaux et les traits fonctionnels. Ils sont les principaux chercheurs impliqués dans le projet PICS BIEN.

L'équipe IAB dont je suis responsable a accueilli de nombreux chercheurs étrangers : Karl Zimmerer, Marney Isaac et Scott Prudham (géographes) pour les années 2022 et 2023, et Victoria Reyes-Garcia (ethnoécologue) entre 2018 et 2021. Ces chercheurs participent aux enseignements que je coordonne et aident les étudiants lors de discussions et d'écriture d'articles.

Mobilités

Chercheure invitée

Entre février et août 2018, j'ai été accueillie par le Pr. Oliver Coomes dans le département de géographie de l'Université McGill. Pour des raisons personnelles, ce séjour n'a pas été à la hauteur de mes attentes en terme d'écriture. Ma position géographique en Amérique du Nord, m'a par contre permis de me rapprocher de mon réseau scientifique de l'American Museum of Natural History. J'ai ainsi été invitée à New York et à Hawaii pour présenter, mais aussi organiser des forums autour des indicateurs de bien-être des communautés locales et peuples autochtones. Mon séjour à Montréal m'a également permis de créer un nouveau groupe de travail avec des géographes de l'Université de Toronto qui m'ont invitée plusieurs fois ; nous avons ainsi réussi à remporter un projet PICS du CNRS.

Terrain

Depuis 2015 je n'ai pas eu l'occasion de faire du terrain au Vanuatu (dernier terrain en février 2014) par manque de financement et de temps (naissance de mon deuxième enfant). J'ai donc profité de ce temps pour investir un nouveau terrain à Gaillac, au nord de Toulouse (1 mois par an). Un étudiant en thèse investit aussi ce terrain sur l'adaptation et les motivations sous-jacentes aux pratiques viticoles en lien avec la variabilité météorologique. J'effectue aussi un travail de terrain avec collecte de données en Colombie (région de Sincelejo) lors de deux périodes (15 puis 10 jours en 2017). Un étudiant colombien poursuit actuellement le travail de terrain dans le cadre d'une thèse à l'IRD. Un autre étudiant en thèse que j'encadre a aussi

conduit un terrain colombien dans les Andes au sud de la ville de Popayan, mais a dû changer de sujet au bout d'un an en se relocalisant en France à cause de la Covid. À partir de 2023 (selon le contexte Covid en milieu insulaire), je vais effectuer entre trois semaines et un mois de terrain au Vanuatu et en Nouvelle-Calédonie dans le cadre du projet européen FALAH.

Ateliers de travail

- École thématique CNRS « Ethnoécologie et interactions bioculturelles » en novembre 2022 (Moulis)
- Paris (AgroParisTech) : Méthodes innovantes pour analyser les réseaux de circulation de semences dans le cadre des projets MIRES et MADRES, et du GDR RESODIV (trois fois deux jours par an)
- Santa Barbara et Hawaii (NCEAS) : Conceptualisation et mise en pratique d'indicateurs bioculturels dans le Pacifique Sud (une fois cinq jours par an pendant trois ans)
- Gaillac : Identification des valeurs de bien-être par les vignerons de Gaillac (2 journées) et écriture d'articles avec les collègues du projet PICS (4 jours puis une semaine) sur trois ans.

Enseignements

Responsable de modules

Depuis mon recrutement au CNRS, je me suis largement investie dans l'enseignement.

Entre 2010 et 2012 (9h) : Responsable du module « Biodiversité » dans l'UE Valorisation du Vivant de l'ancien master Biologie Végétale Tropicale (Université de Montpellier). Dans ce module, j'ai organisé des cours en droit de l'environnement, en économie écologique, en anthropologie de la nature et en ethnoécologie grâce à des collègues.

Entre 2011 et 2018 (25 heures) : Co-responsable de l'ECUE Ethnobotanique avec Yildiz Aumeeruddy-Thomas (Etnobiologiste, CNRS), UE Ethnobotanique et Interactions bioculturelles, à l'Université de Montpellier dans le cadre du Master1 Biodiversité Ecologie Évolution.

Cours sur l'histoire, les concepts, les méthodes et les applications de l'ethnobotanique. L'accent est mis sur la valorisation des méthodes hybrides qualitative-quantitative, et sur le respect du travail issu d'autres disciplines, en particulier des écologues vers les sciences humaines et sociales.

Depuis l'éméritat de Doyle McKey en 2018, nous avons hérité de 25 heures supplémentaires. Nous organisons dorénavant un cours de 50 heures sur l'ethnoécologie et les interactions bioculturelles en mobilisant nos collègues de l'IRD, du CIRAD et du CNRS. Depuis 2021, je co-organise ce module avec Vanesse Labeyrie (écologue, CIRAD).

À partir de l'année universitaire 2021-2022, notre module de l'Université de Montpellier a été réduit à 30h et est mutualisé avec un module en sciences humaines et sociales du master Humanités Environnementales à l'Université Paul Valéry (50h). La différence des 20h vient du fait que l'Université de Montpellier ne nous a pas prévenu du changement de volume horaire lors des négociations avec l'autre master. Nous offrons donc 20h de cours supplémentaires aux étudiants anthropologues pour qu'ils puissent acquérir des notions en écologie, biologie de la conservation et sur la domestication. Notre objectif est que les étudiants puissent apprendre des concepts et des méthodes qu'ils n'ont pas coutume d'aborder dans leur cursus, mais aussi de mieux se comprendre entre écologues et anthropologues ; ils travailleront en binôme afin d'appivoiser la discipline de l'autre tout en pratiquant des enquêtes de terrain. Ce module « ethnoécologie et interactions bioculturelles » est également accrédité comme module de l'école doctorale GAIA et prochainement de l'Université Paul Valéry.

Depuis 2018, je collabore également à des projets d'enseignement montés par le CIRAD : 1. Un module de l'école doctorale et master2 de l'Université de Montpellier (projet Cultivar), et 2. Une formation pour jeunes chercheurs au Sri Lanka sur 15 jours (projet DOTAM). Ce dernier vient d'être abandonné. Le premier intitulé « Plantes et hommes, une histoire partagée » est inscrit dans le cadre des Masters2 « Biotechnologies des plantes tropicales et Biologie Fonctionnelle des plantes. Ce module de 20h, nous demande d'accompagner les étudiants pour un travail d'enquêtes auprès de maraichers dans les Cévennes. Dans le cadre de ces

projets d'enseignement, j'ai bénéficié de deux journées de formation pour « mieux » enseigner selon des techniques plus dynamiques et participatives.

Enseignement ponctuels

J'intervenais et interviens ponctuellement (cours de 3h) au sein des masters en Anthropologie sociale de l'Université Paris Ouest Nanterre La Défense (resp. Eric Garine) et dans des modules de conservation à l'EPHE (resp. Christopher Carcaillet) et d'agroécologie à SupAgro-Montpellier (resp. Elena Kezakou, Marie-Laure Navas, Aurélie Javelle).

Encadrement de travaux de recherche

| Année | Niveau | Nom étudiant | Discipline | % | Position actuelle | Articles |
|-----------|----------|-----------------|---------------|-----|--|----------|
| 2014 | Post-doc | M. Thomas | Statistiques | 60% | Chercheur CIRAD | 2 |
| 2011-2013 | Post-doc | M. Pautasso | Écologie | 50% | Membre EFSA | 2 |
| 2022-2025 | Doctorat | À trouver | Ethnoécologie | 50% | | |
| 2021-2024 | Doctorat | N. Fontaine | Écologie | 30% | Doctorante CEFE | 0 |
| 2019-2022 | Doctorat | A.Doncieux | Ethnoécologie | 50% | Doctorant CEFE | (6)* |
| 2019-2023 | Doctorat | J.Locqueville | Ethnoécologie | 50% | Doctorant CEFE | 2(3) |
| 2013-2017 | Doctorat | M.Comptour | Ethnoécologie | 50% | CDI CPIE Thau | 3 |
| 2021-2022 | Master | A.Rignault | Ethnoécologie | 30% | Année césure | (1) |
| 2021 | Master | L.Vincent | Géographie | 85% | Doctorat SupAgro | (3) |
| 2020 | Master | A.Drillaud | Anthropologie | 70% | Professeur des écoles | 0 |
| 2018 | Master | D.Pérez | Ethnoécologie | 65% | Doctorat IRD | 1(1) |
| 2017 | Master | Q.Fabregal | Écologie | 5% | Chargé de mission Arbre et paysage d'Autun | 0 |
| 2015 | Master | S.Kiyota | Écologie | 15% | ? | 0 |
| 2011 | Master | P.Albers | Ethnoécologie | 60% | Post-doctorant à l'institut Sanger | 0 |
| 2011 | Master | J.Beckensteiner | Ethnoécologie | 50% | Post-doctorant UMR AMURE | 1 |
| 2011 | Master | R.Wayaridri | Ethnoécologie | 20% | Directeur de service Province (NC) | 0 |

*Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'articles soumis ou en cours de soumission.

Post-doctorants (2)

Mathieu Thomas

2014 (6 mois)

Titre : Agrobiodiversité et réseaux sociaux. Une méthode interdisciplinaire pour analyser comment les systèmes semenciers locaux affectent la diversité des plantes domestiques.

Devenir : Mathieu Thomas est désormais chercheur permanent au Cirad.

Responsables : Doyle McKey en collaboration avec Sophie Caillon et François Massol.

Encadrement : (60%) Nous avons travaillé quotidiennement avec Mathieu Thomas pour l'aider à choisir les jeux de données les plus pertinents pour réaliser des analyses de réseaux sociaux. Il a particulièrement travaillé sur mes données de circulation au Vanuatu.

Financement : Centre de Synthèse et d'Analyse de la Biodiversité (CESAB) de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB).

Contenu des travaux : Mathieu Thomas a travaillé sur mon jeu de données collecté au Vanuatu et sur ceux de deux doctorants (Jean Wencelius et Chloé Violon) travaillant dans le nord du Cameroun. Il a également eu l'occasion de publier un article de synthèse méthodologique tirant parti des jeux de données des chercheurs impliqués dans NetSeed. Grâce à ses analyses statistiques fines, nous avons pu pousser plus loin nos hypothèses. Dans le cas de mes données au Vanuatu, nous avons mis en évidence quantitativement les vestiges

d'un système de « Big Man » et l'impact du statut bioculturel des objets échangés sur la structure du réseau d'échange.

⇒ Deux articles publiés avec moi (et trois de plus au cours de son postdoctorat) :

Thomas M. & **Caillon S.** (2016). Effects of social status of farmers and biocultural value of plants on seed circulation networks in Vanuatu. Ecology and Society 21(2): art13.

Thomas M., Verzelen N., Barbillon P., Coomes O.T., **Caillon S.**, McKey D., Elias M., Garine E., Raimond C., Dounias E., Jarvis D., Wencélius J., Leclerc C., Labeyrie V., Cuong P.H., Hue N.T.N., Sthapit B., Rana R.B., Barnaud A., Violon C., Reyes L.M.A., Moreno L.L., De Santis P. & Massol F. (2015). Chapter Six - A network-based method to detect patterns of local crop biodiversity: validation at the species and infra-species levels. In: Guy, W., David, A.B. (Eds.), Advances in Ecological Research. Academic Press, 53: 259-320.

Marco Pautasso

2012-2014 (1,5 ans)

Titre : Agrobiodiversité et réseaux sociaux. Une méthode interdisciplinaire pour analyser comment les systèmes semenciers locaux affectent la diversité des plantes domestiques.

Devenir : Marco Pautasso est membre de l'Autorité européenne de sécurité des aliments, Parme, Italie (EFSA European Food Safety Authority & Plant Health Team).

Responsables : Doyle McKey en collaboration avec Sophie Caillon et François Massol.

Encadrement : (50%) Marco Pautasso a concentré son travail sur la réalisation de revues de littérature sur le sujet. Il n'a pas voulu analyser les jeux de données proposés.

Financement : Centre de Synthèse et d'Analyse de la Biodiversité (CESAB) de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB).

Contenu des travaux : Marco Pautasso a réalisé un article de synthèse bibliographique sur les systèmes semenciers.

⇒ Deux articles publiés :

Pautasso M., Aistara G., Barnaud A., **Caillon S.**, Clouel P., Coomes, Delêtre M., Demeulenaere E., De Santis P., Döring, Eloy L., Emperaire L., Garine E., Goldringer I., Jarvis D., Joly H.I., Leclerc C., Louafi S., Martin P., Massol F., McGuire S., McKey D., Padoch C., Soler C., Thomas M. & Tramontini S. (2013). Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. Agronomy for Sustainable Development, 33(1): 151-175.

Coomes O., McGuire S., Garine E., **Caillon S.**, McKey D., Demeulenaere E., Jarvis D., Aistara G., Barnaud A., Clouel P., Emperaire L., Louafi S., Martin P., Massol F., Pautasso M., Violon C. & Wencélius J. (2015). Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions. Food policy 56: 41-50.

Doctorants (5)

Les cinq thèses que j'encadre se trouvent à l'interface de l'ethnoécologie, la géographie et l'écologie. Elles sont donc toutes en co-encadrement avec une implication à 50% (sauf Ninon Fontaine qui oriente plus sa thèse en écologie). J'aide l'étudiant à problématiser son sujet en SHS, à lier ses questions en SHS avec celles en écologie et à mobiliser les méthodes adaptées sur le terrain (approches qualitatives et quantitatives du travail d'enquête). J'ai participé à la construction du plan de thèse, la relecture du document et l'écriture des articles.

À identifier

2022-2025 : Doctorat de socioéconomie (école doctorale GAIA, Montpellier avec un accueil partiel à l'University New Hampshire, Boston, USA)

Titre : Relations culturelles et socioéconomiques avec le palmier tagua (Équateur)

Directeurs de thèse: Shadi Attalah (Economiste, Natural Resources and the Environment, University of New Hampshire, Boston, USA) et Sophie Caillon. Directeur officiel : Olivier Dangles (Écologue, UMR CEFE)

Financement : ANR HOTPALM

Contenu des travaux : Parallèlement à la caractérisation biologique et écologique du système de pollinisation du palmier de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), le doctorant évaluera son importance culturelle et socio-économique pour les populations locales d'Équateur. L'étudiant mobilisera des approches bioculturelles et bioéconomiques pour documenter les relations entre les agriculteurs et leur environnement. L'objectif principal est de rassembler ces données pour construire un modèle dynamique des cueilleurs de palmiers.

Ninon Fontaine

2021-2024 : Doctorat d'Écologie (école doctorale GAIA, Montpellier)

Titre : Les génépis : dynamiques d'espèces de haute montagne dans leur socioécosystème

Directeurs de thèse : John Thompson (écologue, CEFE) en co-direction avec Isabelle Boulangeat (écologue, LESSEM-IRSTEA) et Sophie Caillon.

Financement : Bourse ENS-Paris (salaire) et financement du projet TRANECOL du LabEx CEMEB.

Contenu des travaux : En haute montagne, la durabilité des activités traditionnelles et la fragilité de la flore face aux changements globaux en cours représentent un double enjeu pour le 21^e siècle. Ce sujet de thèse propose une étude simultanée de la niche écologique de quatre espèces de génépis, et des modes et tendances de leur cueillette dans le sud des Alpes, dans des situations de coexistence ou d'isolement sur des transitions écologiques majeures. Les résultats permettraient d'affiner les stratégies et actions de conservation au sein des socioécosystèmes de haute montagne. L'étude sera aussi un point de départ pour le suivi à plus long terme des espèces emblématiques de la haute montagne, avec l'originalité d'étudier le lien entre écologie et usages dans un contexte de changements climatiques.

Antoine Doncieux

2019-2023 : Doctorat d'Écologie (école doctorale GAIA, Montpellier)

Titre : Les vigneronns de Gaillac : adaptation des savoirs et pratiques aux changements climatiques

Directeurs de thèse : Sophie Caillon et Delphine Renard (écologue, CEFE). Directeur officiel : Finn Kjellberg (généticien, CEFE)

Financement : Allocation de la région Occitanie (salaire) et projet ANR ASSET (fonctionnement).

Contenu des travaux : Le secteur viticole est particulièrement vulnérable face aux changements climatiques. Afin de sauvegarder la qualité, l'identité et la rentabilité de leurs vins, les vigneronns observent, expérimentent, partagent leurs savoirs et modifient leurs pratiques viticoles. Parmi le corpus de pratiques développées, élargir le choix des cépages et

des porte-greffes pour réduire le risque des cultures est considéré comme une adaptation clé. L'adoption de nouvelles stratégies face aux changements climatiques par les agriculteurs est déterminée par la perception qu'ils en ont. Or, la manière dont les agriculteurs perçoivent les changements climatiques est le fruit d'interactions entre expériences personnelles, observations locales répétées, contextes géographiques et valeurs socioculturelles. Par conséquent, identifier et analyser les indicateurs de changements climatiques est fondamental pour améliorer la résilience des agroécosystèmes face aux perturbations climatiques. Le terrain d'étude d'Antoine Doncieux se situe dans le vignoble de Gaillac (Tarn, 81). Ce site a été choisi en raison du nombre important de cépages qui y est cultivé et de l'hétérogénéité du paysage.

⇒ Six articles en préparation, une communication internationale et un poster réalisé :

Doncieux A., **Caillon S.**, Renard D. (2020). Semer la biodiversité : récolter la stabilité face aux variations climatiques ? Mesure de l'effet d'assurance à une échelle fine. Med2020., conférence en ligne.

Caillon S., Doncieux A. & Vincent L. (2021). *Invitée par le American Museum of Natural History*. Well-being of winegrowers facing climate change, dans le cadre du programme d'éducation du Muséum Américain d'Histoire Naturelle de New York « Climate Change, Shifting Cultures », on-line <https://www.amnh.org/calendar/climate-change-shifting-cultures>, 21 septembre.

Doncieux A., Yobregat O., Prudham S., Renard D.* & **Caillon S.*** (soumis). Agrobiodiversity dynamics in a French wine growing region through a mixed quantitative and qualitative approach. OENO One.

Caillon S., Isaac M., Vincent L., Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Cobelli O., Renard D., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being and ill-being emic values for organic winegrowers in France (Gaillac). Journal of rural studies

Isaac M., Tian, **Caillon S.**, Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Locqueville J., Vincent L., Locqueville J., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being in agriculture: what is the scope of indicator measurement? Agricultural Systems.

Sterling E.*, MacDonald K.*, Isaac M., Tian, Sebastien L., Prudham S., Doncieux A., Vincent L., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & **Caillon S.** (en cours de soumission). Methods to extract well-being values for farmers: a review. Agriculture and Human Values.

Doncieux A., Renard D.* & **Caillon S.*** (en cours de soumission). Unpacking farmers' temporal choice of perennial varieties in a commercial farming context: case study from vineyard. Agriculture and Human Values.

Doncieux A.*, Rignault A.*, Barbillon P., Donnet S., Renard D.* & **Caillon S.*** (en cours de soumission). Farmers' sources of knowledge are specialized. Social network analysis of planting material and weed management domains of knowledge from the wine-growing region of Gaillac (France). Agronomy for sustainable development.

Jonathan Locqueville

2019-2023 : Doctorat d'Écologie (école doctorale GAIA, Montpellier)

Titre1 : Ensauvager les fermes ou cultiver la nature : savoirs locaux pour une gestion des populations domestiques et férales de haricot dans les Andes colombiennes

Directeurs de thèse : Sophie Caillon, Vanesse Labeyrie (agroécologue, CIRAD) et Doyle McKey (écologue, Université de Montpellier). Directeur officiel : Yildiz Aumeeruddy-Thomas (ethnoécologue, CEFÉ)

Financement : Bourse ENS-Paris (salaire) et financement « soutien à la recherche » de l'Université de Montpellier, B3E (fonctionnement).

Contenu des travaux : Cette thèse cherche à comprendre comment les agriculteurs inventent des modes de gestion originaux des végétaux en tirant parti de leurs caractéristiques écologiques, en décrivant la diversité des formes de gestion des haricots dans les Andes colombiennes. Dans les Andes du Sud-Ouest colombien, trois espèces de haricot sont utilisées par les populations amérindiennes. Une d'entre elles est cultivée (*Phaseolus vulgaris* L.), les deux autres ont un statut tantôt de plantes cultivées, tantôt de plantes sauvages (*P. coccineus* L. et *P. dumosus* Macfad.) lorsqu'encouragées à pousser dans les haies de bords de champs, ou dans les recrûs forestiers. À travers une enquête ethnoécologique, le premier objectif de cette thèse est d'analyser la multiplicité des relations entre les paysans Yanaconas de Pancitará (municipio de La Vega, département du Cauca) et les haricots en rendant compte de la diversité des espaces investis par ces espèces. Nous prendrons soin de décrire savoirs et savoir-faire, en particulier ceux associés aux pratiques agroécologiques comme l'agroforesterie. Le second objectif est de questionner la conception linéaire et progressiste de la domestication en interrogeant les paysans sur les traits fonctionnels importants pour mettre à profit la diversité des situations écologiques et climatiques qu'ils rencontrent. L'approche interdisciplinaire en agroécologie et ethnoécologie permet notamment de comprendre comment les stratégies locales d'adaptation au changement climatique reposent sur des pratiques de maintien de caractères sauvages, voire de « dédomestication ».

⇒ Un article publié :

Locqueville L., Labeyrie V., McKey D. & **Caillon S.** (2022). Semi-domesticated crops have unique functional roles in agroecosystems: perennial beans (*Phaseolus dumosus* Macfad. and *P. coccineus* L.) and landscape ethnoecology in the Colombian Andes. Journal of Ethnobiology 42(2), 198-216.

Suite à la crise sanitaire, la décision a été prise avec l'ensemble des encadrants de ne pas retourner en Colombie et de chercher un nouveau terrain en France. Cette décision a été motivée par des raisons sanitaires évidentes, des incertitudes sur le renouvellement des autorisations par la réserve amérindienne (changement de direction de la réserve amérindienne, instabilité politique du fait de la Covid) et des raisons de sécurité associée à une peur de la Covid dont le foyer était en Europe. Cette décision a été la bonne, car il est toujours impossible de se rendre actuellement sur le terrain en Colombie dans des réserves amérindiennes. Une année de financement de thèse supplémentaire a été accordée par l'école doctorale GAIA.

Titre2 : Les pratiques de gestion des plantes aromatiques et médicinales en France, entre cueillette et culture : contributions croisées de l'écologie et de l'ethnoécologie, à travers le cas d'*Arnica montana*

Directeurs de thèse : Sophie Caillon, Sylvain Coq (écologue, UMR CEFE) et Doyle McKey (écologue, Université de Montpellier). Directeur officiel : Yildiz Aumeeruddy-Thomas (ethnoécologue, CEFE)

Financement : Bourse ENS-Paris (salaire) et potentiellement financements UM.

Contenu des travaux : Cette thèse interdisciplinaire a pour objectif d'étudier le gradient de gestion des plantes médicinales entre sauvage et cultivé. En effet la cueillette est souvent perçue comme une activité de prélèvement de plantes « sauvages », en opposition avec la culture de plantes médicinales en champ. Or, dans le contexte de la raréfaction de certaines plantes médicinales dans leur milieu "naturel", la mise en culture est souvent posée comme une alternative évidente et souhaitable, pour assurer sa production et retirer la menace de surprélèvement que la cueillette engendrerait. Il s'avère que les cueilleurs professionnels de coopératives qui fournissent les plantes en gros pour l'industrie pharmaceutique et cosmétique sont loin d'être aujourd'hui uniquement dans une optique de prélèvement opportuniste. Ils ont au contraire une activité de gestion des milieux, en particulier pour les plantes inféodées à des écosystèmes co-produits par les humains, notamment agropastoraux, qui s'étendent sur un gradient entre sauvage et cultivé. Cette thèse couple (1) une approche ethnoécologique, qui examine les pratiques et les savoirs associés à cette gestion écologique des sites de cueillette, et (2) une approche écologique, qui permet de mieux comprendre l'influence qu'exercent ces pratiques de gestion sur les écosystèmes. Pour cela, Jonathan Locqueville a choisi de s'intéresser à une plante modèle, *Arnica montana*, qui est aujourd'hui à la croisée de ces multiples enjeux.

⇒ Quatre articles en préparation :

Locqueville J., Caillon S., Violle C., McKey D., Coq S. (en cours de soumission). Effect of environment and management practices on *Arnica montana* traits of economic importance. Journal of Applied Ecology.

Locqueville J., Coq S., McKey D., Caillon S. (en écriture). Commercial harvesting of *Arnica montana* in France: toward a collective management. People and Nature.

Locqueville J., Coq S., McKey D., Caillon S. (en écriture). Complementarity between harvesting and agriculture of medicinal plants: case-study from *Arnica montana*. Agriculture and Human Values.

Locqueville J., Caillon S., Violle C., McKey D., Coq S. (en cours d'écriture).

Marion Comptour

2013-2017 : Doctorat d'Écologie (école doctorale GAIA, Montpellier)

Devenir : Marion Comptour a un poste depuis 2019 au pôle Éducation à l'Environnement du CPIE Bassin de Thau.

Titre : Ethnoécologie d'une agriculture sur champs surélevés en République du Congo

Directeurs de thèse : Doyle McKey (écologue, CNRS) et Sophie Caillon.

Financement : Bourse de l'école doctorale SIBAGHE et fonctionnement par l'Institut Universitaire de France (IUF).

Contenu des travaux : Dans la région néotropicale, l'agriculture sur champs surélevés était un type d'agriculture répandu dans les marais et dans les savanes saisonnièrement inondées avant la conquête européenne. L'étude de son fonctionnement suscite beaucoup d'intérêt auprès des chercheurs et soulève de nombreuses questions d'ordre écologique, agronomique et social. Pour comprendre comment ce système agricole a fonctionné, nous avons plusieurs sources d'informations (études géoarchéologiques, expériences de réhabilitation), mais elles sont toutes incomplètes et imparfaites. Une autre source d'information est l'étude de systèmes analogues dans le Vieux Monde : l'agriculture sur champs surélevés est encore pratiquée en République du Congo. Elle peut servir de modèle pour approcher les multiples questions ouvertes sur le fonctionnement de l'agriculture sur champs surélevés. Il s'agira dans ce sujet de thèse de réaliser une étude ethnoécologique de cette l'agriculture en recensant les pratiques et savoirs locaux des populations sur le fonctionnement du système. Plus globalement, Marion Comptour s'intéresse aux interactions entre les humains et un paysage inondé à travers la pratique d'agriculture sur champs surélevés. Cette étude est novatrice, car examine par l'observation directe les avantages et les inconvénients de ce type d'agriculture dans un contexte d'intensification écologiquement durable.

⇒ Trois articles ont été publiés :

Comptour M., Cosiaux A., Coomes O.T., Bader J.-C., Malaterre P.-O., Yoka J., Caillon S. & McKey D. (2019). Agricultural innovation and environmental change on the floodplains of the Congo River. *The Geographical Journal* 186(1).

Comptour M., Caillon S., Rodrigues L. & McKey D. 2018. Wetland raised-field agriculture and its contribution to sustainability: ethnoecology of a present-day african system and questions about pre-columbian systems in the American Tropics. *Sustainability* 10(9): 3120.

Comptour M., Caillon S. & McKey D. (2016). Pond fishing in the Congolese cuvette: a story of fishermen, animals and water spirits. *Revue d'ethnoécologie*, 10(10).

Masters (9)

Tous les stages ont eu une durée de 6 mois et tous ont inclus une période sur le terrain pour mener des enquêtes en France, Colombie, Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu.

Antoine Rignault

2021-2022 : Année de césure de l'Université Paris-Ouest Nanterre

Titre : Circulation des connaissances chez les vigneron de Gaillac

Responsables de stages : Antoine Doncieux (doctorant, UMR CEFE) et Sophie Caillon.

Encadrement : (30%) En appui à Antoine Doncieux, j'ai aidé pour la formulation des questions de recherche, des hypothèses, pour construire le questionnaire et penser à la stratégie d'échantillonnage. J'ai également aidé Antoine à construire sa présentation et son futur article.

Financement : Projet ASSET

Contenu des travaux : De la plante à la cave, de la cave à la table, la vigne est, en France, une culture à forte valeur économique et culturelle. Or, la viticulture est un secteur particulièrement impacté par les composantes des changements climatiques (CCs), avec comme conséquences de nombreux effets déjà observés à la fois sur la vigne et sur les vins. Les CCs attendus dans les prochaines décennies risquent d'exacerber les impacts déjà observables, pouvant modifier les zones actuellement favorables à la viticulture. Afin de

sauvegarder la qualité, l'identité et la rentabilité de leurs vins, les vignerons observent, expérimentent, échangent entre eux et s'informent auprès de diverses sources. En combinant des analyses qualitatives et quantitatives, Antoine Rignault présentera une étude des réseaux de circulation de connaissances afin d'identifier les différentes sources et les conseils véhiculés au travers de ces réseaux. À partir d'enquêtes réalisées auprès de 59 personnes dans le vignoble de Gaillac (Tarn, 81), Antoine comparera la diffusion des connaissances impliquant un choix de court terme (la gestion annuelle de l'enherbement dans les vignes) à un choix sur le long terme (les cépages et les porte-greffes) pour les vignerons. Ces deux choix, aux temporalités différentes, sont des leviers importants dans l'adaptation de la viticulture face aux CCs.

⇒ Un article en préparation :

Doncieux A.*, Rignault A.*, Barbillon P., Donnet S., Renard D.* & **Caillon S.*** (en cours de soumission). Farmers' sources of knowledge are specialized. Social network analysis of planting material and weed management domains of knowledge from the wine-growing region of Gaillac (France). *Agronomy for sustainable development*.

Lisa Vincent

2021 : Master de géographie Master 2 Espace et Milieux : Territoires Écologiques, Université de Paris

Titre : Évaluer le bien-être des vigneron.es bio à Faugères et Gaillac : méthodes et enjeux

Responsables de stages : Sophie Caillon et Léa Sébastien (géographe, Université Jean Jaurès).

Encadrement : (85%) Avec Léa Sébastien, nous avons réfléchi au sujet de stage et sur le plan du rapport. J'ai ensuite pris le relais pour l'accompagner sur le terrain, organiser la collecte d'information par questionnaires téléphoniques, analyser les données et corriger rapport et présentation.

Financement : PICS BIEN et ENS-Paris

Contenu des travaux : L'objectif de ce stage est de concevoir un indicateur de bien-être et de mal-être pour les vigneron.nes et les viticulteurs labellisés en agriculture biologique de Gaillac (Tarn) et Faugères (Hérault) en Occitanie. Nous avons utilisé une approche bioculturelle mêlant enquêtes individuelles, ateliers participatifs et questionnaires fermés pour révéler la subjectivité des enquêté.es. L'objectif du stage était d'analyser les données du questionnaire (x43). Parmi le 86 valeurs de bien-être, nous avons identifié les cinq contribuant le plus au bien-être et les trois au mal-être des enquêtés. Selon nos analyses, les valeurs de bien-être les plus importantes sont : « Limiter les pollutions sur le domaine », le « Plaisir », la « Biodiversité dans les vignes », les « Échange de connaissances avec d'autres professionnel.les » et l'« Attachement au domaine ». Concernant les valeurs de mal-être, les valeurs les plus importantes sont : la « Surcharge administrative », la « Pression économique » et le « Changement climatique et ses événements extrêmes ». En nous inspirant des travaux scientifiques ou d'initiatives d'associations agricoles, nous avons transformé ces valeurs en indicateurs pour identifier les niveaux de satisfaction pour chacune d'elle. Il est désormais nécessaire de réaliser un choix dans les pondérations des différents indicateurs à fusionner en un indicateur composite.

⇒ Une communication internationale et trois articles en préparation :

Caillon S., Doncieux A. & Vincent L. (2021). *Invitée par le American Museum of Natural History*. Well-being of winegrowers facing climate change, dans le cadre du programme d'éducation du Muséum Américain d'Histoire Naturelle de New York « Climate Change, Shifting Cultures », on-line <https://www.amnh.org/calendar/climate-change-shifting-cultures>, 21 septembre.

Isaac M., Tian, **Caillon S.**, Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Vincent L., Locqueville J., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being in agriculture: what is the scope of indicator measurement? Agricultural Systems.

Caillon S., Isaac M., Vincent L., Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Cobelli O., Renard D., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being and ill-being emic values for organic winegrowers in France (Gaillac). Journal of rural studies

Sterling E.*, MacDonald K.*, Isaac M., Tian, Sebastien L., Prudham S., Doncieux A., Vincent L., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & **Caillon S.** (en cours de soumission). Methods to extract well-being values for farmers: a review. Agriculture and Human Values.

Aurélien Drillaud

2020 : Master Sciences sociales, parcours « sciences sociales appliquées à l'alimentation », Université Toulouse Jean Jaurès

Titre : Identifier des valeurs de bien-être dans le monde agricole : étude sur le vignoble de Gaillac par l'approche participative.

Responsables de stages : Sophie Caillon et Léa Sébastien (géographe, Université Jean Jaurès).

Encadrement : (70%) Avec Léa Sébastien, nous avons réfléchi au sujet de stage, sur le plan du rapport, rédigé le questionnaire et relu son rapport.

Financement : FRB

Contenu des travaux : Ce stage s'intéresse aux valeurs de bien-être humain selon une approche valorisant la co-construction avec les personnes engagées sur le terrain et les interactions, voire l'absence de frontières, entre nature et culture. Nous tâchons de mieux comprendre les relations entre savoirs, pratiques, ontologies et paysages (i.e. liens sociaux et attachement au lieu) et plus généralement entre humains et non-humains. L'objectif final de ce stage est d'identifier des valeurs de bien-être intelligibles à la fois par les chercheurs, les agriculteurs et les décideurs politiques.

Dario Pérez

2018 : Master d'ethnoécologie à l'Universidad Nacional de Colombia (UNAL)

Titre : Circulation des boutures et circulation des maladies du manioc en Colombie

Responsables de stages : Sophie Caillon et Anne Duputié (écologue, Université de Lille).

Encadrement : (65%) J'ai formalisé la thématique et la question de recherche. J'ai organisé toute la logistique du terrain en allant sur le terrain une première fois sans l'étudiant (1 mois) puis avec lui (1 mois).

Financement : Projet Agropolis Fondation

Contenu des travaux : Dans le monde entier, une bactériose vasculaire engendrée par une bactérie du genre *Xanthomonas* (Xam) est responsable de la forte mortalité des maniocs. La diffusion de la maladie sur de grandes distances est principalement causée par l'échange de

boutures et d'outils agricoles entre agriculteurs. L'objectif est d'identifier les pratiques agricoles (diversité spécifique et variétale, organisation des cultures dans le temps et l'espace, jachères, contexte socio-économique) en lien avec la bactériose. De plus, nous questionnons les impacts des réseaux de circulation des boutures de manioc sur la diffusion de la maladie (sur le plan épidémiologique et génétique) et des variétés de manioc (en nous appuyant sur les noms et la génétique).

⇒ Un article publié et un en préparation :

Pérez D., Duputié A., Vernière C., Szurek B. & **Caillon S.** (2022). Biocultural drivers responsible for the occurrence of a cassava bacterial pathogen in small-scale farms of Colombian Caribbean. Frontiers Ecology And Evolution.

Pérez D., **Caillon S.**, Vernière C., Szurek B. & Duputié A. (en cours de soumission). CBB circulation in small-size agricultural networks in cassava crops of the Colombian Caribbean.

Quentin Fabregal

2017 : Licence de biologie, mention sciences environnementales à l'Université Paul Sabatier, Toulouse

Titre : Diversité des plantes sauvages dans le vignoble gaillacois

Responsables de stages : Mélanie Roy (Écologie, Université Paul Sabatier) en collaboration avec Sophie Caillon.

Encadrement : (5%) Au cours de stage, mon implication a été moindre. J'ai surtout donné toutes les informations sur les pratiques agricoles associées à chaque site d'inventaire floristique.

Financement : UMR Laboratoire Évolution et Diversité Biologique

Contenu des travaux : De nombreux terroirs coexistent dans la région de Gaillac, définis par les sols et sous-sols, les cépages, les vignobles, le climat, les pentes, l'exposition, la situation géographique et les facteurs humains. Cependant, leur définition est insuffisamment précise et donne des noms différents selon les interlocuteurs. Une des méthodes possibles pour mieux définir les terroirs est d'inclure l'écosystème qui entoure ces cultures. En effet, cet environnement est directement influencé par les méthodes de culture, la qualité du sol, le climat et le vignoble et peut donc permettre une définition plus précise du terroir. Nous avons suivi la composition floristique des plantes sauvages. Ce stage a été l'occasion de tester un protocole d'inventaire de ces plantes entre et sous les vignes. Le terroir *Rabastens* présente la richesse spécifique la plus faible et les terroirs des *Causses* et des *Côtes* ont la richesse spécifique moyenne la plus élevée.

Sayuri Tatiana Kiyota

2015 : Master2 Biologie Végétale Tropicale (BVT), Université de Montpellier

Titre : La reconquête pastorale et la viticulture : une approche interdisciplinaire en agroécologie.

Responsables de stages : Pierre-Jay Robert (écologue, UPV) en collaboration avec Jérôme Cortet (écologue, UPV), Sophie Caillon et Nicolas Lescureux (ethnoécologue, CNRS).

Encadrement : (15%) Avec Nicolas Lescureux, nous avons accompagné l'étudiante sur le terrain pour mener des enquêtes ouvertes auprès des vigneronnes, nous avons construit le questionnaire pour des analyses en liste-libre et avons aidé à analyser les données.

Financement : Equipe « écologie des arthropodes », crédit CNRS, UMR CEFE.

Contenu des travaux : Le projet « agropastoralisme CASDAR » est né au sein d'un groupe de vigneron de Banyuls. Il vise à surmonter le désherbage chimique par la réintroduction du pâturage des moutons dans les vignes. L'objectif de cette inertie est d'établir l'état initial des agroécosystèmes et de fonder la construction de nouvelles connaissances agroécologiques. Nous avons abordé ce thème avec une section traitant des coléoptères et des collembolés du fumier cuivré dans les vignobles et un volet ethnoécologique axé sur la perception des insectes. La population de bousiers coprophages à Banyuls est en déclin en raison de l'absence de pastoralisme dans la région. Dans les systèmes agropastoraux stables et plus anciens, la disparition du fumier de bétail est principalement le fait des bousiers. La dégradation du fumier par les bousiers implique une amélioration de la qualité du sol par l'ajout de matière organique et en favorisant l'installation de la mésofaune du sol. Dans les vignes, la richesse spécifique du Collembolés est faible et son abondance est plutôt associée à l'apport de matière organique provenant de plantes ou de bouse de mouton. Bien que les collembolés soient souvent utilisés comme bio-indicateurs pour mesurer la qualité des sols par les scientifiques, ils restent un groupe peu connu du grand public. La notion d'insecte dans la perception populaire englobe plus d'animaux que dans une classification linnéenne.

Patrick Albers

2011 : Master Écologie et Biodiversité, Spécialité Biologie de l'Évolution (BE), Parcours Erasmus Mundus Master Programme in Evolutionary Ecology (MEME)

Titre : Gestion locale de l'igname sauvage (*Dioscorea nummularia* Lam.) sur l'île de Vanua Lava

Responsables du stage : (65%) Sophie Caillon en collaboration avec Adeline Barnaud (généticienne, IRD), Laure Benoit (généticienne, CIRAD), Doyle McKey (écologue, UM), Nora Scarcelli (généticienne, IRD), Roger Malapa (agronome, VARTC) et Hâna Chair (généticienne, CIRAD).

Encadrement : En tant que responsable, j'ai assuré toute la logistique de son stage : trajets, accueil au Vanuatu, autorisation de recherche et de transfert de matériel, facilités au laboratoire d'analyse génétique et coordination entre les chercheurs aux compétences complémentaires. Avec l'ensemble des encadrants, nous avons sélectionné la bibliographie à consulter, préciser les questions de recherche, établit un protocole d'échantillonnage. J'assurai en particulier la mise en place des méthodes d'enquête et de leur analyse.

Financement : Projet du Conseil Scientifique de l'UM2 et équipe Interactions Bioculturelles (crédit CNRS, UMR 5175)

Contenu des travaux : Sur l'île de Vanua Lava (Vanuatu), les horticulteurs sont reconnus pour leurs savoirs élaborés associés à la culture du taro (*Colocasia esculenta*) sur des terrasses irriguées. Ils continuent néanmoins à « cueillir » des ignames sauvages (*Dioscorea nummularia*) en forêt et même à cultiver ces ignames dans leurs jardins (jardins de case et jardins mixtes). Pourquoi ces horticulteurs de renom pratiquent-ils encore une activité de cueillette ? Comment s'y prennent-ils ? Quelles sont les conséquences de ces pratiques sur la structure de la diversité génétique de l'igname sauvage. Peut-on identifier des hybridations avec la grande igname (*Dioscorea alata*) cultivée dans les jardins mixtes ? Sachant que l'igname sauvage est une espèce robuste, on peut attendre un engouement national pour la

multiplication de cette plante. Nous discutons aussi de la durabilité et des potentialités alimentaires de cette espèce face aux changements globaux.

Jennifer Beckensteiner

2011 : Master Écologie et Biodiversité, Spécialité Biologie de l'Évolution (BE), Parcours Ingénierie en Écologie et Gestion de la Biodiversité (IEGB)

Titre : Gestion locale des aires marines protégées sur l'île d'Efaté

Responsables du stage : Marc Leopold (Ichtyologue, IRD) en collaboration avec Sophie Caillon.

Encadrement : (50%) Marc Leopold, en poste au Vanuatu, assurait l'encadrement scientifique et pratique sur le terrain. Nous avons accueilli au CEFÉ Jennifer pendant un mois avant et deux mois après sa période de terrain. J'ai ainsi pu l'encadrer sur sa recherche bibliographique, et nous avons précisé ses questions de recherche et une méthode d'enquête adaptée en sciences sociales et humaines. À son retour, j'ai continué d'encadrer les analyses de données engagées par Marc Leopold et suivi la rédaction de son mémoire.

Financement : Projet GESTRAD du Fond Pacifique, de l'Ambassade de France du Vanuatu et financement IRD-Nouvelle-Calédonie.

Contenu des travaux : Au Vanuatu, les pêcheurs ont constaté une diminution de la taille et/ou de l'abondance de certaines ressources récifales qui revêtent une importance considérable pour l'autoconsommation et les revenus en zone rurale. Bien qu'une réglementation nationale s'applique aux espèces emblématiques ou à forte valeur commerciale, les communautés villageoises ont aujourd'hui une grande responsabilité dans la gestion de ces ressources. L'objectif de cette étude est d'évaluer comment cette gestion est effectuée localement pour identifier des améliorations possibles combinant des approches à différentes échelles (village, île, province, pays). Des enquêtes sur les savoirs locaux, concernant les pratiques de pêches, les enjeux de gestion et les attentes associées ont été réalisées grâce à des entretiens semi-directifs par groupes de pêcheurs dans sept villages de l'île d'Efaté. Des Aires Marines Protégées – ou aire *tabu* – sont observées dans la majorité des villages. D'autres règles locales sont mises en place comme des interdictions sur des espèces (troca), ou sur des engins de pêche (épervier). Cependant, ces systèmes de gestions ne semblent pas perdurer lorsque les organismes extérieurs n'apportent plus de soutien aux villages. Dans le but d'actualiser la politique nationale de gestion des pêches récifales, nous proposons d'identifier des règles locales qui pourraient être appliquées à une plus grande échelle, comme l'institutionnalisation des interdits sur la pêche des trocas ou la réglementation des filets maillants. Les AMPs villageoises temporaires pourraient également être envisagées comme un outil de gestion durable des pêcheries localement.

⇒ Un article publié :

Leopold M., Beckensteiner J., Kalatavara & **Caillon S.** (2013). Community-based management of coastal fisheries in Vanuatu: what works? Marine Policy 42: 167-176.

Robert Wayaridri

2011 : 5^e année de l'ISTOM (École Supérieure d'Agro-Développement International)

Titre : Évaluation de l'impact des systèmes d'activité sur l'agrobiodiversité de l'igname (*Dioscorea alata* L.) : exemple des ménages ruraux kanaks dans la région de Canala

Responsables du stage : Jean-Yves LeMeur (Anthropologue, IRD) en collaboration avec Sophie Caillon, Vanesse Labeyrie (Agronome, CIRAD), Roger Malapa (Agronome, VARTC) et Vincent Lebot (Agronome, CIRAD).

Encadrement : (20%) Pierre-Yves LeMeur, en poste en Nouvelle-Calédonie, assurait l'encadrement scientifique et pratique sur le terrain. Nous avons accueilli au CEFÉ Robert pendant quinze jours avant et un mois après sa période de terrain. J'ai ainsi pu l'encadrer sur sa recherche bibliographique, et l'aider à préciser ses questions de recherche et mettre en place une méthode d'enquête adaptée en sciences sociales et humaines. À son retour, je l'ai aidé à organiser et analyser ses données. Nous avons construit son plan de mémoire ensemble.

Financement : Projet du Sénat Coutumier de Nouvelle-Calédonie

Contenu des travaux : Dans le souci de préserver les ressources locales en grandes ignames (*Dioscorea alata*) tant pour des raisons culturelles qu'alimentaire pour les futures générations, il devient urgent de recourir à des pratiques adaptées aux us et particularités propres aux régions concernées. L'objectif de ce diagnostic est de caractériser l'état de la biodiversité (indices de biodiversité), sa répartition géographique et sociale, la façon dont elle est gérée par les horticulteurs et sa dynamique. À partir de ces résultats, des méthodes de conservation adaptées seront proposées. À l'instar des autres études réalisées dans le cadre du projet, il s'agit avant tout d'un outil d'aide à la décision qui doit servir de base de réflexion aux décideurs politiques et institutionnels calédoniens.

Diffusion orale de la recherche

Communication 'grand public' (6)

1. **Caillon S.**, Doncieux A. & Vincent L. (2021). *Invitée par le American Museum of Natural History*. Well-being of winegrowers facing climate change, dans le cadre du programme d'éducation du Muséum Américain d'Histoire Naturelle de New York « Climate Change, Shifting Cultures », on-line <https://www.amnh.org/calendar/climate-change-shifting-cultures>, 21 septembre.
2. **Caillon S.** (2019). *Invitée par le Muséum d'Histoire naturelle de Nîmes*. Des agricultures de précision « au service » de l'agroécologie... Carré d'art, Musée d'art contemporain, Nîmes, 14 November.
3. **Caillon S.** (2017). *Invitée par le Café de la Biodiversité*. De la graine de Facebook : agrobiodiversité et réseaux sociaux, Le Dôme, Montpellier, 6 April.
4. **Caillon S.** (2017). *Invitée par l'AGroCampus Ouest*. Les absents ont toujours raison » Leçons agroécologiques d'agriculteurs en milieu tropical. 9^e Rencontres du Végétal, Session plénière Évolution de la diversité végétale au sein des sociétés, Angers, 16 January.
5. **Caillon S.** (2017). *Invitée par l'Association Brin de Forêt*. Interactions bioculturelles: 'perceptions' et rôles des humains et des non-humains. Colloque "Érosion de la Biodiversité", Lycée Jean Monnet, Montpellier, 10 January.
6. **Caillon S.** and McKey D. (2015). *Invitée par l'Agroecology seminars*. Biodiversité cultivée : des agriculteurs du Sud "au service" de l'agroécologie... Agropolis International, Montpellier, 3 March.

Conférences scientifiques (83)

J'essaie dorénavant de minimiser mes déplacements à l'étranger pour limiter mon empreinte carbone ; je participe toujours à des conférences internationales comme co-auteure. J'essaie par contre de partager mes résultats de recherche lors des manifestations montpelliéraines (Resilience, ATBC, ICCB, Harlan, Agroforestry, GlobalFood, Arts&Sciences, Humanités Environnementales...).

Organisation de conférences (8)

1. (2018) Help to organize the "Action group on knowledge systems and indicators of wellbeing". The group met in-person at the American Museum of Natural History in New York City on April 21-22, 2018 - over the middle weekend of the UN Permanent Forum on Indigenous Issues (UNPFII). The meeting engaged nearly 100 participants in a cross-cutting exploration of knowledge and well-being themes in a forum that encouraged collective sharing and learning to build and support a community of practitioners.
2. (2015) As the main organizer of the workshop "Measuring, Monitoring, and Implementing a Biocultural Approach to Resilience", with Sterling E. (AMNH, NYC), UMR CEFE, Montpellier, 31 July - 01 August.
3. (2015) As a member of the organization and scientific committee of "ICCB: 27th International Congress for Conservation Biology, 4th European Congress for Conservation Biology, Mission Biodiversity: Choosing new paths for conservation", Montpellier, 2-6 August, <http://iccb-eccb2015.org>

4. (2015) As the main organizer of the conference « Social Network Analysis: A way to combine quantitative and qualitative approaches? The example of seed circulation”, ISCC, Paris, January 7th,
<https://sites.google.com/site/miresssna/actualite/7janv2015colloqueanalyseedesreseauxsociaux>
5. (2012) As a member of the organization and scientific committee of the “13th Congress of the International Society of Ethnobiology, Cultural diversity and biological diversity for sustainable development: Exploring the past to build up the future”, Montpellier, 20-25 May, <http://congress-ise2012.agropolis.fr>
6. (2012) As the main local organizer of “the young researcher pre-congress, Laying the Foundations for the Future of Biocultural Diversity Research: The second ISE Pre-congress Workshop for Emerging Ethnobiologists”, 17 – 20 May 2012, Gîtes de Briandes
7. (2012) As a member of the organization and scientific committee of “the international pre-congress, Agrobiodiversity across landscapes in a changing world. Domestication, adaptation and innovation” with le GDR MOSAÏQUE and Bioversity International.
8. (2008) As a member of the organization and scientific committee of “the scientific day of the CEFE, Des sciences humaines et sociales dans un centre d'écologie...”, CEFE, Montpellier, 14 November.

Organisation de sessions (10)

1. Bouby L. & **Caillon S.** (2017). Viticulture et biodiversité. GDR Agrobiodiversité (MOSAÏQUE). Montpellier, 6-7 November.
2. **Caillon S.** (2017). Biodiversité agricole et productive. École thématique Biodiversité et sociétés : Enjeux conceptuels et méthodologiques d'une interdisciplinarité élargie, Dinard, 28 May-2 June.
3. **Caillon S.** & Sabinot C. (2017). Quantitative data or analysis to answer anthropological questions: advantages and disadvantages. European Society for Oceanists 2017 Conference, Munich, 29 June-2 July.
4. Calandra M. & **Caillon S.** (2015). Academic session. Relating subsistence agriculture with socio-environmental mutations in Oceania, European Society for Oceanists 2015 Conference, Brussels, 24-27 June.
5. **Caillon S.** & Sterling E. (2014). Academic session. Resilience in island systems: Conceptualizing land and sea as a continuity. 14th Congress of the International Society of Ethnobiology, Bumtang, Bhutan, 4 June.
6. Chave-Dartoen S., Monnerie D., **Caillon S.** & Roullier C. (2013). Academic session. Circulation des biens et des personnes dans le Pacifique. e-toile Pacifique 2013, EHESS, Paris, 3-4 October.
7. **Caillon S.** & Muller S. (2013). *Invitée par le American Museum of Natural History (AMNH)*. Participatory session. Social resilience in island systems. Understanding Ecological and Social Resilience in Island Systems: Informing Policy and Sharing Lessons for Management, AMNH, New York, 9-11 April.
8. **Caillon S.** & Aistara G. (2012). Academic session. Conservation through diffusion: Toward innovative models at the interface of formal and informal seed systems, 13th International Congress of the Society of Ethnobiology, Montpellier, 24 May.

9. de Kochko P., Aistara G., **Caillon S.** & Julliand C. (2012). Round-table. Debates on innovating experiences that aim to conserve through the free diffusion of seeds, 13th International Congress of the Society of Ethnobiology, 24 May. Montpellier
10. Padoch C. & **Caillon S.** (2007). *Invited by the American Museum of Natural History (AMNH)*. Academic session. Agrobiodiversity. Sustaining cultural and biological diversity in a rapidly changing world: lessons for global policy. New York, 3 April.

Conférences invitées (27)

1. **Caillon S.** (2019). *Invitée par AgroParistech* Pour une interdisciplinarité décomplexée ! Séminaire Interdisciplinarité, AgroParistech, Paris, 2 April.
2. **Caillon S.** (2019). *Invitée par le Muséum d'Histoire naturelle de Nîmes*. Des agricultures de précision « au service » de l'agroécologie... Carré d'art, Musée d'art contemporain, Nîmes, 14 November.
3. **Caillon S.** (2018). *Invitée par l'UMR PALOC, IRD*. Combiner des approches qualitative et quantitative: l'exemple de la circulation des semences au Vanuatu. Journée d'étude sur l'avenir de l'ethnobotanique en France. MNHN, Paris, 6 December.
4. **Caillon S.**, McKey D. & Thomas M. (2018). *Invitée par le GDR ResoDiv*. Évolution des questionnements de Netseed à Mires/Madres. MNHN, 17 September.
5. **Caillon S.** & Thomas M. (2018). *Invitée par le GDR ResoDiv*. Effects of farmer social status and plant biocultural value on seed circulation networks in Vanuatu. MNHN, 17 September.
6. **Caillon S.** (2018). *Invitée par le department of Geography, University of Toronto*. Seed swapping: quantitative and qualitative perspectives on exchanging seeds among farmers in Vanuatu. Seminar of the department of Geography, Toronto, 25 May.
7. **Caillon S.**, Salpeteur M., Sabinot C. (2018). *Invitée par l'University of Hawaii*. Beyond numbers. Perspectives and debates about the association of quantitative and qualitative approaches in humanities. 7th International Conference on Environmental Future (ICEF), Humans and Island Environments, Honolulu, 17 April.
8. **Caillon S.** & Roy M. (2017). *Invitée par l'Institut de Géographie et de Durabilité de l'Université de Lausanne*. De la scientificité à la une gestion créative multidimensionnelle : échanges de savoirs autour des plantes rencontrées dans le vignoble gaillacois, Scientificité et spiritualité dans les agricultures alternatives. Lausanne (Suisse), 13-15 December.
9. Roy M. & **Caillon S.** (2017). *Invitée par le GDR Agrodiversité (MOSAIQUE)*. La diversité au cœur du vignoble Gaillacois : interactions entre terroir, pratiques et flore sauvage. Montpellier, 6-7 November.
10. Sterling E., **Caillon S.**, Dacks R., Ticktin T., Mejia M. & Jupiter S. (2017). *Invitée par le GDR Agrodiversité (MOSAIQUE)* Biocultural approaches to indicators of well-being and sustainability: bridging local to global scales. Séminaires d'Écologie et d'Évolution de Montpellier. Séminaires d'Écologie et d'Évolution de Montpellier (SEEM), CEFE UMR 5175, Montpellier, 10 November.
11. **Caillon S.** (2017). *Invitée par le Café de la Biodiversité*. De la graine de Facebook : agrobiodiversité et réseaux sociaux, Le Dôme, Montpellier, 6 April.
12. **Caillon S.** (2017). *Invitée par l'AGroCampus Ouest*. Les absents ont toujours raison » Leçons agroécologiques d'agriculteurs en milieu tropical. 9^e Rencontres du Végétal, Session plénière Évolution de la diversité végétale au sein des sociétés, Angers, 16 January.

13. **Caillon S.** (2017). *Invitée par l'Association Brin de Forêt*. Interactions bioculturelles: 'perceptions' et rôles des humains et des non-humains. Colloque "Érosion de la Biodiversité", Lycée Jean Monnet, Montpellier, 10 January.
14. **Caillon S.** (2016). *Invitée par l'University of Otago, Department of History*. History of coconut trees in the South Pacific, Dunedin, November (but had to decline).
15. **Caillon S.** (2015). *Invitée par le CIRAD*. Studying seed circulation using social network analysis: lessons from the NETSEED project. Atelier Agrobiodiversity Monitoring, Agropolis International, Montpellier, 23 March.
16. **Caillon S.** and McKey D. (2015). *Invitée par le séminaire d'Agroécologie*. Biodiversité cultivée : des agriculteurs du Sud "au service" de l'agroécologie... Agropolis International, Montpellier, 3 March.
17. **Caillon S.** & Quero-Garcia J. (2013). *Invitée par le Musée d'Aquitaine*. Des taros taraudés au Vanuatu: comment interagissent les diversités biologique et culturelle? Bordeaux, 31 October.
18. **Caillon S.** (2013). *Invitée par le Centre de Recherche et de Documentation sur l'Océanie (CREDO)*. Taraudée par les taros : cheminement d'une ethnobiologiste au Vanuatu, CREDO, Marseille, 24 May.
19. **Caillon S.** (2013). *Invitée par l'European Consortium for Pacific Studies (ECOPAS)*. Ethnobiology and climate change, CREDO, Marseille, 3 April.
20. **Caillon S.** (2012). *Invitée par Oxford University-CNRS*. An ecologically intensive agriculture: the taro water-gardens on Vanua Lava (Vanuatu), a social valued ecosystem that sustains diversity and ecological practices, Oxford University, Maison Française, 6 December.
21. **Caillon S.** & Labouisse J.-P. (2012). *Invitée par le Musée du Salagon*. Ethnobotanique du cocotier: Une histoire de plante, de lieu et de personne au Vanuatu. Séminaire d'ethnobotanique, Musée du Salagon, Forcalquier, 12 October.
22. Labouisse J.-P. & **Caillon S.** (2012). *Invitée par Bioersivity International and the Research Consortium Mosaïque*. Changes and adaptation of landscapes: a historical perspective on coconut plantations in Vanuatu (South Pacific). Agrobiodiversity across landscapes in a changing world. Domestication, adaptation and innovation. Montpellier, 19 May.
23. McKey D., **Caillon S.** & Pautasso M. (2011). *Invitée par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB)*. Agrobiodiversité et réseaux sociaux. Une approche interdisciplinaire pour analyser comment les systèmes semenciers locaux agissent sur la diversité des plantes domestiquées. Conference FRB sur les ressources génétiques, Montpellier, September.
24. **Caillon S.** (2010). *Invitée par l'European Union (EU)*. EU Pacific Research: contribution to EU-Pacific relations and the way forward. Session: Climate Change, Brussels, 22 October.
25. **Caillon S.** (2010). *Invitée par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB)*. Ethnobiology: a discipline that reconciles biological and cultural diversities. French-Israeli Workshop. "The world we live in" Biodiversity in the 21st Century, Ramat Hanadiv, Israel, 10-13 October.
26. **Caillon S.** (2008). *Invitée par l'Ambassade de France en Nouvelle-Zélande*. Jiam tru long windo! Land and plants appropriation during migration in the Banks group, Vanuatu. ASA 2008 « Owing and Appropriating », Auckland, 8-12 December.
27. **Caillon S.** (2007). *Invitée par l'American Museum of Natural History (AMNH)*. What is agrobiodiversity? Sustaining cultural and biological diversity in a rapidly changing world: lessons for global policy. New York, 3 April.

Communications & posters (38)

1. Doncieux A., **Caillon S.**, Renard D. (2020). Semer la biodiversité : récolter la stabilité face aux variations climatiques ? Mesure de l'effet d'assurance à une échelle fine. Med2020., conférence en ligne (poster).
2. Aumeeruddy-Thomas Y., **Caillon S.**, Reyes-Garcia V. & McKey D. (2019). Smallholder farmers' use and shaping of social-ecological heterogeneity for biodiverse agroecosystems and crops: an alternative vision of 'precision agriculture', Third Jack R. Harlan International Symposium, SupAgro, Montpellier, 3-7 June.
3. Pérez D., **Caillon S.**, Duputié A., López C., Vernière C. & Szurek B. (2019). Sociocultural factors involved in the epidemiology of cassava bacterial blight in the Colombian Caribbean – Poster. Third Jack R. Harlan International Symposium, SupAgro, Montpellier, 3-7 June.
4. Aumeeruddy-Thomas Y., **Caillon S.** & McKey D. (2019). Agroforestry within broader anthropogenic landscapes: indigenous and local knowledge, concepts and practices. 4th International Congress of Agroforestry, Corum, Montpellier, 20-23 May.
5. Sterling E., Claudet J., Betley E., **Caillon S.**, Cullman G., Dacks R., Filardi C., Gazit N., McCarter J., Pascua P., Sigouin A., Ticktin T., & Jupiter S. (2017). A biocultural approach to developing indicators for natural resource management. Indo-Pacific Fish Conference, Tahiti, 2-6 October
6. Pérez D., **Caillon S.**, Duputié A., Vernière C., Lopez C. & Szurek B. (2017). Interconnected farmer and bacteria networks: understanding the spread of a cassava disease in Colombia, Congresso latinoamericano de ethnobiologia, Quito, 18 October.
7. **Caillon S.** (2017). Social network analysis to study seed circulation in Vanuatu: what is the benefit? European Society for Oceanists 2017 Conference, Munich, 29 June-2 July.
8. Sabinot C. & **Caillon S.** (2017). How do integrate quantitative data and/or quantitative analysis of qualitative data in the field of anthropology? European Society for Oceanists 2017 Conference, Munich, 29 June-2 July.
9. Sterling E., Betley E., Gazit N., **Caillon S.** & Sigouin A. (2017). Biocultural approaches to sustainability indicator development: opportunities and challenges. European Society for Oceanists 2017 Conference, Munich, 29 June-2 July.
10. **Caillon S.** (2017). Circulation des semences : une coopération entre ethnobiologistes et mathématiciens. École thématique Biodiversité et sociétés : Enjeux conceptuels et méthodologiques d'une interdisciplinarité élargie, Dinard, 31 May.
11. **Caillon S.** (2016). Agrobiodiversité : Pourquoi et comment diversifie-t-on ? Un enseignement du Sud. Atelier-Séminaire Interactions Sociétés-Environnement, UMR 5175 CEFE, Montpellier, 14 June.
12. **Caillon S.** & Thomas M. (2016). Effects of farmer social status and plant biocultural value on seed circulation networks in Vanuatu. Conference Du vivant au social : les semences en question, ULg, Louvain-la-Neuve, Belgium, 6 october.
13. **Caillon S.** & Sterling E. (2016). Measuring biocultural interactions and dynamics for sustainable resource management. Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC), Montpellier, June 21.
14. Sterling E., **Caillon S.**, Filardi C., Betley E. , Jupiter S., Albert S., Cullman G., Blair M., Woltz H., Pikacha P., Mauli S., Sirikolo M., Horning N. & McCarter J. (2015). The role of biocultural valuation in conservation prioritization. Symposium "Can we save it all? Confronting conservation priorities in a changing climate ICCB: 27th International Congress for

Conservation Biology, 4th European Congress for Conservation Biology, Montpellier, 2-6 August.

15. Sterling E., Cullman G., **Caillon S.**, Filardi C., Jupiter S., Blair M., Horning N., Woltz H. & Betley E (2015). Biocultural indicators of resilience: linking across scales, International Society of Tropical Foresters (ISTF), Yale School of Forestry and Environmental Studies chapter, New Haven, 27 January.

16. **Caillon S.** (2015). Introduction of the meeting Social Network Analysis: A way to combine quantitative and qualitative approaches? The example of seed circulation. Paris, ISCC, 7 January.

17. **Caillon S.** & Thomas M. (2015). An ethnobiologist facing quantitative approaches to study the impact of emic categories on plant circulation networks. Meeting Social network, Paris, ISCC, 7 January.

18. **Caillon S.** (2014). L'analyse des réseaux sociaux. CEFE, Présentation à la direction, 07 October.

19. Thomas M, Barbillon P. & **Caillon S.** (2014). Interactions between human and plant properties in plant circulation networks. A case study from Vanua Lava, Vanuatu (South Pacific). Session "Networking the Environment: Social Network Analysis in Human-Environmental Relations", First European Conference on Social Networks, Barcelona, 2 July.

20. **Caillon S.** & Thomas M. (2014). Contemporary circulation of humans and plants in the Banks group (Vanuatu): An approach in Ethnobiology and Social network analysis. Spacial dynamics in Oceania, Institut national d'histoire de l'art, Paris, 31 January.

21. Cullman G., Sterling E.J., Brumbaugh D., Donargo A., Betley E., **Caillon S.**, Muller S. & Newell J. (2014). Understanding resilience in island systems: emerging patterns from key cases." 14th Congress of the International Society of Ethnobiology, Bumthang, Bhutan, 4 June.

22. **Caillon S.** & Thomas M. (2013). Circulation des plantes et des migrants au Vanuatu. e-toile Pacifique 2013, EHESS, Paris, 3 October.

23. **Caillon S.** (2013). Conclusion of the session "Circulation des plantes et des personnes". e-toile Pacifique 2013, EHESS, Paris, 3 October.

24. **Caillon S.** (2013). An ecologically intensive agriculture: The taro water-gardens on Vanua Lava (Vanuatu). Séminaire Agroécologie du CEFE, CEFE, Montpellier, 2 October.

25. **Caillon S.** & Roullier C. (2013). Mouvement des Hommes, Circulation des plantes. Journée du CEFE « La science au CEFE pour les nuls », Montpellier, 14 March.

26. McKey D. & **Caillon S.** (2013). Agrobiodiversité et réseaux sociaux: Comment les systèmes d'échange de semences agissent sur la diversité des plantes domestiquées. Ecoscope, Paris, 24 May.

27. Thomas M., Massol F., Martin P., Wencélius J. **Caillon S.** & McKey D. (2013). Vers une conceptualisation des réseaux d'échange de semences: regards croisés entre modélisation et analyses de données. Les séminaires du CESAB, Campus de l'Arbois, 19 November.

28. Labouisse J.-P. & **Caillon S.** (2012). Migrations and tree farming practices shaped the diversity of tree crops in Oceania: the example of breadfruit in Vanuatu. 13th International Congress of the Society of Ethnobiology, Montpellier, 20-25 May (poster).

29. **Caillon S.** (2010). Biennial rotations: Why do Mafa farmers abandon such an efficient agricultural system? (Mandara Mountains, North Cameroon). The 12th International Congress of the Society of Ethnobiology, Tofino, British Columbia, Canada, 9-14 May (poster).

30. **Caillon S.** (2010). Uses and transmission of territorial knowledge in traditional communities. The 12th International Congress of Ethnobiology, Tofino, British Columbia, Canada, 9-14 May.

31. **Caillon S.** (2010). Des Hommes, des lieux et des plantes: quand l'ethnobiologie fait le lien... Colloque Livre Blanc Sciences Humaines et Sociales (LBSHS)-Pacifique. Session: Concepts, savoirs locaux et leur expression, Paris, 10-12 March.
32. **Caillon S.** & Quero-Garcia J. (2008). Comment une géographe et un généticien ont-ils réussi à parler la même langue ? L'effet « taro » au Vanuatu. Day of the CEFE « Des sciences humaines et sociales dans un centre d'écologie... », Montpellier, 14 November.
33. **Caillon S.** & Hess S. (2008). Is there always a road? Links between people, space and morphological diversity of coconuts in a village of Vanuatu (Banks group - Melanesia). Séminaire du CEFE, 25 March.
34. **Caillon S.** (2007). Etiquetés « migrants » par leurs plantes. Meeting Roots and Tuber Crops, CIRAD, Montpellier, 18 December
35. **Caillon S.** (2007). Argumentation on land rights and construction of an hybrid identity by new migrants in Vanuatu. Moving Cultures, Shifting Identities, Flinders University, Adelaïde, Australia, 3-6 December.
36. **Caillon S.**, Lebrun P., Berger A., Baudouin L., Labouisse J.-P., Bonnot F., Rouzière A. & Lescure J.-P. (2006). Mesures croisées de la diversité variétale. Cas des cocotiers du Vanuatu. Bureau des Ressources Génétiques. La Rochelle, 2-4 October (poster).
37. **Caillon S.** & Lanouguère-Bruneau V. (2004). Taro diversity in a village of Vanua Lava island (Vanuatu): Where, What, Who, How and Why? Third Taro Symposium, Nadi, Fiji, 22-24 May: 56-61 (proceedings).
38. **Caillon S.**, Quero-García J. & Lebot V. (2003). Taro (*Colocasia esculenta*) diversity in a village of Vanuatu: a multidisciplinary approach. Third Taro Symposium. Nadi, Fidji, 22-24 May (poster).

Diffusion écrite de la recherche

Synthèse publications avec étudiants & post-doctorants : 12(8)

Le premier nombre indique les articles soumis et acceptés. Le nombre entre parenthèses indique le nombre d'articles soumis ou en cours de soumission. Comme certains papiers sont co-publiés avec plusieurs masterants ou doctorants, le nombre total ne correspond à la somme de chaque rubrique. L'étoile indique que les auteurs ont eu la même implication dans l'émergence de l'article.

Publications en dernier auteur où le premier auteur est un étudiant ou post-doctorant : 5(6)

Avec des post-doctorants : 1

Thomas M. & **Caillon S.** (2016). Effects of social status of farmers and biocultural value of plants on seed circulation networks in Vanuatu. Ecology and Society 21(2): art13.

Avec des doctorants : 2(7)

Locqueville L., Labeyrie V., McKey D., Sanabria O.L. & **Caillon S.** (2022). Semi-domesticated crops have unique functional roles in agroecosystems: perennial beans (*Phaseolus dumosus* Macfad. and *P. coccineus* L.) and landscape ethnoecology in the Colombian Andes. Journal of Ethnoecology 42(2), 198-216.

Comptour M., Cosiaux A., Coomes O.T., Bader J.-C., Malaterre P.-O., Yoka J., **Caillon S***. & McKey D*. (2019). Agricultural innovation and environmental change on the floodplains of the Congo River. The Geographical Journal 186(1). *These two authors contributed equally to this study.

Doncieux A., Yobregat O., Prudham S., **Caillon S.*** & Renard D.* (soumis). Agrobiodiversity dynamics in a French wine growing region through a mixed quantitative and qualitative approach. OENO One.

Doncieux A., Yobregat O., Renard D.* & **Caillon S.*** (en cours de soumission). Grape selection values from a grower perspective. Agriculture and Human Values.

Doncieux A.*, Rignault A.*, Barbillion P., Donnet S., Renard D.* & **Caillon S.*** (en cours de soumission). Farmers' sources of knowledge are specialized. Social network analysis of planting material and weed management domains of knowledge from the wine-growing region of Gaillac (France). Agronomy for sustainable development.

Locqueville J., Coq S., McKey D., **Caillon S.** (en écriture). Commercial harvesting of *Arnica montana* in France: toward a collective management. People and Nature.

Locqueville J., Coq S., McKey D., **Caillon S.** (en écriture). Complementarity between harvesting and agriculture of medicinal plants: case-study from *Arnica montana*. Agriculture and Human Values.

Locqueville J., **Caillon S.**, Violle C., McKey D., Coq S. (en cours d'écriture).

Avec des masters : 2(1)

Leopold M., Beckensteiner J., Kalatavara & **Caillon S.** (2013). Community-based management of coastal fisheries in Vanuatu: what works? Marine Policy 42: 167-176.

Pérez D., Duputié A., Vernière C., Szurek B. & **Caillon S.** (2022). Biocultural drivers responsible for the occurrence of a cassava bacterial pathogen in small-scale farms of Colombian Caribbean. Frontiers in Ecology and Evolution, section Conservation and Restoration Ecology.

Doncieux A.*, Rignault A.*, Barbillon P., Donnet S., Renard D.* & **Caillon S.*** (en cours de soumission). Farmers' sources of knowledge are specialized. Social network analysis of planting material and weed management domains of knowledge from the wine-growing region of Gaillac (France). Agronomy for sustainable development.

Publications comme co-auteur avec des étudiants ou des post-doctorants : 5(4)

Avec des post-doctorants : 3

Coomes O., McGuire S., Garine E., **Caillon S.**, McKey D., Demeulenaere E., Jarvis D., Aistara G., Barnaud A., Clouvel P., Empeaire L., Louafi S., Martin P., Massol F., Pautasso M., Violon C. & Wencélius J. (2015). Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions. Food policy 56: 41-50.

Thomas M., Verzelen N., Barbillon P., Coomes O.T., **Caillon S.**, McKey D., Elias M., Garine E., Raimond C., Dounias E., Jarvis D., Wencélius J., Leclerc C., Labeyrie V., Cuong P.H., Hue N.T.N., Sthapit B., Rana R.B., Barnaud A., Violon C., Reyes L.M.A., Moreno L.L., De Santis P. & Massol F. (2015). Chapter Six - A network-based method to detect patterns of local crop biodiversity: validation at the species and infra-species levels. In: Guy, W., David, A.B. (Eds.), Advances in Ecological Research. Academic Press, 53: 259-320.

Pautasso M., Aistara G., Barnaud A., **Caillon S.**, Clouvel P., Coomes, Delêtre M., Demeulenaere E., De Santis P., Döring, Eloy L., Empeaire L., Garine E., Goldringer I., Jarvis D., Joly H.I., Leclerc C., Louafi S., Martin P., Massol F., McGuire S., McKey D., Padoch C., Soler C., Thomas M. & Tramontini S. (2013). Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. Agronomy for Sustainable Development, 33(1): 151-175.

Avec des doctorants : 2(3)

Comptour M., **Caillon S.**, Rodrigues L. & McKey D. (2018). Wetland raised-field agriculture and its contribution to sustainability: ethnoecology of a present-day african system and questions about pre-columbian systems in the American Tropics. Sustainability 10(9): 3120.

Comptour M., **Caillon S.** & McKey D. (2016). Pond fishing in the Congolese cuvette: a story of fishermen, animals and water spirits. Revue d'ethnoécologie 10(10).

Caillon S., Isaac M., Vincent L., Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Cobelli O., Renard D., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being and ill-being emic values for organic winegrowers in France (Gaillac). Journal of rural studies

Isaac M., Tian, **Caillon S.**, Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Vincent L., Locqueville J., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being in agriculture: what is the scope of indicator measurement? Agricultural Systems.

Sterling E.*, MacDonald K.*, Isaac M., Tian, Sebastien L., Prudham S., Doncieux A., Vincent L., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & **Caillon S.** (en cours de soumission). Methods to extract well-being values for farmers: a review. Agriculture and Human Values.

Avec des masters : (4)

Isaac M., Tian, **Caillon S.**, Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Vincent L., Locqueville J., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being in agriculture: what is the scope of indicator measurement? Agricultural Systems.

Caillon S., Isaac M., Vincent L., Sebastien L., Prudham S., MacDonald K., Doncieux A., Cobelli O., Renard D., Roy M., & Sterling E. (en cours de soumission). Well-being and ill-being emic values for organic winegrowers in France (Gaillac). Journal of rural studies

Sterling E.*, MacDonald K.*, Isaac M., Tian, Sebastien L., Prudham S., Doncieux A., Vincent L., Cobelli O., Renard D., Thomas Y., Roy M., & **Caillon S.** (en cours de soumission). Methods to extract well-being values for farmers: a review. Agriculture and Human Values.

Pérez D., **Caillon S.**, Szurek B., Vernière C*. & Duputié A*. (en cours de soumission). Circulation of cassava planting material and bacterial pathogen in small-scale farms of Colombian Caribbean. Agriculture and Human Values.

Journaux référencés (29)

1. Locqueville L., Labeyrie V., McKey D., Sanabria O.L. & **Caillon S.** (2022). Semi-domesticated crops have unique functional roles in agroecosystems: perennial beans (*Phaseolus dumosus* Macfad. and *P. coccineus* L.) and landscape ethnoecology in the Colombian Andes. Journal of Ethnoecology 42(2), 198-216.

2. Pérez D., Duputié A., Vernière C., Szurek B. & **Caillon S.** (2022). Biocultural drivers responsible for the occurrence of a cassava bacterial pathogen in small-scale farms of Colombian Caribbean. Frontiers in Ecology and Evolution, section Conservation and Restoration Ecology.

3. Betley E. C., Sigouin A., Pascua P., Cheng S. H., MacDonald K. I., Arengo F., Aumeeruddy-Thomas Y., **Caillon S.**, Isaac M. E., Jupiter S. D., Mawyer A., Mejia M., Moore A. C., Renard D., Sébastien L., Gazit N., & Sterling E. J. (2021). Assessing human well-being constructs with environmental and equity aspects: A review of the landscape. People and Nature, 00: 18. <https://doi.org/10.1002/pan3.10293>

4. Labeyrie V., Renard D., Aumeeruddy-Thomas Y., Benyei P., **Caillon S.**, Calvet-Mir L., Carrière S., Demongeot M., Descamps E., Braga Junqueira A., Li X., Locqueville J., Mattalia G., Miñarro S., Morel A., Porcuna-Ferrer A., Schlingmann A., Vieira de Cunha Ávila J., Reyes-García V. (2021). The role of crop diversity in climate change adaptation: insights from local observations to inform decision making in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.006>
5. Labeyrie V., Antona M., Baudry J., Bazile D., Bodin O., **Caillon S.**, Leclerc C., Le Page C., Louafi S., Mariel J., Massol F., Thomas M. (2021). Networking agrobiodiversity management to foster biodiversity-based agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 41(4), <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00662-z>.
6. Sterling E.J., Pascua P., Sigouin A., Gazit N., Mandle L., Aini J., Albert S., **Caillon S.**, Caselle J., Claudet J., Dacks R., Darling E., Filardi C., Jupiter S., Mawyer A., Mejia M., Morishige K., Nainoca W., Parks J., Tanguay J., Ticktin T., Vave R., Wase V., Wongbusarakum S., McCarter J. (2020). Creating a space for place and multi-dimensional well-being: lessons learned from localizing the SDGs. *Sustainability Science* 15: 1129-1147, <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00822-w>. We obtain the "honorable mention award", meaning we were one of the top three papers (of 107) in 2020.
7. Comptour M., Cosiaux A., Coomes O.T., Bader J.-C., Malaterre P.-O., Yoka J., **Caillon S.*** & McKey D.* (2019). Agricultural innovation and environmental change on the floodplains of the Congo River. *The Geographical Journal* 186(1), <https://doi.org/10.1111/geoj.12314>. *These two authors contributed equally to this study.
8. Dacks R., Ticktin T., Mawyer A., **Caillon S.**, Claudet J., Fabre P., Jupiter S., McCarter J., Mejia M., Pascua P., Sterling E., Wongbusarakum S. (2019). Developing biocultural indicators for resource management. *Conservation Science and Practice*, <https://doi.org/10.1111/csp2.38>.
9. Comptour M., **Caillon S.**, Rodrigues L. & McKey D. (2018). Wetland raised-field agriculture and its contribution to sustainability: ethnoecology of a present-day african system and questions about pre-columbian systems in the American Tropics. *Sustainability* 10(9): 3120, <https://doi.org/10.3390/su10093120>.
10. **Caillon S.**, Cullman G., Verschuuren B. & Sterling E. (2017). Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicator. *Ecology and Society* 22(4): art. 27, <https://doi.org/10.5751/ES-09746-220427>.
11. Sterling E. J., Filardi C., Newell J., Albert S., Alvira D., Bergamini N., Betley E., Blair M., Boseto D., Burrows K., Bynum N., **Caillon S.**, Caselle J.E., Claudet J., Cullman G., Dacks R., Eyzaguirre P. B., Gazit N., Gray S., Herrera J., Kenilorea P., Kinney K., Kurashima N., Macey S., Mauli S., McCarter J., McMillen H., Pascua P., Pikacha P., Porzecanski A.L., de Robert P., Salpeteur M., Sigouin A., Sirikolo M., Stege M.H., Stege K., Ticktin T., Toomey A., Vave R., Wali A., West P., Winter K.B. & Jupiter S. (2017). Biocultural approaches to well-being and sustainability indicators across scales. *Nature Ecology and Evolution* 1: 1798–1806, <http://doi:10.1038/s41559-017-0349-6>.
12. Sterling E., Ticktin T., Morgan K., Cullman G., Alvira D., Andrade P., Bergamini N., Betley E., Burrows K., **Caillon S.**, Claudet J., Dacks R., Eyzaguirre P., Filardi C., Gazit N., Giardina C., Jupiter S., Kinney K., McCarter J., Mejia M., Morishige K., Newell J., Noori L., Parks J., Pascua P., Ravikumar A., Tanguay J., Sigouin A., Stege T., Stege M., Wali A. (2017). Culturally grounded

indicators of resilience in social-ecological systems. Environment and Society: Advances in Research 8(1): 63–95, <http://doi:10.3167/ares.2017.080104>.

13. Comptour M., **Caillon S.** & McKey D. (2016). Pond fishing in the Congolese cuvette: a story of fishermen, animals and water spirits. Revue d'ethnoécologie 10(10).

14. Thomas M. & **Caillon S.** (2016). Effects of social status of farmers and biocultural value of plants on seed circulation networks in Vanuatu. Ecology and Society 21(2): art13.

15. Thomas M., Verzelen N., Barbillon P., Coomes O.T., **Caillon S.**, McKey D., Elias M., Garine E., Raimond C., Dounias E., Jarvis D., Wencélius J., Leclerc C., Labeyrie V., Cuong P.H., Hue N.T.N., Sthapit B., Rana R.B., Barnaud A., Violon C., Reyes L.M.A., Moreno L.L., De Santis P. & Massol F. (2015). Chapter Six - A network-based method to detect patterns of local crop biodiversity: validation at the species and infra-species levels. In: Guy, W., David, A.B. (Eds.), Advances in Ecological Research. Academic Press, 53: 259-320.

16. Coomes O., McGuire S., Garine E., **Caillon S.**, McKey D., Demeulenaere E., Jarvis D., Aistara G., Barnaud A., Clouvel P., Emperaire L., Louafi S., Martin P., Massol F., Pautasso M., Violon C. & Wencélius J. (2015). Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions. Food policy 56: 41-50.

17. Leopold M., Beckensteiner J., Kalatavara & **Caillon S.** (2013). Community-based management of coastal fisheries in Vanuatu: what works? Marine Policy 42: 167-176.

18. Pautasso M., Aistara G., Barnaud A., **Caillon S.**, Clouvel P., Coomes, Delêtre M., Demeulenaere E., De Santis P., Döring, Eloy L., Emperaire L., Garine E., Goldringer I., Jarvis D., Joly H.I., Leclerc C., Louafi S., Martin P., Massol F., McGuire S., McKey D., Padoch C., Soler C., Thomas M. & Tramontini S. (2013). Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. Agronomy for Sustainable Development, 33(1): 151-175.

19. **Caillon S.** & Coomes O.T. (2012). Agriculture traditionnelle et fleurs coupées: un mariage réussi en Amazonie. Journal des anthropologues, 128-129: 85-114.

20. **Caillon S.** (2011). Ethnobotanique du cocotier (*Cocos nucifera* L.) sur l'île de Vanua Lava (Vanuatu), Journal de la Société des Océanistes 133: 333-352.

21. Le Tourneau F.-M., **Caillon S.**, Eloy L., Greissing A., Kohlers F., Marchand G. & Nasuti S. (2008). "Géographie et anthropologie. Deux regards complémentaires pour l'étude des territoires des populations traditionnelles d'Amazonie brésilienne" EchoGéo 7 (Sur le Métier – Hommage à Claude Lévi-Strauss), <http://echogeo.revues.org/index9853.html>.

22. **Caillon S.** & Degeorges P. J. (2007). Biodiversity: negotiating the border between nature and culture. Biodiversity and Conservation, 16(10): 2919-2931.

23. **Caillon S.** (2007). Arbre d'antan, arbre « des Blancs ». Évolution de la valeur sociale des cocotiers et de leur espace à Vanua Lava (Vanuatu). Géographie et Culture « Médiante et Géographicité », 63: 87-104.

24. **Caillon S.**, Quero-García J., Lescure J.-P. & Lebot V. (2006). Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu. Genetic Resources and Crop Evolution 53(6): 1273-1289.

25. **Caillon S.** & Lanouguère-Bruneau V. (2005). Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. Journal de la Société des Océanistes, 120-121(1): 129-148.

26. **Caillon S.** & Degeorges P. (2005). Biodiversités, quand les frontières entre culture et nature s'effacent.... Écologie & Politique, 30: 85-95.
27. **Caillon S.** (2005). Les taros du Vanuatu: Que conserver et comment? Nature Sciences et Sociétés, 13(3): 306-310.
28. **Caillon S.**, Quero-García J. & Guarino L. (2004). Taros in Vanuatu: toward a dynamic conservation strategy. Low External Input and Sustainable Agriculture, 20(1): 18-20.
29. Labouisse J.-P. & **Caillon S.** (2001). Une approche de la conservation *in situ* par l'étude d'un système semencier informel : cas du cocotier au Vanuatu (Pacifique Sud). Oléagineux Corps gras Lipides, 8(5): 534-539.

Chapitres de livre (12)

1. Roy M. & **Caillon S.** (2021). Rendre visible le sensible par un engagement artistique et scientifique. Portrait de la flore des vignes dans le cadre d'une co-construction lente avec les vigneron.nes de Gaillac. In Foyer J., Chone A. & Boisvert V. (eds.), Scientificité et Spiritualité dans les agricultures alternatives. Presses Universitaires Grenoble Alpes, Grenoble.
2. Labeyrie V., **Caillon S.**, Salpeteur M. & Thomas M. (2019). Network analysis: linking social and ecological dynamics. In Waldeck R. (ed.), Methods and interdisciplinarity, Iste Ltd. & Wiley, Londres : 69-97.
3. Labeyrie V., **Caillon S.**, Salpeteur M. & Thomas M. (2019). Études des interactions entre les sociétés et l'environnement : l'analyse des réseaux comme méthode pour faire le lien entre sciences biologiques et sociales. In Waldeck R. (ed.), Méthodes et interdisciplinarité, Iste Ltd. & Wiley, Londres : 73-94.
4. **Caillon S.**, Eloy L. & Le Tourneau F.-M. (2017). Chapitre IV. Élevage et espace agricole. In Le Tourneau F.-M. (ed.), Amazonie brésilienne. Usages et représentations du territoire. Éditions de l'IHEAL, coll. « Travaux et mémoires », Paris : 133-159.
5. **Caillon S.** & Muller S. (2015). Géographie et savoirs locaux : pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité au Vanuatu. In Mathevet R. & Godet L. (eds.) Pour une géographie de la conservation. Biodiversités, natures et sociétés. L'Harmattan, Paris. 400p : 209-227.
6. **Caillon S.** & Muller S. (2015). Exemple 5.2 Diversité bioculturelle des systèmes horticoles au Vanuatu. In Ronce O. & Pelegrin F. (eds.), Réponses et adaptations aux changements globaux : quels enjeux pour la recherche sur la biodiversité ? Prospective de recherche. Série FRB, Réflexions stratégiques et prospectives, Paris : 38-39.
7. **Caillon S.** & Claudet J. (2015). Quand la nature nous rend service. In Forget P.M., Hossaert-McKey M. & Poncy O. (eds.), L'Ecologie Tropicale, CNRS - Cherche-Midi: 144-163.
8. Eloy L., Le Tourneau F.-M., Nasuti S., **Caillon S.**, Kohler F., Marchand G., & Greissing A. (2013). Collectif ou individuel ? Territoire & patrimoine chez les *quilombolas* d'Amazonie orientale. In Juhé-Beaulaton D., Cormier-Salem M.-C., de Robert P. & Roussel B. (eds.), Effervescence patrimoniale au Sud. Entre nature & société. Éditions de l'IRD, coll. Latitudes 23, Marseille: 199-225.
9. Garine E., Luxereau A., Wencelius J., Violon C., Robert T., Barnaud A., **Caillon S.**, & Raimond C. (2013). De qui les variétés traditionnelles de plantes cultivées pourraient-elles être le

patrimoine ? Réflexions depuis le bassin du Lac Tchad. In Juhé-Beaulaton D., Cormier-Salem M.-C., de Robert P. & Roussel B. (eds.), Effervescence patrimoniale au Sud. Entre nature et société. Éditions de l'IRD, coll. Latitudes 23, Marseille: 379-410.

10. **Caillon S.** (2012). Produce to exchange. The taro water-gardens on Vanua Lava (Vanuatu), a social and sustainable place. In Spriggs M., Addisson D. & Matthews P.-J. (eds.) Irrigated taro (*Colocasia esculenta*) in the Indo-Pacific. Biological, social and historical perspectives. Senri Ethnological Series 78, National Museum of Ethnology, Osaka, Japon: 189-208.

11. **Caillon S.** Participation (2 photos and their legend) to the book *Hommes et natures, People and natures* (2012), edited by Motte-Florac E., Aumeeruddy-Thomas Y., Dounias E., Seres humanos y naturalezas. IRD, Marseille, 175 p.

12. Kohler F., Eloy L., Le Tourneau F.-M., Couly C., Nasuti S., Serges D., **Caillon S.**, Marchand & G. Greissing A. (2011). Globalization in the Amazon Region: conflicting answers from « Quilombo » communities. In P. Pachura (ed.) New Knowledge in a New Era of Globalization, Rijeka, Croatia, Intech Open Access, chap. 14, pp. 269-284.

Littérature 'grand public' (5)

1. **Caillon S.** & Claudet J. (2015). Quand la nature nous rend service in Forget P.M., Hossaert-McKey M. & Poncy O. (eds.) L'Écologie Tropicale, CNRS - Cherche-Midi: 144-163

2. **Caillon, S.** 2015. Exemple 5.2 Diversité bioculturelle des systèmes horticoles au Vanuatu. In Ronce O. & Pelegrin F., Réponses et adaptations aux changements globaux : quels enjeux pour la recherche sur la biodiversité ? Prospective de recherche. Série FRB, Réflexions stratégiques et prospectives, Paris : 38-39.

3. **Caillon S.** (2004). Kokonas mo taros blong Vanuatu: nem mo storian. IRD, Orléans, 70p.

4. **Caillon S.** & Malau E.F. (2002). Coconuts and taro from the West Coast of Vanua Lava (Vanuatu): an ethno-agronomic inventory. IRD, Orléans, 30p.

5. **Caillon S.** & Malau E.F. (2002). Kokonas mo taros blong weskos Vanua Lava : wan katalog. IRD, Orléans, 49p.

Mémoires (3)

1. **Caillon S.** (2005). Pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité: gestion locale de la diversité variétale d'un arbre « des Blancs » (cocotier, *Cocos nucifera* L.) et d'une plante « des ancêtres » (taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott) au Vanuatu. PhD of Geography–Management–Environment. Orléans, Université d'Orléans, Orléans: 419p. (+272p. annex).

2. **Caillon S.** (2000). Stratégies d'échange et diversité variétale du manioc: leurs interactions chez trois ethnies équatoriennes. DEA Environment, Time, Space and Societies, Université d'Orléans, Orléans: 119p.

3. **Caillon S.** (1999). Agriculture traditionnelle et fleurs ornementales un mariage réussi en Amazonie. Engineer school in Agronomy, ENSAT, Toulouse: 56p.

Participation à des contrats de recherche

Pour résumer, 27 projets et programmes de recherche financés dont 13 portés, co-portés ou dans lesquels je suis responsable d'un « work package » (Tableau 1).

| 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|------|------|-----------|--------------|------|------|------|--------|------|------|-------|------|------|-------------|------|------------|------|--------------|------|------|---------------|------|
| TANZ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | MAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PLANTADIV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | MIGRAVAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | USART | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | GDR MOSAIQUE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | ECOPAS | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | MIRES | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | MoMIS | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | PAIX | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | CONGO | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | CNIC | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | SNAPP | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | CAN | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | GDR ReSoDiv | | | | | | | GDR ReSoDiv2? | |
| | | | | | | | | | | | | | ASSET | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | BIEN | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | B3E | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | M2 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | SeedAttach | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | ET | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | HOTPALM | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Armeco | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | FALAH | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Plant Health | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | PeopleC2E | | | | |

Tableau 1 Calendrier des projets financés dans lesquels je m'inscris. En encadré, les projets portés, co-portés ou dans lesquels je suis responsable d'un axe.

Animation de programmes et projets (13)

2022-2026 *Methodological approaches to the dynamics of agrobiodiversity: field work, networks, models* (GDR ReSoDiv2)

Responsables : Jérôme Sueur (Écologue, IPHC) et Sophie Caillon.

Financement (20000 €) : Institut Écologie et Environnement (INEE) du CNRS.

Je compte reprendre la direction scientifique du GDR ReSoDiv en collaboration avec Jérôme Sueur qui assurera la partie administrative. Par rapport à la première version, nous voulons ouvrir ce GDR à l'analyse des réseaux de circulation de connaissances ou tout autre objet immatériel.

2022-2024 *Indigenous Peoples and Local Communities Contributions to Ecosystems* (PeopleC2Eco)

Responsables : Irène Teixidor (ethnécologue, UMR CEFE) et Sophie Caillon

Financement (212 000 €) : Marie-Curie HORIZON-MSCA-2021-PF-01.

Ce projet a deux objectifs de recherche : (1) identifier les moteurs de la diversité transculturelle des services écosystémiques, et (2) examiner leur efficacité en tant que tampon contre le changement d'utilisation des terres. La postdoctorante développera pour cela une approche transdisciplinaire en collaborant avec un groupe d'experts IPLC sur des données sociales et écologiques, et en les analysant à l'aide d'outils de modélisation écologique, de manière innovante.

2022 *École thématique Ethnoécologie et interactions bioculturelles* (ET)

Responsables : Guillaume Odonne (ethnécologue, USR LEEISA) en collaboration avec Sophie Caillon et Yildiz Aumeeruddy-Thomas

Financement (5000 €) : CNRS INEE et INSHS.

Depuis plusieurs années, les mondes de la conservation et du développement ont intégré les savoirs locaux dans leurs programmes, mais peine à mobiliser l'ethnoécologie, cette discipline qui pourtant a le bagage conceptuel et méthodologique pour traiter ces questions théoriques et appliquées. Si l'ethnoécologie souffre en Europe d'un déficit d'attention de la part du monde académique et appliqué, cette discipline est mieux représentée en Amériques du Nord et Latine. Il est de fait étonnant que ce champ hautement interdisciplinaire, accompagné de questions de sociétés résolument modernes, ne soit pas plus investi par les chercheurs européens. L'espace de discussion reste encore à ouvrir pour fédérer les étudiants, enseignants-chercheurs et chercheurs qui se croisent parfois dans des réseaux peu visibles et dans des lieux dispersés.

2021-2025 *Family farming, lifestyle and health in the Pacific* (FALAH)

Responsable: Jean-Marie Fotsing (géographe, Université de Calédonie).

Sophie Caillon est responsable de la "task": "Agricultural production in the environment and exchanges" et du groupe CNRS dans le projet.

Financement (1000000 €) : Projet Research and Innovation Staff Exchange (RISE) Call: H2020-MSCA-RISE-2019 de RISE de l'Union européenne.

FALAH est un projet multidisciplinaire axé principalement sur l'agriculture et l'alimentation familiales dans les îles du Pacifique. Le projet implique une quinzaine d'équipes

multidisciplinaires au sein de réseaux locaux, régionaux et internationaux : Europe, Vanuatu, Fidji, Salomon, Nouvelle-Calédonie et Australie. L'objectif principal est de construire un réseau d'équipes de recherche opérant dans les îles du Pacifique qui ont un intérêt commun pour la sécurité alimentaire et sa relation directe ou indirecte avec l'environnement, le mode de vie et la santé. L'objectif final est de promouvoir et de revitaliser l'agriculture familiale pour améliorer la santé des populations du Pacifique et assurer la sécurité alimentaire dans le contexte des transformations sociales et économiques rapides et du changement climatique, dont les effets sont particulièrement néfastes pour les îles du Pacifique.

2020 *Co-construction d'indicateurs de qualité de vie dans le monde agricole : pour une qualité de vi(gn)e* (M2)

Responsable : Sophie Caillon

Financement (3600 €) : Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité

Ce financement est destiné à un stage de Master2 dont l'objectif est de faire émerger, par une démarche participative, des indicateurs de qualité de vie propre au monde viticole, intelligibles à la fois par les chercheurs, les agriculteurs et les décideurs politiques. La proposition d'indicateurs de qualité de vie spécifiques au monde viticole a comme buts (1) de saisir les enjeux majeurs du monde viticole ; (2) d'appréhender l'importance des liens sociaux et des relations au territoire dans la vie des viticulteurs ; (3) de faire des recommandations en matière de politique agricole.

2020 *Pour un ensauvagement des espaces agricoles : une gestion écologique des espèces férales dans les Andes colombiennes* (B3E)

Responsable: Sophie Caillon

Financement (8000 €) : Projet « Soutien à la recherche » de l'Université de Montpellier (B3E).

Ce projet a pour objectif d'explorer des politiques et des actions susceptibles de promouvoir des systèmes alimentaires robustes face à un climat instable selon des pratiques écologiquement viables (i.e. limitant les intrants et les perturbations des espaces naturels). Nous proposons de nous appuyer sur les savoirs locaux des agriculteurs andins de Colombie pour mieux comprendre l'ethnoécologie (i.e. écologie, usages, pratiques, classifications, représentations) des espèces férales (haricot « cache » (*Phaseolus dumosus* Macfad.), chayotte (*Sechium edule* Sw.), courge Siam (*Cucurbita ficifolia* Bouché) et d'autres plantes) qui vivent dans des espaces périphériques (haies, recrûs forestiers et bord de routes). Cette description ethnoécologique nous permettra de questionner le concept de « domestication » en tant que gradient non orienté sachant que les agriculteurs ne cherchent pas toujours à améliorer les caractères « d'acquisition des ressources » au détriment des caractères de « conservation des ressources ». Pour ce faire, il nous faudra comprendre la manière dont les agriculteurs perçoivent la porosité entre les compartiments sauvage et cultivé. Nous mènerons des enquêtes semi-directives sur le temps long auprès de deux communautés andines qui ont déjà formulé leur enthousiasme pour ce sujet.

2019-2021 *Well-being indicators: Using a biocultural approach for co-construction* (BIEN)

Responsable : Sophie Caillon et Ken MacDonald (Géographe, Université de Toronto).

Financement (about 21000 €): Institut Écologie et Environnement (INEE) du CNRS.

En utilisant une approche bioculturelle pour co-construire des indicateurs (c'est-à-dire en valorisant les indicateurs co-construits avec des personnes engagées sur le terrain et en mesurant les interactions entre la nature et la culture), nous éluciderons les relations entre les connaissances, les pratiques et les paysages (c'est-à-dire les liens sociaux et l'attachement au lieu) et plus généralement entre les humains et les non-humains. L'objectif de ce projet PICS est de développer, selon une approche bioculturelle, des indicateurs de bien-être intelligibles pour les chercheurs, les agriculteurs et les décideurs politiques. Notre projet collaboratif vise à synthétiser diverses sources de connaissances et à encourager les échanges culturels et géographiques (1) entre les chercheurs des États-Unis (American Museum of Natural History), du Canada (Université de Toronto) et de France (CNRS, Université Paul Sabatier et Université Jean Jaurès), (2) entre les scientifiques en écologie et ceux des sciences humaines et sociales, et (3) entre les scientifiques, les agriculteurs et les décideurs politiques.

2018 *Support for international mobility as an invited professor at McGill University, Montreal, Canada (CAN)*

Responsable : Sophie Caillon.

Financement (6000 €): Institut des Sciences Humaines et Sociales (INSHS) du CNRS.

Cette bourse a permis à Sophie Caillon de s'installer pour six mois en tant que professeure invitée à l'Université McGill de Montréal (Canada). À Montréal, mais aussi dans les environs (New York et Toronto), elle a pu consolider d'anciennes collaborations (Oliver Coomes, professeur de géographie à l'Université McGill, Eleanor Sterling, écologiste à l'AMNH) et développer de nouvelles collaborations aujourd'hui formalisées par l'obtention d'un PICS du CNRS (Scott Prudham et Ken MacDonald, professeurs de géographie à l'Université de Toronto). Profitant de sa nouvelle situation géographique, elle a été invitée à donner des conférences à Toronto et à Hawaii.

2015-2017 *PAthogen-Informed sustainable resistance of cassava against Xanthomonas (PAIX).*

Responsable : Boris Szurek (généticien, IRD).

Responsable *work package* « circulation semences » : Sophie Caillon

Financement (140000 €) : Agropolis Fondation

Dans le monde entier, une bactériose vasculaire engendrée par une bactérie du genre *Xanthomonas* (Xam) est responsable de la forte mortalité des manioc. La diffusion de la maladie sur de grandes distances est principalement causée par l'échange de boutures et d'outils agricoles entre agriculteurs. Dans le *work package* dont je suis responsable, nous entreprenons d'identifier les pratiques agricoles (diversité spécifique et variétale, organisation des cultures dans le temps et l'espace, jachères, contexte socio-économique) en lien avec la bactériose. De plus, nous questionnons les impacts des réseaux de circulation des boutures de manioc sur la diffusion de la maladie (sur le plan épidémiologique et génétique) et des variétés de manioc (en nous appuyant sur les noms et la génétique). L'organisation de ce *work package* m'a permis de me rapprocher de mes collègues en génétique des plantes, Anne Duputié (MCF Université de Lille) et de m'ouvrir à un nouveau champ de recherche, l'épidémiologie et la génétique des bactéries avec Christian Vernière (CIRAD) et Boris Szurek (IRD).

2015-2017 *Dynamique des activités agricoles et de pêche dans la région de Mossaka, Cuvette congolaise (CONGO)*

Responsables : Doyle McKey (Université de Montpellier), Sophie Caillon et Eric Garine (Université Paris-Ouest)

Financement (12000 €) : GDR MOSAIQUE (CNRS) et Institut Universitaire de France (IUF)

Ce projet permet de financer notre étudiante en thèse (Marion Comptour) durant huit semaines au Congo, et une étudiante stagiaire en Master de géographie (Ariane Cosiaux). Elles ont pour objectifs d'étude : (i) la dynamique des socioécosystèmes (ii) l'alliance optimale entre techniques agricoles et techniques de pêche, et (iii) la résilience et le changement climatique.

2012-2020 *Méthodes Interdisciplinaires pour les Réseaux d'Echange de Semences (MIRES).*

Responsable : François Massol (Modélisateur, CNRS), Sophie Caillon et Pierre Barbillon (Statisticien, AgroParisTech)

Financement (16000 €) : Appel à réseaux RNSC (Réseaux Nationaux des Systèmes Complexes, puis département MIA de l'INRA.

Pour envisager une gestion durable des agroécosystèmes et plus précisément de l'agrobiodiversité, le réseau MIRÉS s'intéresse aux flux de semences entre agriculteurs, principale source de diversité génétique des agroécosystèmes. Seul un travail interdisciplinaire de terrain couplé à un travail d'analyse et de modélisation multiniveaux peut aider à mieux comprendre les dynamiques sociales inhérentes aux flux de semences et leurs impacts sur l'agrobiodiversité. Le projet porté par le réseau MIRÉS vise à développer des modèles et des méthodes d'analyse tenant compte des spécificités évoquées. L'objectif du réseau MIRÉS est de rassembler des experts de ces différentes disciplines pour établir des ponts méthodologiques nécessaires à une analyse multiniveaux des réseaux d'échange de semences.

Avec mes collègues, nous organisons et animons deux réunions par an en invitant chercheurs en sciences humaines et sociales (ethnologues, anthropologues, géographes), écologues et mathématiciens. Nous décryptons l'actualité scientifique dans le domaine de l'analyse des réseaux sociaux et nous adaptons des méthodes innovantes d'analyse de données pour répondre à des questions issues des terrains des chercheurs en SHS.

2009-2010 *Impacts environnementaux et sociaux de migrants sur une île du Pacifique Sud (MIGRAVAN)*

Responsable (25000 €) : Sophie Caillon en collaboration avec Patrick Heuret (Botaniste, INRA) et Hervé Bohbot (Géographe, CNRS).

Financement : conseil scientifique de l'Université Montpellier2.

Au Vanuatu, les migrants d'une petite île surpeuplée (26 km², 1146 habitants), Mota Lava, ont commencé à migrer en grand nombre depuis les années 1980 vers la côte est inhabitée d'une grande île (332 km², 1933 habitants), Vanua Lava. En investissant un territoire « vierge », les migrants perturbent un écosystème sur une zone donnée, mais ils introduisent également des objets immatériels ou matériels, naturels ou manufacturés. Les plantes transportées ont été choisies non seulement pour garantir une installation confortable (alimentation, médecine, construction, etc.), mais aussi pour conserver la mémoire de la terre d'origine et des ancêtres. Quels sont les impacts environnementaux et sociaux engendrés par une migration humaine ?

Pour répondre à cette question, nous 1. identifions la nature – et les interactions avec les plantes autochtones – des espèces végétales transportées (ressources agricoles ou forestières) lors de la migration, et 2. analysons le traitement (utilisation, perception, représentation) de l'espace investi.

2001-2005 *Gestion locale et conservation in situ du cocotier et du taro au Vanuatu (Vanua Lava)*

Directeur de thèse : Dr. J.-P. Lescure (Ethnoécologue, IRD).

Financement (120000 €) : bourse de la région Centre (salaire), financements IRD et CIRAD (terrain).

La diversité variétale du cocotier et du taro identifiée dans un village isolé au Vanuatu, à l'aide d'outils empruntés à l'agronomie, l'anthropologie, la génétique et la géographie, suggère que sa valorisation, aussi bien du point de vue des représentations locales que des sciences, dépend des formes de socialisation des plantes façonnées par leur biologie et leur histoire, comme des finalités recherchées : protéger une diversité culturelle, une variabilité phénotypique, un potentiel d'évolution ou la mémoire d'un lieu par les liens aux ancêtres.

Les exemples opposés du taro (objet socialement valorisé, cultivé dans un espace hérité des ancêtres, et marqué par une importante diversité culturelle et une base génétique étroite) et du cocotier (objet socialement valorisé, planté dans un espace hérité « des Blancs », et génétiquement riche malgré peu de catégories nommées), montrent que les mêmes agriculteurs constituent une société qui valorise ses savoirs naturalistes locaux au travers de la gestion des taros, tout en s'investissant dans une économie de marché en intensifiant la culture du cocotier. Cette thèse montre que l'intégration des diversités biologique et culturelle au sein du concept de biodiversité peut amener à des contradictions si les savoirs, réduits au rang de recettes, sont abstraits de leur cadre cognitif et socioculturel. En interrogeant la faisabilité de politiques de conservation in situ et de sélection participatives, elle souligne qu'une approche interdisciplinaire s'impose pour optimiser l'efficacité et la conciliation des programmes de conservation et de développement auprès des populations désormais confrontées à des processus de globalisation.

Participation à des programmes et projets (14)

2022-2025 *Health of plants in their socio-ecological ecosystem* (Plant Health)

Responsables : Catherine Abadie, Leïla Bagny-Beilhe, Elisabeth Fournier & Gilles Béna

Financement (290000 €) : Agropolis Fondation

En recréant le lien entre chercheurs et agriculteurs, nous espérons développer dans ce projet de nouveaux indicateurs de santé des plantes, mais aussi mieux comprendre la diversité des pratiques agricoles en fonction des conditions sanitaires des parcelles cultivées. En se basant sur la perception qu'ont les agriculteurs de l'état sanitaire de leurs parcelles, nous souhaitons comprendre comment les composantes biotiques et abiotiques du sol peuvent jouer un rôle dans le maintien d'une bonne santé des plantes. Personnellement, je ne m'investirai pas sur le terrain, mais seulement sur un plan théorique et méthodologique afin d'aider à (1) une redéfinition transversale de la santé dans les plantes, (2) à un inventaire des indicateurs existants en prenant en compte le lien avec les indicateurs de la santé des sols, et (3) une

analyse de la perception sans *a priori* de la notion d'attachement à la plante et au sol. En confrontant les connaissances des scientifiques et des agriculteurs sur la santé des plantes, l'objectif final de ce projet est de développer de nouveaux paradigmes dans la gestion et la mise en œuvre de projets originaux et intégratifs pour améliorer la santé des plantes.

2021-2025 *Arnica montana, création d'une variété adaptée aux conditions de culture suisses* (Armeco)

Responsable : Xavier Simonnet (Agronome, Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche DEFR)

Financement (100000 €) : Ministère de l'agriculture suisse (OFAG), Agroscope

Face à la raréfaction de la ressource, la culture d'*Arnica montana* représente une opportunité de diversification pour l'agriculture suisse et un mode de production plus durable pour cette plante aux nombreuses propriétés thérapeutiques. Le développement de la filière suisse ne peut se faire qu'avec la mise en disposition de cultivars performants et adaptés à des besoins émergents pour susciter l'intérêt des producteurs et acheteurs. Ce projet a pour but de créer une variété d'*Arnica montana* à partir d'une large collection d'accessions issues principalement de l'Arc alpin qui pourraient s'adapter aux sols agricoles suisses (i.e. PH élevés).

2021-2025 *Heat-mediated pollination and the sustainable management of an endangered Andean palm* (HOTPALM)

Responsable: Olivier Dangles (Écologie, UMR CEFE)

Financement (500000 €) : ANR

Une étude récente sur les services de pollinisation dans les socioécosystèmes a révélé quatre défis majeurs pour les scientifiques : 1) les bénéfices estimés de la pollinisation sont hétérogènes, car la plupart des systèmes de pollinisation ne sont pas entièrement compris de manière intégrative (c'est-à-dire des interactions plantes-insectes à l'évaluation en termes économiques) ; 2) la littérature actuelle se concentre fortement sur le monde développé, négligeant les services de pollinisation dans les pays en développement ; 3) les connaissances actuelles sur la réponse des services de pollinisation aux facteurs de stress anthropiques combinés doivent être approfondies, et 4) peu d'études sont adaptées pour informer une gestion et une politique résilientes. Grâce à une approche transdisciplinaire couvrant les domaines de l'entomologie, la botanique, l'écologie physique et chimique, la génétique des populations, l'ethnologie, la bioéconomie et la gestion participative des ressources, notre projet propose de répondre à ces questions en étudiant le palmier d'ivoire (*Phytelephas aequatorialis*), un palmier thermogène endémique économiquement important pour les moyens de subsistance locaux dans les Andes tropicales.

2020-2024 *Community seed banks for social justice and conservation of biodiversity? Networks of actors and dynamics of seed attachment* (SeedAttach)

Responsables : Frédérique Jankowski (Anthropologue, Green-Sens/CIRAD) et Adeline Barnaud (Généticienne, DIADE/IRD)

Financement (240000 €) : Agropolis Fondation

L'objectif général du projet SeedAttach est d'étudier les conditions dans lesquelles la justice sociale et la conservation de l'agrobiodiversité sont réalisables et compatibles dans le contexte des banques de semences communautaires. L'accroissement de nos connaissances sur la caractérisation et les effets de l'introduction de nouvelles normes pour la conservation de l'agrobiodiversité (comme c'est le cas des CSB) nous permettra d'identifier les modalités de gouvernance considérées comme justes et durables par les communautés. En effet, au-delà de la production de connaissances et de méthodologies, l'objectif du projet SeedAttach est également de fournir des apports et de partager des connaissances avec les différents acteurs impliqués dans la mise en œuvre des mécanismes qui soutiennent l'utilisation durable de la biodiversité dans divers socioécosystèmes. Je m'implique préférentiellement dans le WP2 Caractérisation des dynamiques sociocognitives et émotionnelles.

2018-2022 *Methodological approaches to the dynamics of agrobiodiversity: field work, networks, models* (GDR ReSoDiv)

Responsable : Christine Raimond (Géographe, UMR Prodig).

Financement (20000 €) : Institut Écologie et Environnement (INEE) du CNRS.

La mission du groupe est de fédérer une communauté interdisciplinaire intégrant les sciences humaines et sociales, les mathématiques et les sciences de la vie autour d'un thème transversal : l'étude des réseaux de circulation des objets biologiques (plantes et animaux), ainsi que des connaissances et des savoir-faire qui leur sont associés. Cette approche originale repose sur la collaboration régulière depuis 2012 d'un groupe de chercheurs qui se réunit deux à trois fois par an, valorisant les activités de recherche (définition des sujets de Master et de Doctorat, publications) et favorisant le regroupement de plusieurs programmes (ANR PRC, ANR JCJC, groupe de travail CESAB, PEPS, Agropolis Fondation). Les objectifs de cette structure GDR sont (1) d'élargir le groupe de travail aux chercheurs intéressés par les interactions entre les pratiques de circulation et la diversité des ressources génétiques domestiquées (plantes, animaux), afin de développer une approche comparative permettant de révéler les propriétés génériques des systèmes étudiés ; (2) de valoriser une recherche interdisciplinaire sur l'évolution de l'agrobiodiversité basée sur l'analyse croisée et multiscalaire (du gène aux cortèges d'espèces, et de l'individu à la région) des dynamiques de l'agrobiodiversité, des réseaux sociaux et des espaces de circulation des plantes et des animaux ; (3) et de formaliser collectivement les avancées méthodologiques et analytiques développées dans le cadre de l'analyse des réseaux sociaux.

2018-2023 *Agrobiodiversity for a food-Secure PlanET* (ASSET)

Responsable : Delphine Renard (écologue, UMR CEFE).

Financement (1000000 €) : Agence nationale de la recherche (ANR) à travers le programme Make Our Planet Great Again (MOPGA).

Le changement climatique menace la sécurité alimentaire à la fois par la hausse des températures à long terme et par la fréquence croissante des températures et des précipitations extrêmes. Le projet ASSET examinera une stratégie largement négligée qui est basée sur l'agrobiodiversité, c'est-à-dire la biodiversité domestiquée et sauvage contenue dans les agroécosystèmes. Des études soulignent que l'agrobiodiversité pourrait améliorer de nombreux aspects de la sécurité alimentaire (par exemple, la suppression des parasites, la

nutrition, la santé et la durabilité). Nous postulons qu'un autre avantage clé de l'accroissement de l'agrobiodiversité est la réduction des risques de mauvaises récoltes liées au climat grâce à un « effet d'assurance » : dans un système diversifié, une récolte peut échouer, mais des échecs multiples sont moins probables. Le projet ASSET identifiera, pour des régions spécifiques, (1) l'échelle spatiale à laquelle l'agrobiodiversité peut contribuer à la stabilisation des rendements par différents mécanismes et (2) l'identité des ensembles, ou « paniers » de cultures qui peuvent atteindre des niveaux élevés de résilience à la variabilité climatique. Ce projet engagera fortement les agriculteurs dans des études de cas locales pour (3) comprendre comment ils utilisent actuellement l'agrobiodiversité pour faire face à des précipitations de plus en plus variables et en diminution. Notre travail se concentrera sur l'Europe, les pays méditerranéens et l'Afrique subsaharienne, toutes des régions soumises à un stress hydrique et thermique croissant.

2016-2018 *Assessing Biocultural Indicators of Community Resilience* (NCEAS-SNAPP)

Responsables : Tamara Ticktin (Ethnobiologiste, University of Hawaii), Stacy D. Jupiter (Biologiste marin, Wildlife Conservation Society), Manuel Mejia (Biologiste marin, The Nature Conservancy), et Eleanor Sterling (Ecologue, American Museum of Natural History, NYC).

Financement (60000 €) : U.S.-based National Center for Ecological Analysis and Synthesis (NCEAS) - Science for Nature and People Partnership (SNAPP)

Les rétroactions bioculturelles jouent un rôle fondamental pour améliorer les capacités d'adaptation des humains et non-humains. Pour mieux les comprendre, il faut : 1) développer des méthodes cohérentes pour identifier et mesurer ces rétroactions, et 2) développer des modèles appropriés pour mettre en évidence comment leurs avantages sont impactés par des pressions environnementales et sociales. À travers une synthèse bibliographique et comparative entre des jeux de données issues de projets en cours, nous questionnerons : (i) Quelles sont les propriétés des bons indicateurs bioculturels et comment le mesure-t-on ?; et (ii) Comment peut-on passer d'une échelle locale à globale, et inversement, en prenant en compte la diversité culturelle des communautés vivant dans le Pacifique Sud ?

2015-2017 *US-Pacific Islands planning visits: Conceiving biocultural resilience with Pacific island communities: bridging disciplines, language, and culture* (NSF-CNIC).

Responsables : Eleanor Sterling, Christopher Filardi (Ecologues, American Museum of Natural History, NYC) and Jennifer Newell (Anthropologue, American Museum of Natural History, NYC).

Financement (45000 €) : National Science Foundatio (NSF) - Catalyzing New International Collaborations (CNIC)

Ce projet permet d'unir des groupes de recherche et des communautés locales disparates afin de mieux comprendre et gérer la résilience des systèmes insulaires du Pacifique Sud face à des perturbations à grande échelle comme le changement climatique ou les pressions du marché. Les objectifs sont (1) d'améliorer l'intégration des diverses sources de connaissances dans le Pacifique ; (2) de développer des indicateurs bioculturels de la résilience qui seront tant rigoureux sur le plan académique que faciles à implémenter par les communautés locales ; (3) de produire une proposition de recherche à NSF SEES Water Sustainability and

Climate ; et (4) à contribuer à la construction d'un réseau d'individus et d'institutions sur la résilience bioculturelle dans le Pacifique.

2015-2016 *Modélisation et Analyse des Dynamiques dans les Réseaux d'Échanges de Semences (MADRES)*

Responsable : Samuel Martin (Informaticien, Université de Lorraine)

Financement (20000 €) : Projet PEPS MoMIS (CNRS)

La biodiversité cultivée est largement impactée par les réseaux d'échanges de semences. Le présent projet vise à la fois à mieux saisir la formation de ces réseaux d'échanges de semences et à comprendre leurs conséquences sur l'évolution de l'agrobiodiversité. Le consortium interdisciplinaire regroupant des chercheurs en SHS et des experts en statistiques et modélisation des systèmes dynamiques en réseaux travaillera selon deux axes complémentaires : (i) la formulation de modèles génératifs de graphes pour représenter les flux de semences ; (ii) le développement de systèmes dynamiques en réseau pour modéliser l'évolution des choix de semences par les agriculteurs. Des simulations numériques et une analyse théorique permettront une compréhension prédictive des modèles.

2012-2015 *European Consortium for Pacific Studies (ECOPAS).*

Responsable : Professor Edvard Hviding (Anthropologue, Université de Bergen) et pour notre atelier Laurent Dousset (Anthropologue, EHESS)

Financement (1500000 €) : Projet européen Coordination and support action FP7-SSH-2012-2.

Afin de stimuler une recherche européenne sur les îles du Pacifique, l'Unité de la DG Développement responsable des relations entre l'UE et le Pacifique souhaite faciliter la mise en réseau des acteurs et organismes européens, dont l'Océanie et/ou les thématiques relevant du changement climatique. Notre objectif est de créer une plate-forme facilement accessible en ligne regroupant les informations sur les ressources (publications, media...), les chercheurs et leurs compétences, les associations et autres groupes de travail. Cette plate-forme est destinée aux chercheurs, mais aussi à tous les acteurs locaux qui travaillent dans le Pacifique Sud.

2010-2017 *Groupement de Recherche « Agroécosystèmes, Agrobiodiversités et Environnement, Domestication et Innovations » (MOSAÏQUE 3353)*

Responsable : Yildiz Aumeeruddy-Thomas (Ethnobiologiste, CNRS).

Financement (150000 €) : Institut Écologie et Environnement (INEE)

Le GDR MOSAÏQUE contribue à une meilleure compréhension des relations sociétés-environnement selon une perspective diachronique au moyen d'une démarche comparative entre des terrains interdisciplinaires variés. Comment les sociétés pensent-elles et ordonnent-elles le vivant, comment façonnent-elles la diversité et établissent-elles des relations signifiantes entre les différentes formes de diversité (écosystèmes, habitats, espèces, variétés) ? Nous distinguons et confrontons deux temps : (1) celui qui a conduit à la mise en place des agroécosystèmes dits « traditionnels » actuels qui découlent d'une évolution sur le temps long des interactions entre les sociétés et les écosystèmes naturels ; (2) le temps

présent où nous assistons à des transformations rapides et profondes des agroécosystèmes traditionnels.

2010-2014 *Des Anciens aux Modernes ? Transmission des usages, des savoirs et des représentations du territoire en Amazonie brésilienne (USART)*

Responsable de projet : François-Michel Le Tourneau (Géographe, CNRS).

Financement (200000 €) : Agence nationale de la recherche (ANR) programme « Jeunes Chercheurs »

Devant l'avancée de la déforestation, le maintien des populations locales amazoniennes au Brésil dans leurs espaces de vie est apparu comme une solution séduisante et a été théorisée par le mouvement « socio-environnementaliste ». Dans un contexte de changements locaux et globaux, quelles sont les propriétés et fonctions essentielles des savoirs associés aux plantes et au territoire qui sont préservées et quelles sont les pratiques/représentations qui traduisent une rupture dans les modes d'articulation à l'espace ? Notre projet se propose d'étudier comment ces savoirs, qui font en grande partie l'originalité de ces sociétés traditionnelles, se transmettent et se transforment entre les générations les plus anciennes et les jeunes générations actuelles.

2008-2012 *Évolution de la diversité des ressources génétiques domestiquées dans le bassin du lac Tchad (Plantadiv)*

Responsable : Eric Garine (Anthropologue, Université Paris IX).

Financement (812 211 €) : Agence nationale de la recherche (ANR) programme « Biodiversité ».

Les activités humaines en région soudano-sahélienne s'organisent au sein de systèmes agropastoraux complexes qui combinent un large panel d'espèces et de variétés cultivées assurant des fonctions économiques et sociales, et permettant de faire face à la variabilité des ressources. Lors de perturbations, comment se réorganisent ces systèmes qui reposent sur la complémentarité inter et intraspécifique à l'échelle locale ? Les objectifs de ce projet sont 1) de caractériser l'agrobiodiversité maintenue dans les agrosystèmes du bassin du lac Tchad, 2) de comprendre son évolution sous l'effet des changements sociaux et environnementaux intervenus au XX^e siècle, tant au niveau spécifique qu'au niveau variétal et génétique, et 3) d'analyser, par une étude expérimentale, l'influence des choix des acteurs sur la diversité adaptative des mils et des sorghos qui constituent des ressources majeures.

Au sein de ce projet, je m'intéresse plus particulièrement à l'évolution du système agraire, en particulier des rotations biennales que les agriculteurs Mafa et Xidé ont élaborées pendant des siècles dans les Monts Mandara (Nord Cameroun).

2007 *Gestion locale de la diversité du manioc au Vanuatu (île de Tanna) (MAN)*

Responsable (20000 €) : Doyle Mckey (Écologue, Université Montpellier III). Co-encadrement avec Sophie Caillon de Caroline Roullier (Généticienne, ENS).

Financement : Prix d'Ethnobotanique Yves Rocher-Institut de France (2006).

L'objectif de ce projet est de comparer la dynamique évolutive de la diversité du manioc entre son aire d'origine (étude de cas en Guyane et au Guyana) et des aires d'introduction plus récente (Gabon et Vanuatu). En liant pratique et diversité sur chacune de ces aires, on pose

comme hypothèse que le Vanuatu peut être appréhendé en témoin de ce qui s'est passé dans des pays où le manioc a été introduit il y a plus longtemps.

2005-2009 *Migration et agrobiodiversité dans la vallée du Rufiji en Tanzanie (TANZ)*

Responsable : Stéphanie Duvail (IRD, Géographe).

Financement (60000 €) : Programme « jeunes-chercheurs » de l'Institut Français de la Biodiversité (IFB).

Dans un contexte de changements tant sur le temps court (saisonnalité marquée par des crues et des pluies, déplacements des populations lors de l'Ujumaa) que sur le temps long (dérèglement de cette saisonnalité), l'équipe de jeunes chercheurs composée de géographes, d'ethnobiologistes, d'économistes et de juristes traitent des expériences migratoires des populations du Rufiji, de la plaine inondable aux terrasses, et inversement. Plus particulièrement, je m'intéresse aux stratégies d'adaptation des agriculteurs concernant leur choix de l'écosystème cultivé, de la période de plantation et du matériel biologique à l'échelle tant de l'espèce que de la variété (pour le riz, maïs, sorgho, manioc et patate douce).

Partie II. Agrobiodiversité : de la théorie à la pratique (résultats)

L'agrobiodiversité, une diversité bioculturelle

Les humains ont enrichi le cortège de plantes à partir d'espèces sauvages qu'ils ont domestiquées depuis près de 12 000 ans. La sécurité alimentaire des populations humaines dépend de la gestion durable de ces ressources. L'agrobiodiversité comprend les plantes et les animaux domestiqués, mais aussi tous les organismes ayant un impact positif et/ou négatif sur l'agriculture ou l'élevage (la faune, la flore et le microbiote sauvages) (Qualset et al., 1995; Wood & Lenné, 1999), ainsi que les connaissances et les pratiques associées des sociétés qui les entretiennent. Les organismes vivants impliqués dans l'agrobiodiversité peuvent être classés en trois ensembles selon leur rôle fonctionnel : le biotique productif (produisant des produits agricoles destinés à la consommation), le biotique ressource (organismes et micro-organismes agissant positivement sur le système) et le biotique destructif (agents pathogènes et prédateurs de cultures) (Anderson in Barbault, 1997). Harold Brookfield définit l'agrodiversité comme « les interactions entre les pratiques de gestion agricole, la capacité des ressources des agriculteurs, les ressources biophysiques, et les espèces » (Brookfield & Stocking, 1999, p. 1) ou comme « les multiples manières dont les agriculteurs utilisent la diversité naturelle de l'environnement pour la production, incluant non seulement leur choix des plantes cultivées, mais aussi leur gestion des terres, de l'eau, et du biota comme un ensemble » (Brookfield & Padoch, 1994, p. 9). Pour résumer, l'agrodiversité inclut non seulement les organismes vivants influençant le système agricole (l'agrobiodiversité), mais aussi l'ensemble des éléments inertes (géologie, géomorphologie, drainage...) dénommés « géodiversité » (Halvorsen et al., 2020), ainsi que les femmes et les hommes jouant le rôle de « producteurs », « ressources » ou « destructeurs ».

L'agrosystème correspond au système social et biologique dans lequel agissent les agriculteur·rices. Il inclut donc l'agroécosystème défini comme un système écologique que les humains construisent dans l'intention de produire de la nourriture, des fibres ou d'autres produits agricoles (Conway, 1987). Le terme « agrosystème » n'émerge que vers 1975, alors que le concept d'écosystème est formalisé dès 1942 par R. Lindeman (1942), puis plus tard par E.P. Odum (1953).

La Figure 2 permet de mieux comprendre les liens entre les concepts d'agrodiversité et d'agrobiodiversité ; le premier étant plus inclusif que le deuxième. Cependant, dans la littérature aujourd'hui, le concept d'agrobiodiversité est devenu central et remplace celui d'agrodiversité tout en intégrant savoirs locaux et pratiques associées.

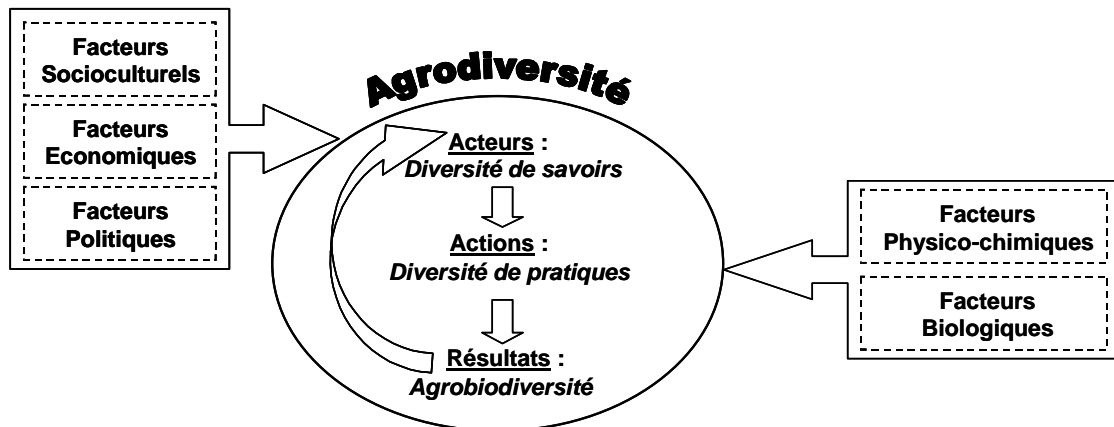


Figure 2 Schéma explicatif de l'agrodiversité et de l'agrobiodiversité (Caillon 2005).

Inventaire de l'agrobiodiversité : nomenclature et classification

Théorie et histoire des recherches sur les classifications locales

Qu'est-ce qu'un système classificatoire ?

La classification locale, étudiée en tant que processus, est un sujet de recherche important pour les ethnobiologistes depuis plus de soixante ans (Berlin et al., 1973; Conklin, 1954; Ellen, 1979; Friedberg, 1986; Hunn, 1982). Mais auparavant Durkheim et Mauss (1901) ont ouvert ce champ de connaissances en travaillant avec les populations indigènes d'Amérique du Nord et d'Australie. Ils observèrent un découpage du monde en catégories dans lesquelles étaient rangées des clans, des animaux, des plantes, des phénomènes naturels, des artefacts. Lévi-Strauss (1962) fait un bilan de l'ensemble des travaux de classification en s'appuyant sur une connaissance approfondie des qualités biologiques des plantes et des animaux. La thèse d'Harold Conklin avec les Hanunôo des Philippines est la bible des ethnobotanistes, car elle constitue une réelle approche interdisciplinaire, complète, analytique et synthétique des relations entre humains et environnement.

Lorsqu'on a plein de noms différents, on va les classer selon une mise en ordre à l'aide de corrélations de types analogique, symbolique et métaphorique (Friedberg, 1992). Cette opération cognitive permet aux humains de distribuer la diversité du vivant dans des catégories (boîtes) métaphoriques qu'ils créent afin de classer les catégories entre elles. Cela consiste à identifier, nommer et classer les entités vivantes et inertes, matérielles et immatérielles qui nous entourent. Identifier demande de reconnaître un objet en cherchant les ressemblances et les différences en les définissant. Nommer un objet « c'est pouvoir en parler et communiquer avec les autres à propos de cet objet » (Leblic, 2002, p. 115). Classer

un objet demande de l'insérer dans un système de référence. Cela implique la mise en ordre de l'ensemble des objets qui nous entourent par l'attribution, le plus souvent, de terme d'appellation et une catégorisation d'éléments appartenant à des domaines différents, à l'aide de corrélation de type analogique, symbolique et métaphorique. Il ne faut pas confondre les catégories – des entités créées par l'esprit humain pour rendre compte de la diversité des expériences, en regroupant les choses, attributs et phénomènes sur la base de leurs similarités et différences – avec les classes, qui transcrivent les manières dont les catégories sont en relation entre elles. Ainsi se lancer dans l'analyse de systèmes de classification implique de comprendre les processus de perception, d'identification, de dénomination et d'insertion dans un système de référence. Les psychologues s'intéressent aux représentations mentales¹⁴ (qu'est-ce que chaque individu pense) alors que les ethnoécologues étudient les représentations culturelles (Medin & Atran, 1999). Cependant, la nomenclature n'est pas directement liée à la perception, car (1) il n'existe pas obligatoirement de correspondance entre perception et langage, et (2) le vocabulaire a sa propre évolution liée à l'histoire de la société. Pour résumer, la classification « fait donc partie du phénomène général de socialisation de la nature par un système de structuration » (Leblic, 2002, p. 115).

Pourquoi étudier la classification ?

Les premiers ethnobotanistes s'intéressèrent aux systèmes classificatoires pour mieux connaître le monde végétal et animal, en particulier au XIXe siècle, lors de la période de catalogage des plantes, animaux et sociétés. Ils étudiaient des petites communautés isolées au détriment de cultures industrialisées et ne travaillaient en général qu'avec des adultes compétents, reconnus pour leurs savoirs, en négligeant les connaissances des enfants (sauf Dougherty, 1979; Stross, 1973). Les ethnobotanistes ont alors mis en évidence un savoir plus complexe, plus subtil, plus exact par rapport au savoir des académiques travaillant dans la même zone (H. Bartlett, 1936; Berlin, 1992; Diamond & Bishop, 1999; Majnep & Bulmer, 1977; Simpson, 1961). Leur objectif était d'ajuster les classifications locales aux taxonomies scientifiques, et non l'inverse. Les botanistes académiques classent afin d'intégrer l'évolution naturelle au cours du temps, en prenant en compte tous les caractères externes et internes. Ils ne considèrent que la plante en soi et sa place par rapport aux autres végétaux. Dans les classifications locales, les traits retenus pour classer font appel uniquement à des caractères externes visibles qui retiennent l'attention. On classe selon ce qui est important : caractères externes, besoins matériels, exigences religieuses, valeurs symboliques...

Ces ethnobotanistes cherchèrent ensuite des universaux ou des principes d'universalisme entre les sociétés : les différentes sociétés perçoivent-elles de la même manière la diversité des plantes et des animaux qui vivent autour d'eux ? Pour cela, ils tentent de montrer que les catégories locales dans différentes cultures s'accordent avec les catégories académiques : Atran (1998) le justifie par des propriétés universelles de l'esprit alors que Berlin (1992) l'explique aussi par la structure même de la nature. Les travaux de Berlin et Kay (1991) illustrent ce point en travaillant sur l'universalisme des noms des couleurs. Cependant, ces universaux ne se sont pas révélés répétables pour décrire les animaux et les plantes (M. A.

¹⁴ Les ethnoécologues parlent de « folkbiology » alors que les psychologues parlent de « naive or intuitive biology » (Medin et Atran, 1999).

Martin, 1975). Ces travaux ont été largement critiqués par la communauté des ethnoécologues. On leur reproche de ne pas avoir abordé l'économie et les autres aspects de la société tzeltal tels que le système de parenté. On est loin du fait social total défendu par Marcel Mauss (1924-1925) ou de l'anthropologie cognitive (Sturtevant 1965, Frake 1962, Conklin 1962...). Si la perception des couleurs est un phénomène universel analysable physiquement, les termes d'appellation des plantes et des animaux subissent les mêmes lois d'évolution que le reste du vocabulaire. Par exemple, les termes les plus utilisés subissent un renouvellement interne à l'intérieur de la langue, alors que les termes les moins utilisés subissent un renouvellement externe, c'est-à-dire que le mot s'oublie et est remplacé par une périphrase ou par le mot d'un dialecte voisin (A.-G. Haudricourt & Hédin, 1987). Par exemple, la céréale la plus courante a pris le nom qui désigne la céréale en général. Le blé a ainsi remplacé le froment alors qu'il s'agit toujours de la même plante. Corn ou Korn, nom des céréales en germanique, désigne selon la région, le blé, l'orge, le seigle ou l'avoine tandis qu'en Amérique, « Indian corn » s'est abrégé en corn pour désigner le maïs.

Plus intéressant encore, les analyses « anthropologiques » des ethnoécologues montrent que les systèmes classificatoires (humains, plantes, animaux, esprits, natures, sociétés) et les systèmes d'attitudes sont complémentaires. Les classifications locales sont le reflet d'actes rarement explicités (Friedberg, 1992) ; les gens ne nomment pas forcément les catégories dans lesquelles sont « rangées » les éléments classés, et n'effectuent pas souvent ce classement de manière consciente. Ces systèmes de classement révèlent ainsi un mode opératoire inconscient ; étudier les classifications locales est ainsi un autre chemin pour comprendre l'organisation des sociétés humaines. Elles jouent le rôle d'un miroir. En effet Friedberg (1968, p. 310) nous dit : « savoir comment telle ou telle population classe les différentes parties du monde naturel ne nous intéresse que dans la mesure où cette étude permet de révéler l'ensemble de la culture », ou encore « la classification indigène n'est pas en elle-même l'objet que l'on veut étudier, elle n'est qu'un des révélateurs d'un certain type d'organisation sociale qui est celui auquel appartiennent les informateurs et dont, en se proposant d'analyser tous les aspects, on veut saisir le fonctionnement » (Friedberg, 1968, p. 322). Le trinôme d'identification-nomenclature-classification joue ainsi le rôle d'indicateur culturel. Eugene Hunn (1982) et Roy Ellen (1998) montrent que les taxonomies populaires sont influencées par les objectifs, les théories, les systèmes de représentation et sont dépendantes de la culture. Bulmer s'intéresse aux usages et aux rituels culinaires chez les Kalam en Papouasie Nouvelle-Guinée (Bulmer, 1967; Majnep & Bulmer, 1977). Friedberg insiste perpétuellement sur l'importance du contexte culturel en décrivant avec précision l'organisation sociale et biologique chez les Bunaq au Timor (Friedberg, 1990).

Deux autres raisons nous conduisent à étudier les systèmes classificatoires. La capacité des humains à classer les éléments de l'environnement enseigne sur le degré auquel ils se sont déjà adaptés à cet environnement (Friedberg, 1990). Enfin, un objectif qui me semble un peu lointain, mais qui est aussi soulevé par Medin et Atran (1999) : les êtres humains peuvent-ils faire la transition entre une adaptation durable et locale vers des économies globales (et motivées par la technologie) sans endommager irrémédiablement l'environnement et détruire les cultures locales ?

Comment classer ?

À la suite de Roy Ellen (1998), Alcántara-Salinas et al. (2013, p. 2) définissent les « catégories » comme « les entités que l'esprit humain crée afin de donner un sens à la diversité de l'expérience, en regroupant les choses, les attributs et les phénomènes sur la base de la similarité et de la différence ». Ils définissent la « classification » comme « les façons dont les catégories sont reliées entre elles et les moyens par lesquels des modèles culturels particuliers sont produits ».

On peut distinguer deux types de classifications (Friedberg, 1986) : (1) les classifications effectuées entre des objets que les informateurs considèrent comme étant de même nature (ex. plantes, animaux, outils). On l'appelle la classification prototypique : une figure exemplaire, le prototype, joue le rôle de représentant et est le support privilégié de la dénomination. Les ethnobotanistes s'en sont emparés grâce à l'analyse componentielle en se basant sur les « catégories sémantiques indigènes ». Cette analyse permet de délimiter le champ sémantique des termes (ensemble de mots et de notions qui se rapportent à un même domaine conceptuel ou psychologique) ; (2) les classifications analogiques propres à chaque société dans lesquelles on place dans une même catégorie des objets, des phénomènes, des groupes d'humains ou de divinités, appartenant à des domaines différents. Pour cela, on s'appuie sur des rapprochements que les intéressés eux-mêmes considèrent comme métaphoriques. Il existe des liens entre les deux (Bresson, 1986), mais il est important de les distinguer avant de commencer les enquêtes (Friedberg, 1968). On peut ainsi classer les critères de classification en propriétés intrinsèques basés sur la morphologie, la floristique, l'écologie ou la physiologie, et sur des propriétés relationnelles avec les humains telles que les usages (besoins matériels, médicaux), symboliques ou religieux (cérémonies, mythes, échanges coutumiers, valeurs symboliques, valeurs rituelles avec les interdits ou les privilèges). Les classifications analogiques permettent d'inclure des objets naturels dans des classifications plus englobantes intégrant des entités relevant d'autres classes sociologiques.

C'est au chercheur de mettre en évidence les principes classificatoires (Friedberg, 1968). La classification en ethnobotanique (ou zoo) s'appuie sur la détermination d'un terme ou niveau de base. Par exemple le mot « carotte » pour la variété « carotte rouge longue de Croissy ». Le degré d'utilisation d'une espèce liée aux besoins de subsistance a son importance, en particulier pour les taxons de petits rangs (Ellen, 1999). Les catégories englobantes correspondant aux niveaux supérieurs sont les plus difficiles à identifier, mais culturellement les plus informatives (Bulmer, 1970). Il n'existe pas toujours de rapport de transitivité entre deux niveaux hiérarchiques. Par exemple, en français, la catégorie englobante « arbre » contient l'aulne, mais l'aulne vert appartient à la catégorie broussaille (Friedberg, 1986). Pour définir ces catégories englobantes, il faut diversifier les attributs qui peuvent être morphologiques, floristiques, écologiques ou liés à un usage. Plus la plante est culturellement importante au sein de la société et plus elle sera désignée par un lexème simple. La plupart des lexèmes simples sont opaques (immotivés) alors que les lexèmes motivés sont transparents, c'est-à-dire traduisibles dans le langage extrabotanique. Cela fait appel au phénomène d'économie mémorielle (M. A. Martin, 1975) : on doit retenir facilement les noms des plantes les plus couramment utilisées. À l'inverse, les végétaux peu mentionnés portent un nom imagé que la personne retrouve avec peu d'effort en regardant la plante.

Les catégories de niveau supérieur comprenant plusieurs espèces permettent de comprendre la façon dont les gens perçoivent leur environnement, car ces catégories sont souvent plus complexes, étant définies par une diversité de types de connaissances (Bulmer 1970, Friedberg 1992). Les catégories complexes prennent en compte non seulement les caractères propres du végétal, mais aussi son rôle dans la vie économique et socioculturelle. Dans toute classification, l'important n'est pas uniquement de déterminer les critères retenus pour grouper les plantes, mais de montrer à quoi ils correspondent dans l'esprit des humains, s'ils apportent des éléments de compréhension pour l'étude globale de la société. Il faut pour cela analyser les mythes et les valeurs rituelles. Claudine Friedberg (1992) pense que la place d'une plante par rapport à celle des voisines dans un système de représentation est une donnée essentielle pour le comprendre et que le contexte culturel ne peut être négligé. Alors que les différences entre les catégories de niveau supérieur et inférieur ont été fréquemment étudiées par les écologues, la manière dont les catégories de même niveau de classification varient dans la façon dont elles sont socialement valorisées a rarement été étudiée.

Nos recherches sur les systèmes de classification locale

Pour pouvoir caractériser l'agrobiodiversité, il faut d'abord la définir localement. La multiplicité des disciplines engagées dans la définition de la diversité biologique et la nature diverse des acteurs engagés dans sa valorisation et sa conservation peuvent dans un premier temps brouiller la communication académique. Que mesure-t-on ? Un anthropologue, un botaniste ou un généticien choisiront-ils les mêmes indicateurs pour mesurer l'agrobiodiversité ? Nos recherches s'intéressent principalement à la diversité variétale – intraspécifique – en décortiquant les variétés en matière de catégories nommées, morphotypes et génotypes au Vanuatu. Le Vanuatu est un archipel du Pacifique Sud (Figure 3), indépendant depuis 1980, où habitent 300 000 personnes en 2020 (NPHC, 2020). J'ai fait ma thèse et j'ai conduit mes recherches suivantes sur l'île de Vanua Lava (330 km²), au nord du Pays, et plus particulièrement dans le village de Vêtuboso (650 personnes en 2000) arrosé par près de 5000 mm de précipitation par an (Figure 4) et où on cultive principalement du taro (*Colocasia esculenta*) comme culture de subsistance et le cocotier (*Cocos nucifera*) comme culture de rente.

La manière dont les habitants du village de Vêtuboso sur l'île de Vanua Lava au Vanuatu nomment leurs 96 cultivars ou variétés nommées de taro a été longuement décrite dans ma thèse (Caillon, 2005b) et des articles en collaboration (Caillon, 2005a; Caillon et al., 2006; Caillon & Degeorges, 2007; Caillon & Lanouguère-Bruneau, 2005). La diversité génétique des taros cultivés à l'échelle d'un village a aussi été évaluée (Caillon et al., 2006). Nous ne parlerons ici que des processus d'identification des cultivars et de classification des espèces alimentaires, travaux non publiés.

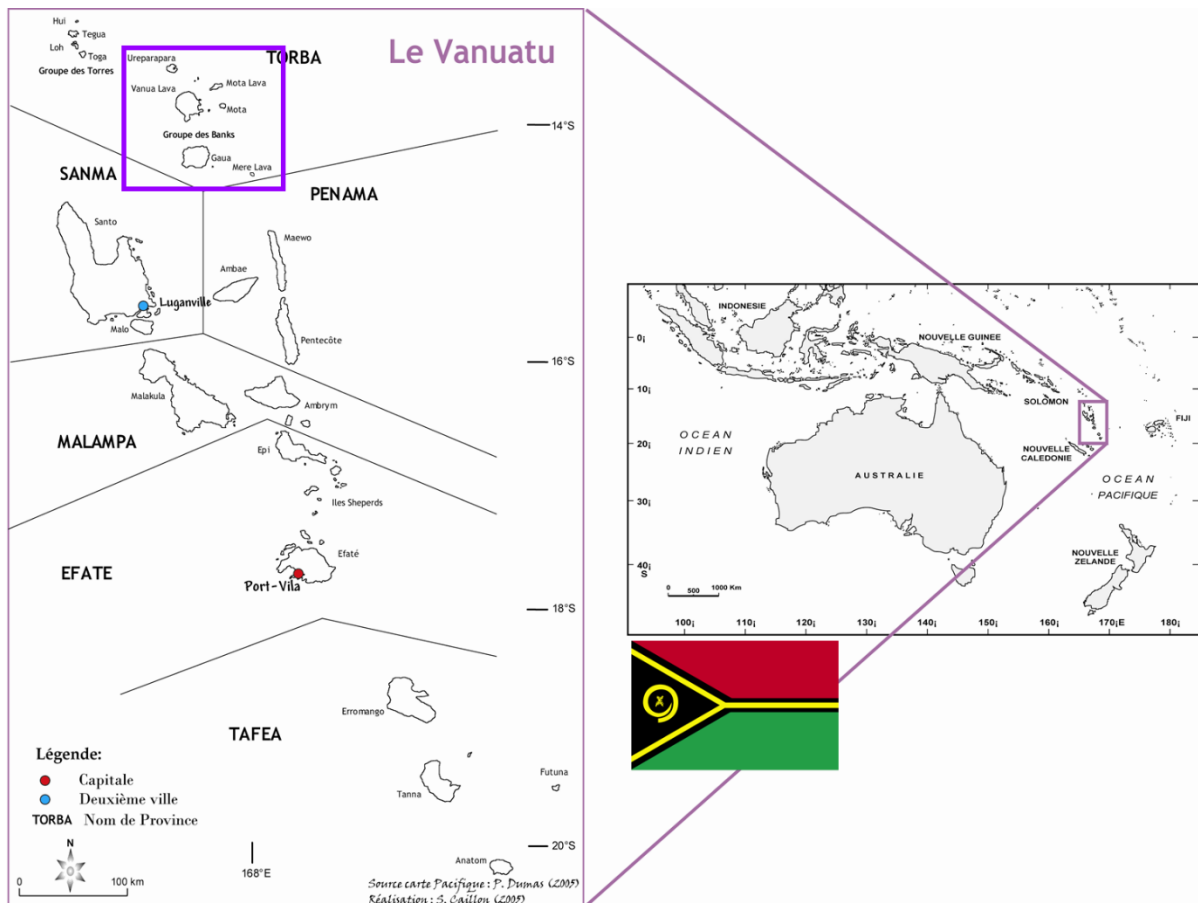


Figure 3 Carte de l'archipel du Vanuatu dans le Pacifique Sud, et positionnement du groupe de Banks (carré violet).

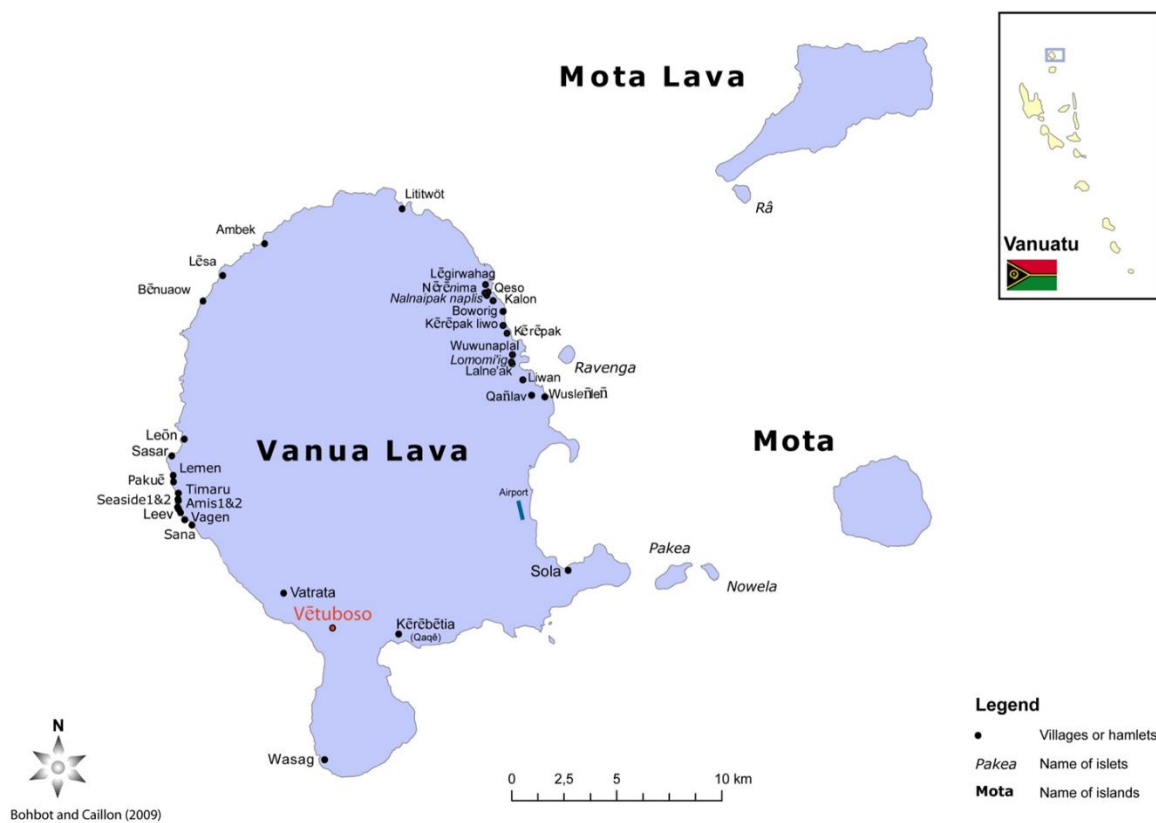


Figure 4 Carte de l'île de Vanua Lava, groupe des Banks au Vanuatu.

Identifier au Vanuatu

Pour identifier leurs 96 cultivars de taro, les horticulteur·rices de Vêtuboso utilisent des critères visuels qui peuvent aussi bien caractériser des couleurs et des formes directement visibles, ou souterrains, mais aussi un port, une réaction aux conditions pédoclimatiques, un usage (Figure 5). Ce processus d'identification n'est pas un acte conscient et énonçable spontanément. Ce sont les épiphénomènes lors du travail d'enquête qui nous ont permis d'établir cette séquence : juste avant de prendre un avion, certains horticulteurs ont dû reconnaître des taros coupés qui s'étaient accidentellement mélangés, et le meilleur « identificateur » de cultivar a dû venir sur la station d'expérimentation située sur une autre île, car un des techniciens avait mélangé les cultivars apportés. Ces accidents, sur le moment source stress, ont été fondamentaux pour comprendre la manière dont ils et elles reconnaissent leurs cultivars. Hormis la séquence illustrée en la Figure 5, nous avons compris à quel point l'importance du lieu de vie était importante. Non seulement il conditionne le port et la couleur des taros, mais il permet de contextualiser la rencontre. Dans tel secteur de la tarodière, nos informateurs connaissaient les propriétaires et par extension les cultivars qu'ils avaient en leur possession. Le processus d'identification d'une plante se fait de la même manière qu'une personne. Ce principe d'identification photographique, c'est-à-dire par interaction d'un grand nombre de paramètres qui intègrent à la fois des critères morphologiques comme illustrés dans la Figure 5, mais aussi le contexte. Par exemple, lorsque vous rencontrez une personne en dehors de son milieu d'apparition habituel, il vous faut plus de temps pour la reconnaître.

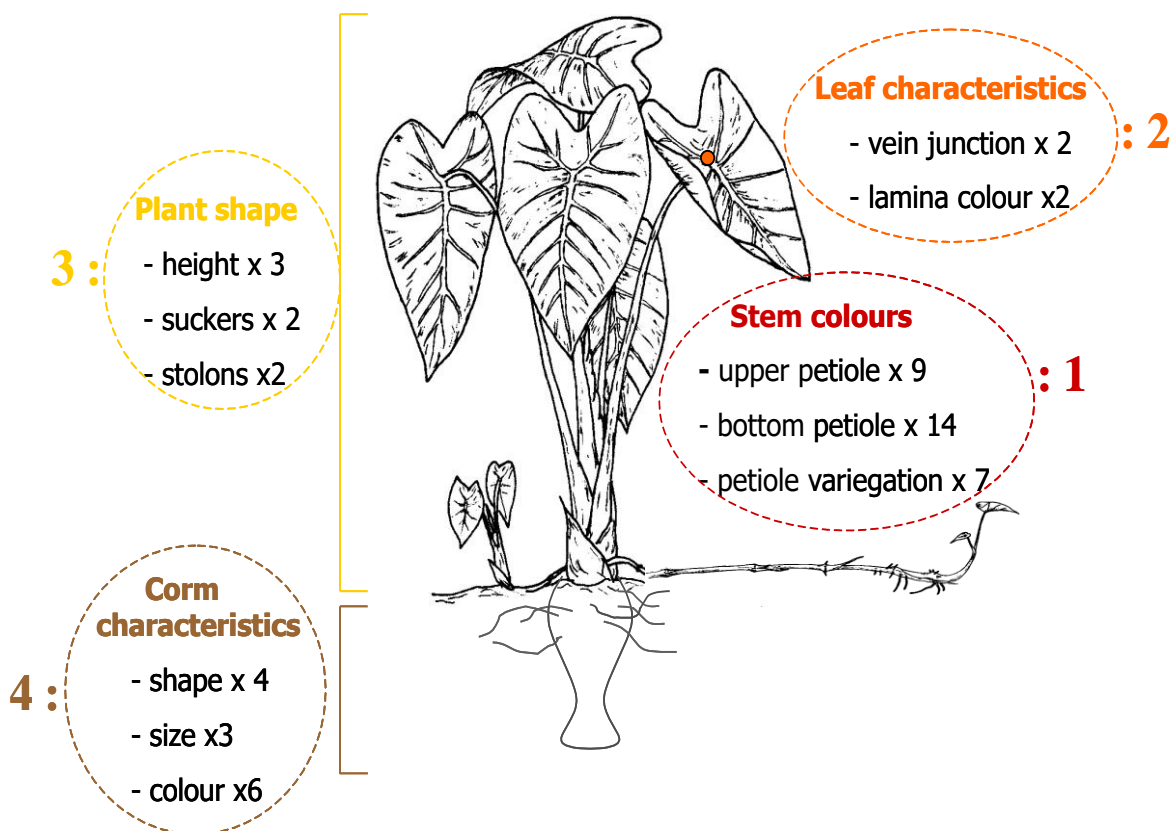


Figure 5 Séquence des critères de reconnaissance d'un cultivar de taro dans le village de Vêtuboso, île de Vanua Lava, Vanuatu.

Classer au Vanuatu

Les différentes espèces et races de plantes cultivées n'ont pas la même valeur au sein des communautés (Bonnemaison, 1991; Caillon, 2011; Caillon & Lanouguère-Bruneau, 2005; Garine et al., 2013; A. G. Haudricourt, 1964a). Une valeur est attribuée à un objet par une combinaison complexe de processus mentaux conscients et inconscients, portant sur des critères à la fois fonctionnels et symboliques et concernant les caractéristiques biologiques et socioculturelles de la plante. Par exemple, les plantes alimentaires ne font pas que nourrir les gens, elles sont aussi associées à un statut social et perçues comme faisant partie d'un système de soutien mutuel (Pollock, 1992). Il est difficile de séparer les caractéristiques bioculturelles des plantes en composantes indépendantes. La classification locale des plantes alimentaires peut être utilisée pour refléter ces caractéristiques.

Une telle classification existe pour les plantes alimentaires dans le Pacifique et dans le village de Vêtuboso (Figure 6). Pollock (1992) a montré que trois catégories sont clairement distinguées : (1) les aliments riches en amidon, en particulier ceux fournis par les racines et les arbres ; (2) les plats d'accompagnement ; (3) et les articles comestibles (généralement des fruits) qui contribuent rarement à un repas. La dernière catégorie n'est pas perçue comme une « vraie nourriture ». Un repas est considéré comme complet si un féculent cuit est associé à un plat d'accompagnement cru ou cuit (McCutcheon 1985 in Pollock 1992). Les habitants du Pacifique ont développé des relations intimes avec leurs plantes cultivées, notamment les plantes à racines et tubercules riches en amidon comme le taro et l'igname, qui sont les cultures les plus valorisées socialement lors d'échanges rituels ou de cérémonies (Barrau, 1958; Bonnemaison, 1991, 1996; Caillon & Lanouguère-Bruneau, 2005; Coupaye, 2009; Di Piazza, 1999; Di Piazza & Frimigacci, 1991; A. G. Haudricourt, 1964b; Lemonnier, 1982; Pollock, 1992). Par conséquent, les plantes alimentaires sont associées à différentes valeurs bioculturelles, qui sont révélées par l'examen de leur classification locale.



Figure 6 Classification des espèces alimentaires en trois groupes socialement valorisés, dans le village de Vêtuboso, Vanua Lava, Vanuatu.

Dans la classification locale à Vêtuboso (Figure 7), on peut remarquer qu’une même espèce peut appartenir à plusieurs catégories selon la partie préparée pour s’alimenter ou selon sa maturité. Par exemple, une banane verte est consommée comme un féculent alors qu’une banane mûre est mangée lors de snack, lors du travail dans les champs.

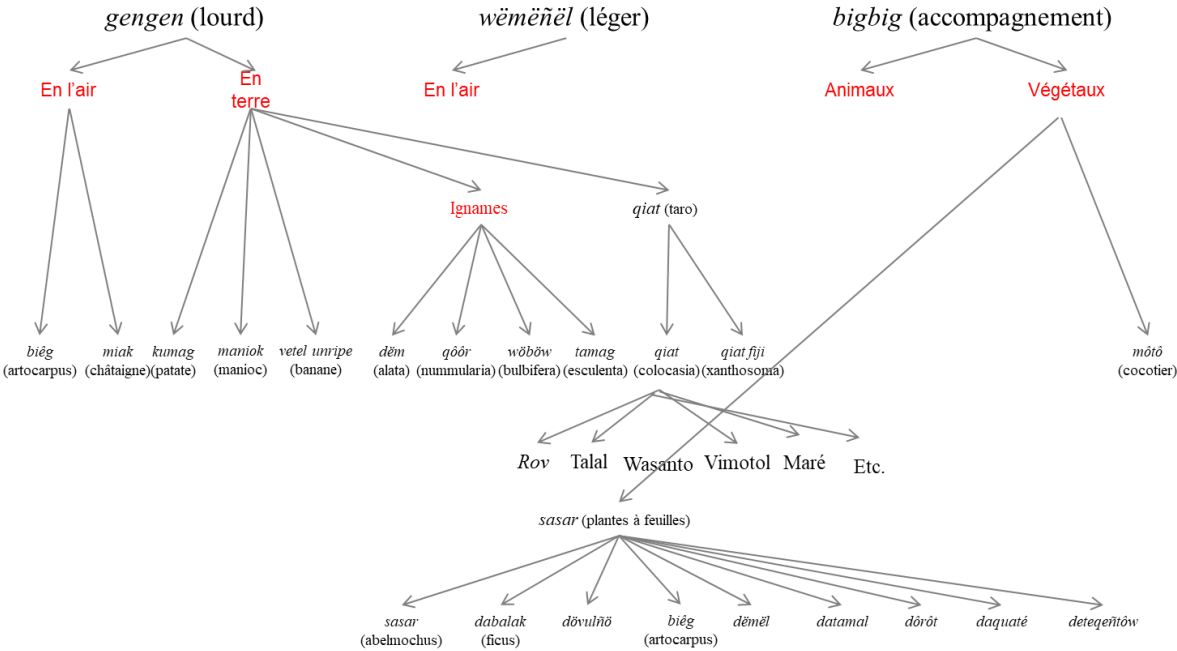


Figure 7 Processus de classification des espèces alimentaires consommées dans le village de Vêtuboso, île de Vanua Lava au Vanuatu. En rouge, sont indiquées des catégories non nommées localement.

Savoirs locaux et pratiques associés aux plantes cultivées

Théorie sur les savoirs locaux

Section en partie rédigée à partir des articles

Caillon S. & Muller S. (2015). Géographie et savoirs locaux : pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité au Vanuatu. In Mathevet R. & Godet L. (eds.) Pour une géographie de la conservation. Biodiversités, natures et sociétés. L'Harmattan, Paris. 400p : 209-227

Caillon S., Cullman G., Verschuuren B. & Sterling E. (2017). Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicator. Ecology and Society 22(4): art. 27

Les savoirs naturalistes locaux font l'objet d'une réhabilitation progressive suite au constat, au cours des années 70 et 80, de l'échec des politiques agricoles productivistes et de l'émergence des préoccupations environnementales. La Convention sur la Diversité Biologique (CDB, 1992) reconnaît-elle explicitement la valeur de ces savoirs : « les meilleures connaissances scientifiques et traditionnelles disponibles » (action 21) doivent être utilisées dans la production de connaissances pour le développement durable, et « des méthodes pour relier les résultats des sciences établies aux connaissances autochtones des différentes cultures » doivent être développées. Ces savoirs sont désormais considérés comme des outils de gestion durable de l'environnement (Michon, 2002), voire comme des patrimoines en eux-mêmes (Aubertin et al., 1998; Cormier-Salem & Roussel, 2002), au risque toutefois de restreindre le rôle de leurs détenteur-rices à celui de « gardiens de la nature » (Pinton, 2002, p. 27) et d'aboutir à une « mise en conserve » des sociétés (Michon, 2003, p. 426).

Les défenseurs de la conservation ont remarqué que certains aspects des savoirs locaux présentent de forts parallèles avec les catégories scientifiques occidentales et ont cherché à utiliser des fragments de ces savoirs – notamment ceux qualifiés d'« écologiques » – au service des objectifs de conservation (Aswani & Vaccaro, 2008; Berkes et al., 2000; Drew, 2005; Lauer & Aswani, 2009; Menzies, 2006). Cependant, les savoirs locaux sont dynamiques, situationnels et relationnels, issus d'une combinaison d'héritage commun et d'expérience individuelle. Ces savoirs évoluent et s'adaptent en réponse aux changements sociaux et environnementaux. Il faut penser maintien des processus et des contextes enchâssant les savoirs locaux, et non leur contenu, pour permettre aux détenteur-rices de savoirs de les conserver, mais surtout de les malaxer au fil du temps et des contextes. Florence Brunois (2005) préférera le terme « modes de connaissances » plutôt que savoirs locaux pour mettre en avant les propriétés dynamiques des savoirs.

Les connaissances sur la nature sont entrelacées et construites avec d'autres types de connaissances – comme les connaissances sur la mort et les ancêtres, la naissance et les enfants (West, 2005). Les différentes sphères ou systèmes de connaissances développés par les peuples autochtones et communautés locales (IPLC) sont interconnectés. De plus, lorsqu'on essaye de comprendre comment les savoirs locaux pourraient contribuer à la conservation, l'étude des processus et des relations qui sont mobilisés pour accumuler les connaissances est souvent plus instructive que les produits finaux tels que le nombre de

plantes connues au niveau de la communauté (Ellen, 1998). Il est important de comprendre comment les gens transmettent les connaissances verticalement (des parents à la progéniture), horizontalement (entre pairs de la même génération) ou obliquement (entre générations moins apparentées), en mobilisant leur groupe de parenté, leurs proches ou des personnes extérieures.

Les nouvelles approches développées dans le contexte de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) mettent l'accent sur l'utilisation de systèmes de validation au sein de chaque système de connaissances plutôt que d'utiliser un système de connaissances (par exemple la science occidentale) pour valider les informations d'un autre système (par exemple les connaissances locales : Tengö et al., 2014). Cela s'explique en partie par le fait que les définitions des relations humaines avec l'environnement basées sur des ontologies différentes peuvent entrer en conflit parce qu'elles ne traitent pas du même système ou peut-être de la même réalité. Par exemple, Blaser (2009) décrit comment différentes ontologies et connaissances ont créé un conflit autour de la gestion de la chasse dans un parc au Paraguay. Dans un accord entre les gestionnaires du parc et les Yshiro, le peuple indigène local, la chasse durable des anacondas a été expliquée aux Yshiro comme une chasse qui ne compromet pas la chasse pour les générations futures. Les Yshiro ont donc entrepris de chasser une quantité importante, mais à leurs yeux durable, d'anacondas. Les Yshiro croient en une culture de réciprocité où la forêt fournira continuellement des ressources tant que les relations entre toutes les entités seront en équilibre. Cela implique de communiquer avec les « pouvoirs et les puissances » d'entités non humaines, ce qui est fait par les chamans. Les biologistes de la conservation n'étaient pas d'accord avec les comportements qui en résultent. Leur propre stratégie scientifique pour atteindre la durabilité implique la viabilité de la population des espèces calculée à une limite d'absorption bien plus basse. Les deux parties agissaient « correctement » par rapport à leur propre compréhension de la durabilité. Pour réduire les conflits, les Yshiro et les biologistes de la conservation auraient pu accorder une plus grande importance à la co-construction d'indicateurs et à l'opérationnalisation de l'exploitation durable.

À la reconnaissance des savoirs locaux dans le monde de la conservation des milieux naturels, on a assisté à une montée en puissance concomitante des notions de conservation *in situ* et de conservation « à la ferme » dans lesquelles les agriculteur-rices, détenteurs de savoirs naturalistes envisagés comme complémentaires aux savoirs scientifiques, deviennent « co-acteurs » de la conservation de l'agrobiodiversité. Les ouvrages de Chambers et al. (1989) dans les milieux anglo-saxons et de Mollard et Walter (2008) en France, ont été fondateurs. Depuis les années 2000, avec l'émergence du concept d'agroécologie¹⁵, les savoirs locaux deviennent les points focaux de nombreuses recherches sous les noms de savoirs expérientiels, contextualisés ou situés (J. Blanc, 2021). Rappelons que dès les années 60, Jacques Barrau (1962, p. 243-244), concluait sa thèse en rappelant aux « techniciens et agents de la modernisation » que « leur rôle est d'adapter des cultures et des méthodes nouvelles en

¹⁵ Recommandation n°16 de la FAO pour l'agroécologie (2015) : « renforcer les connaissances locales existantes, la recherche menée par les producteurs ainsi que la mise en réseaux des producteurs et des chercheurs, avec un accent sur la co-construction des savoirs de la recherche participative ».

tenant toujours compte des avantages des anciennes techniques horticoles des insulaires [...] fondées sur une connaissance profonde du milieu naturel et de ses expériences ». Mais il ne s'agit pas seulement d'admettre la valeur des savoirs locaux sur le plan de la stricte rationalité agronomique. Un enjeu fort est bien aussi de reconnaître la spécificité de ces savoirs, de prendre acte de leur dimension symbolique et de leur irréductibilité à toute visée utilitariste, et ce faisant de les mettre à profit pour enrichir notre connaissance de l'autre. En définitive, la question du traitement des savoirs locaux par les académiques renvoie à la question du rapport à autrui, dont la connaissance procède trop souvent par assimilation et réduction de la différence.

Il existe une multitude de termes pour qualifier ces savoirs : savoirs traditionnels, autochtones, indigènes, vernaculaires, locaux etc. (Roué, 2012). Depuis les années 80, l'appellation « *traditional ecological knowledge* » ou « savoirs écologiques traditionnels », est la plus fréquente dans la littérature anglo-saxonne. Cette formule présente toutefois deux écueils majeurs. Le premier – reflétée par le qualificatif « traditionnel » – est de placer les savoirs dans une problématique de confrontation à la modernité en privilégiant une vision passéiste. La dimension dynamique de ces savoirs sans cesse remis au goût du jour, par des processus, d'innovation, d'emprunt et d'hybridation, est ainsi occultée. De la même manière, l'expression « savoirs locaux » que nous retenons ici, peut tendre à masquer ce dynamisme : les savoirs locaux sont certes contextualisés, mais les frontières entre savoirs exogènes et endogènes s'effacent souvent pour donner lieu à des échanges féconds. Par « local », il ne faut donc pas entendre « particularismes étriqués et statiques », mais il est intéressant de l'opposer à la notion de « savoirs globaux » (Barthélémy, 2005) caractérisée par une homogénéisation à l'échelle de la planète.

L'emploi du qualificatif « écologique » a quant à lui l'inconvénient d'enfermer les savoirs dans une sphère limitée de connaissances (celles qui intéressent les écologues), faisant fi de leurs dimensions symboliques et des liens intimes qui les relient à une cosmogonie. L'expression reflète au demeurant une approche de ces savoirs davantage portée sur leur contenu, qu'à la relation qu'ils expriment entre leurs possesseurs et les objets sur lesquels ils portent (Collignon & Collignon, 2005). Or, les « savoirs » sont le résultat d'un mouvement (l'acte de connaître) du sujet vers l'objet, mouvement qui donne sens au monde extérieur, à la lumière d'un système explicatif propre au sujet (Collignon & Collignon, 2005; Pradeau in Lévy & Lussault, 2003). Appréhendés dans cette double dimension dynamique et relationnelle, les savoirs locaux constituent une porte d'entrée pertinente pour comprendre le sens dont ces sociétés investissent leur relation au milieu, de même que la manière dont elles appréhendent les changements et s'adaptent. Ils sont donc susceptibles de constituer un matériau intéressant pour le géographe, notamment dans la perspective d'une géographie culturelle soucieuse de comprendre la relation dynamique entre les humains et leurs lieux. En effet, si la géographie est « la connaissance de la pratique et de la connaissance qu'ont les hommes de cette réalité matérielle qui s'appelle Terre » – définition que Claude Raffestin (1987) tire de la lecture d'Eric Dardel (1952) – alors de toute évidence, les savoirs locaux entrent dans le champ d'investigation de la discipline. Dans le contexte du Vanuatu, les savoirs locaux associés au monde végétal et plus particulièrement à la sphère horticole, intéressent d'autant plus la géographie que les principales cultures de subsistance, les plantes à racines et tubercules,

entretiennent un lien intime à la société et au territoire, par le truchement du mythe et de la culture (Bonnemaison, 1987, 1996). À bien des égards, en effet, le maintien dans cet archipel d'une très grande diversité de plantes à racines et tubercules (CIRAD, 2005) peut être appréhendé comme la résultante de logiques sociales et culturelles indissociables d'une « géographicit  » au sens développé par Eric Dardel (1952).

Les savoirs locaux sont l'objet de recherche en ethnoécologie. Notre communauté académique cherche à les définir et comprendre leur genèse (comment se transmettent et se créent-ils ?). Même si nous nous intéressons particulièrement aux savoirs locaux sur les entités naturelles, nous ne pouvons pas nous abstraire des connaissances, pratiques et représentations qui concernent l'ensemble du monde humain et non humain.  tudier les savoirs locaux aide à comprendre les interactions entre l'ensemble des entités vivantes ou inertes, nommées ou non, matériels ou invisibles.

Les savoirs locaux touchent des domaines aussi variés que l'agriculture, la santé, les préparations culinaires, l'éducation, la conservation de la biodiversité, etc. Ils sont inscrits localement, possédés et partagés par une communauté. On parle de savoirs « internes » ( mique) d'un groupe social donné, car ils sont spécifiques à une culture et   un contexte. Les savoirs locaux sont généralement non formalisés et holistiques, souvent peu document s localement, car transmis oralement, de génération en génération ; ils sont par essence dynamiques. Nous questionnons leur capacité adaptative quand les conditions changent selon les changements économiques, environnementaux, sociaux et culturels d'une société.

La limite entre savoirs et pratiques est floue, car une pratique est constituée d'un ensemble de savoirs ; on parle d'ailleurs de savoir-faire en synonyme de pratique. La pratique renseigne les savoirs ou contribue à les faire évoluer selon une dialectique qui est propre à chaque société. « Pour l'ethnologue, le terme « pratique » ne renvoie pas uniquement à des faits techniques, mais à un ensemble d'actions appartenant à un domaine particulier et impliquant des relations soit avec d'autres humains, soit avec des éléments de l'environnement matériel, soit avec des êtres de l'au-delà. On parle ainsi de « pratiques religieuses », de « pratiques alimentaires » ou de « pratiques pastorales » (Friedberg, 1992).

Les savoirs locaux et les pratiques associées procèdent d'une observation directe de la nature. Ils demandent une immersion ou une expérience intellectuelle et corporelle avec les entités qui nous entourent. Ces savoirs n'appartiennent pas exclusivement aux sociétés de tradition orale même si les modes d'acquisition et de transmission, les processus de classification ou de dynamique de transformation diff rent des savoirs académiques. Les classifications locales se basent essentiellement sur des caractères externes visibles en ne conservant que les traits évidents contextualisés qui retiennent l'attention ou les propriétés relationnelles (usages, symboliques, etc.). Un objet peut avoir plusieurs places dans la classification locale.

Nos recherches sur les savoirs locaux et pratiques associées au Vanuatu

Section en partie rédigée à partir de l'article :

Caillon S. & Degeorges P. J. (2007). Biodiversity: negotiating the border between nature and culture. Biodiversity and Conservation, 16(10): 2919-2931

Caillon S. (2007). Arbre d'antan, arbre « des Blancs ». Evolution de la valeur sociale des cocotiers et de leur espace à Vanua Lava (Vanuatu). Géographie et Culture « Médiante et Géographicité », 63: 87-104

Caillon S. (2011). Ethnobotanique du cocotier (Cocos nucifera L.) sur l'île de Vanua Lava (Vanuatu), Journal de la Société des Océanistes 133: 333-352

Caillon S. & Lanouguère-Bruneau V. (2005). Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. Journal de la Société des Océanistes, 120-121(1): 129-148

Qualifié de plante « des Blancs » bien que présent avant l'arrivée des premiers colons, le cocotier a perdu son statut d'arbre fruitier pour celui de culture de rente pérenne malgré la permanence de nombreux usages domestiques, rituels, médicinaux et magiques, ainsi que de mythes fondateurs qui lui sont associés. La cocoteraie, son espace de culture, rappelle le temps du colonialisme, du travail forcé, et évoque la pénibilité de la production du coprah. Elle est accusée de « voler » l'espace de la forêt où vivent les esprits. Le taro est, quant à lui, socialement valorisé en tant que support de mémoire des ancêtres et vitrine des savoir-faire individuels. Il est cultivé dans un espace à grande valeur culturelle, la tarodièrre, héritée du héros fondateur Lakakêris. Les pratiques culturelles associées sont uniques au Vanuatu et dans le Pacifique dans la mesure où elles consistent à alterner les phases humides et sèches dans les bassins irrigués. Seule une attention particulière portée à chaque pied et une présence régulière dans les tarodièrres assurent la bonne croissance des taros dont les hommes de Vê tuboso tirent toute leur fierté.

Le cocotier présente une grande diversité de formes et de gènes. En effet, il a bénéficié de l'engouement pour la vente de coprah des petits planteurs, qui, pour subvenir à leurs besoins monétaires, ont multiplié par quarante leur nombre d'arbres. Son régime de reproduction par allogamie facilite la diffusion et le mélange de ses gènes. Cependant, sa dévalorisation sociale a entraîné un manque d'intérêt de la part des anthropologues ou des ethnobiologistes, notamment en ce qui concerne l'enregistrement des catégories nommées, construites selon des logiques nomenclaturales identiques à l'échelle du pays. Le taro est à l'inverse identifié localement par de nombreux noms correspondant à des morphotypes et à des génotypes distincts, mais sa base génétique est étroite ; si elle n'est pas élargie, il ne pourra survivre, malgré l'attention que lui portent des horticulteurs passionnés, à l'introduction de la maladie, le Taro Leaf Blight (TLB), qui rôde aux portes du Vanuatu. Ainsi, dans un même village du Vanuatu, l'anthropologue ne s'intéressera au taro que pour son statut social et la diversité des noms qui renvoient à des histoires d'origine spécifiques. L'agronome, de son côté, relèvera le grand nombre des formes variées chez les deux espèces, et le généticien s'enthousiasmera de l'importante diversité des cocotiers, ceux du nord différant de ceux du sud, mais il s'inquiètera de la base génétique étroite du taro peu résiliente face à une attaque de pathogènes. Les exemples opposés du taro et du cocotier cultivés par les mêmes agriculteur·rices, tant

horticulteurs de taros que planteurs de cocotiers, montrent que l'interdisciplinarité est nécessaire pour estimer toute la richesse de la biodiversité locale.

Une taxonomie locale riche n'implique pas forcément une forte diversité biologique et elle ne renvoie pas toujours à la systématique occidentale fondée encore essentiellement sur des critères morphologiques. Il n'existe pas une seule méthode de mesure de la biodiversité (Blandin & Luce in Génot, 2003, p. 79) pouvant appréhender un terme aussi polysémique. La richesse de la biodiversité locale n'acquiert toute sa signification que lorsque les disciplines, en se confrontant, prennent conscience des limites de leurs approches respectives. L'anthropologue, le botaniste ou le généticien accordent des valeurs distinctes aux multiples dimensions de la biodiversité. Les critères qu'ils retiennent pour la mesurer les conduisent à l'estimer différemment en fonction des échelles d'analyses (du gène au paysage) et des objectifs qu'ils proposent : protéger une diversité culturelle, une variabilité phénotypique ou un potentiel d'évolution. C'est pourquoi les appréciations variées de la diversité du vivant ne reflètent pas, dans tous les cas, avec fidélité, la diversité morphologique ou génétique existante. Les systèmes de classification local et académique sont chacun ancrés dans un système de représentation plus global qui leur est propre. La valorisation de la biodiversité, aussi bien du point de vue des représentations locales que des chercheurs académiques, dépend de l'intimité et des formes de socialisation que les humains entretiennent avec la biodiversité.

Du point de vue de la gestion de la biodiversité, les agriculteur·rices du village de Vêuboso, à travers la pluralité de leurs pratiques et de leurs savoirs, présentent au moins deux visages. En cultivant des taros dans le cadre d'une économie de subsistance traditionnelle, ils mettent en œuvre la richesse de leurs savoirs naturalistes locaux en valorisant la diversité, alors qu'ielles semblent avoir préféré s'investir dans une économie de marché prônant l'intensification avec la culture du cocotier. Cette appréciation mérite toutefois d'être nuancée. D'une part, la valorisation économique du cocotier s'est accompagnée d'une augmentation de sa diversité morphologique et génétique qui garantit son potentiel d'adaptation. Il est toutefois certain qu'une exploitation accrue de cette ressource, conduisant les agriculteur·rices à implanter des variétés hybrides plus performantes, entraînerait l'uniformisation du patrimoine du Vanuatu. D'autre part, selon une évaluation strictement agronomique, les savoir-faire locaux ne pourront par eux-mêmes compenser la base génétique étroite de la population de taros face à la maladie, le Taro Leaf Blight (TLB), de plus en plus menaçante, étant donnée l'accélération de la globalisation des échanges.

L'appréciation de la valeur écologique des pratiques mises en œuvre par une communauté humaine dépend autant du point de vue de l'observateur et de ses objectifs que de l'objet concerné¹⁶. Une étude des techniques et des savoirs liés à la gestion d'une ressource végétale, qui ne s'appliquerait qu'à mettre en évidence leur impact environnemental ou leur action sur la diversité biologique, ne permettrait pas d'appréhender la complexité des contextes dans lesquels ils s'inscrivent. Les objets naturels et culturels ne peuvent être dissociés, car ils sont générés par un système social englobant un support matériel (système de production et objet

¹⁶ P. Levang (2001) met en exergue le fait que tout savoir traditionnel n'est pas un savoir écologique traditionnel.

produit) et un fondement idéal (représentation d'une société de sa place dans le monde et du monde qui l'entoure) (Descola, 1986; Friedberg, 1992; Godelier, 1984). Des études en Mélanésie ont déjà été menées dans ce sens (Clarke, 1971; Hays, 1974; Panoff, 1972) et confirment que les relations entretenues avec la ressource sont attachées à une histoire et à une organisation de la vie sociale, dont les dimensions identitaires doivent aussi être prises en compte. Depuis la formalisation du lien entre diversités biologique et culturelle au sein du concept de biodiversité en 1992, de nombreux projets de recherche et de développement n'abordent malheureusement les pratiques dites traditionnelles que dans l'espoir de découvrir des techniques naturalistes répondant à une « sagesse écologique » et transposables à d'autres sociétés. L'interprétation de ces savoirs, quand ils sont réduits au rang de recettes et abstraits de leur cadre cognitif et socioculturel, peut entraîner des non-sens anthropologiques (Bahuchet et al., 2001).

Quelles que soient les bonnes intentions affichées par ceux qui en font la promotion, cette simplification des enjeux de la conservation constitue une menace pour l'avenir de communautés qui se trouvent alors jugées selon des critères qui leur demeurent étrangers et qui tendent à réduire le respect dû à leur mode de vie, à l'estimation de ses bénéfices environnementaux. En adoptant le discours écologico-indigéniste de certaines ONG, institutions sociales ou religieuses, ou même de scientifiques (D. Chartier, 2005), des populations locales vont jusqu'à reformater (Michon, 2002) leurs revendications politiques et leurs pratiques pour bénéficier des faveurs des bailleurs de fonds. C'est ainsi qu'après avoir rejeté leur identité indigène à la fin des années 1980, les peuples de la forêt du Brésil plaident désormais pour un statut de population traditionnelle (Pinton, 2002, 2005) leur permettant d'acquiescer une reconnaissance internationale. On assiste alors à une reconstruction des savoirs et savoir-faire, à une naturalisation des cultures et des traditions qui les figent en leur enjoignant de ressembler à leur propre image. Ce processus ne favorise pas la capacité de ces peuples à déployer les puissances d'invention qui leur sont propres (Kohler, 2011). Il contribue plutôt à leur homogénéisation culturelle. L'intégration des diversités biologique et culturelle au sein du concept de biodiversité peut ainsi constituer une liaison dangereuse.

La récupération, par les populations indigènes, des objectifs de la conservation de la biodiversité au nom de leurs revendications territoriales et culturelles, montre que les savoirs naturalistes locaux ne sauraient être compris comme de simples bons procédés pour l'exploitation et l'utilisation durables des milieux. La reconnaissance de la valeur des différentes pratiques traditionnelles mobilise des problématiques identitaires et politiques qui dépassent largement les questions liées à la conservation des ressources et à la protection des milieux (Eloy et al., 2013).

Motivations pour choisir une variété cultivée

Les valeurs ou les motivations qui sous-tendent les choix des paysan·nes-agriculteur·rices nous ont questionnés sur l'ensemble de nos terrains d'étude, depuis le Vanuatu jusqu'à la France. Au Vanuatu, nous avons pu montrer que les critères agronomiques étaient loin d'expliquer la présence d'une forte richesse de cultivars de taro au profit de valeurs socioculturelles (transmissions culturelles, statut social) ; en Colombie, nous avons pu observer comment l'accès au marché pouvait engendrer une réduction drastique de la diversité ; au Cameroun, M. Comptour a mis en évidence les propriétés agronomiques des variétés de manioc (cultivées sur des îlots dans des plaines inondables ou sur des îles inondables) ; à Gaillac, A. Doncieux a trouvé un équilibre chez les viticulteur·rices entre les motivations d'ordre affectif, extérieures ou qui relèvent du triple métier de viticulteur·rice, vinificateur·rice ou vendeur·se. C'est avec cette dernière thèse que nous avons réussi à pousser plus loin la diversité des motivations, leur entrelacement et leur hiérarchisation. Nous ne développerons dans ce mémoire d'HDR que deux exemples contrastés, le Vanuatu, loin d'une économie de marché, et Gaillac, inscrit dans une dynamique mondiale. Dans les deux cas, nous avons observé la distribution de la diversité entre les champs et entre les agriculteur·rices pour comprendre les motivations de ces derniers à sélectionner les variétés qui composent leur portefeuille.

Valeurs associées à une diversité de taro au Vanuatu

Section rédigée à l'aide des articles :

Caillon S. & Lanouguère-Bruneau V. (2005). Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. Journal de la Société des Océanistes, 120-121(1): 129-148.

*Caillon S., Quero-García J., Lescure J.-P. & Lebot V. (2006). Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu. Genetic Resources and Crop Evolution 53(6): 1273-1289*

Caillon S. (2005). Les taros du Vanuatu: Que conserver et comment? Nature Sciences et Sociétés, 13(3): 306-310

Caillon S. & Degeorges P. J. (2007). Biodiversity: negotiating the border between nature and culture. Biodiversity and Conservation, 16(10): 2919-2931

Les horticulteur·rices du village de Vêtuboso conservent 96 différents cultivars de taro. Après enquêtes et surtout observation, nous avons pu montrer que six de ces cultivars, qui sont cultivés sur 83% de la surface plantée en tarodièrre, permettraient de répondre à des exigences de productivité agronomique, de consommation journalière (en étant cuisinés de multiples manières), d'usages cérémoniels (mariages, enterrements...). Les 90 autres cultivars, cultivés sur 17% des terres, sont maintenus pour répondre à des attentes d'esthétisme (un cultivar dont les feuilles sont marbrées vert et blanc), mais surtout pour maintenir un statut social au sein du village (la tarodièrre est une vitrine du savoir-faire), détenir un objet d'échange rare et ainsi consolider leur réseau social, et surtout maintenir leurs liens aux ancêtres à travers l'histoire véhiculée par chaque cultivar. Dans un monde où rien ne résiste aux cinq mètres de

pluviométrie annuelle et aux cyclones, les taros se reproduisant à l'identique par voie clonale, deviennent des objets intemporels. En donnant son nom à un nouveau cultivar, un horticulteur-rice s'assure de la pérennité de sa mémoire. Ces 90 témoins du passé assurent la continuité entre le passé et le présent et permettent des mécanismes de mémoire culturelle ; à la rencontre d'un nouveau taro, un parent racontera à son enfant l'histoire de l'ancêtre dont le taro porte le nom. Annie Walter (1996, p. 1) avait raison d'introduire son article par la phrase « la biodiversité c'est avant tout la terre », car les habitants de Vêtuboso s'ancrent d'autant mieux au lieu qu'ils ont à leur disposition cette bibliothèque vivante de biographies, de récits historiques et fictifs.

Les populations autochtones et les communautés locales entretiennent des degrés variés de socialisation avec la diversité du vivant qui caractérise les milieux dont elles dépendent et qu'elles s'approprient de différentes manières. L'étude des processus traditionnels d'identification et de nomenclature permet de rendre compte de la diversité biologique telle qu'elle est perçue et pensée par les populations locales. Ainsi, les habitants de Vanua Lava n'ont-ils qu'un seul nom, *qiatrev* (le « taro qui marche »), pour l'ensemble des taros dits sauvages. Ces plantes, qui sont en fait des échappés de culture, présentent pourtant une gamme étendue de formes et de couleurs originales, mais les taros cultivés et les taros sauvages n'arborent pas les mêmes statuts sociaux. L'agriculteur-rice ne s'intéresse pas, en tant que tel, à la variété des plantes ensauvagées, car il ne les côtoie pas quotidiennement, au contraire des cultivées. Un cas similaire existe chez les Palikur de Guyane française (Ouhoud-Renoux, 2000; Pujol et al., 2005).

De même, une certaine diversité peut passer inaperçue, par manque d'intérêt, dans l'établissement d'un inventaire académique effectué par des botanistes, ou en raison des difficultés pratiques et des coûts financiers et humains que requiert sa mesure scientifique. Ainsi, si l'on se réfère à l'index de Kergelen aujourd'hui en usage, la flore française identifie un nombre important de sous-espèces et de variétés, alors que les flores tropicales s'arrêtent souvent à l'espèce (par ex. Flora Neotropica in Smith, 1974) par manque de prospection. La biodiversité sera d'autant mieux reconnue que ceux qui l'étudient sauront la défendre ou la promouvoir. Les chercheurs académiques, à ce sujet, quelle que soit leur discipline, ne sont pas neutres, car comme le remarque D. Takacs (1996, p. 184, 189, 194-96), lorsque les biologistes, par exemple, militent pour élever la protection de la biodiversité au rang d'intérêt général, ils « renégocient la frontière » entre l'expertise scientifique et la légitimité politique. « Toute prescription en matière de conservation est porteuse d'un jugement de valeur, même si l'on se contente d'affirmer simplement que la biodiversité est un bien ». Encore faut-il s'entendre sur la composition ou le niveau d'organisation de la diversité à protéger. Par la multiplicité des significations et des valeurs qu'elle englobe, la notion de biodiversité favorise notre propension à reconnaître dans le miroir de la nature nos préférences, nos convictions ou nos aspirations. Cette ambiguïté est une source potentielle de conflits et de malentendus, en particulier quand il s'agit de concilier les dimensions culturelle et biologique de la biodiversité.

Valeurs associées à une diversité de cépages à Gaillac

Section rédigée à l'aide des articles :

Doncieux A., Yobregat O., Prudham S., Caillon S. & Renard D.* (en cours de soumission). Agrobiodiversity dynamics in a French wine growing region through a mixed quantitative and qualitative approach. OENO One.*

Doncieux A., Yobregat O., Renard D. & Caillon S.* (en cours de soumission). Grape selection values from a grower perspective. Journal of peasant studies.*

Le vignoble gaillacois est plurimillénaire, son activité viticole est attestée dès l'époque romaine (Balmelle et al., 2001). On y dénombre un nombre significatif de cépages singuliers : 62 cépages sont cultivés aujourd'hui, 211 en 1960 (Figure 8) suite à l'abandon forcé des hybrides (Figure 9). Une Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) a été mise en place sur 72 communes du nord-ouest du Tarn et représentant une superficie plantée de 3150 hectares, parmi 6800 ha toutes indications géographiques confondues (Figure 10). Son cahier des charges permet la production de 10 types de vins (effervescents, tranquilles, doux, blanc, rosé, rouge, etc.) grâce à 40 cépages autorisés toutes appellations confondues (AOC et IGP). On compte aujourd'hui près de 300 exploitations viticoles (50% récoltants, 50% coopérateurs), deux coopératives viticoles et un négociant. Les vigneron-nes ont 50 ans, en moyenne et cultivent une surface moyenne de 30 ha.

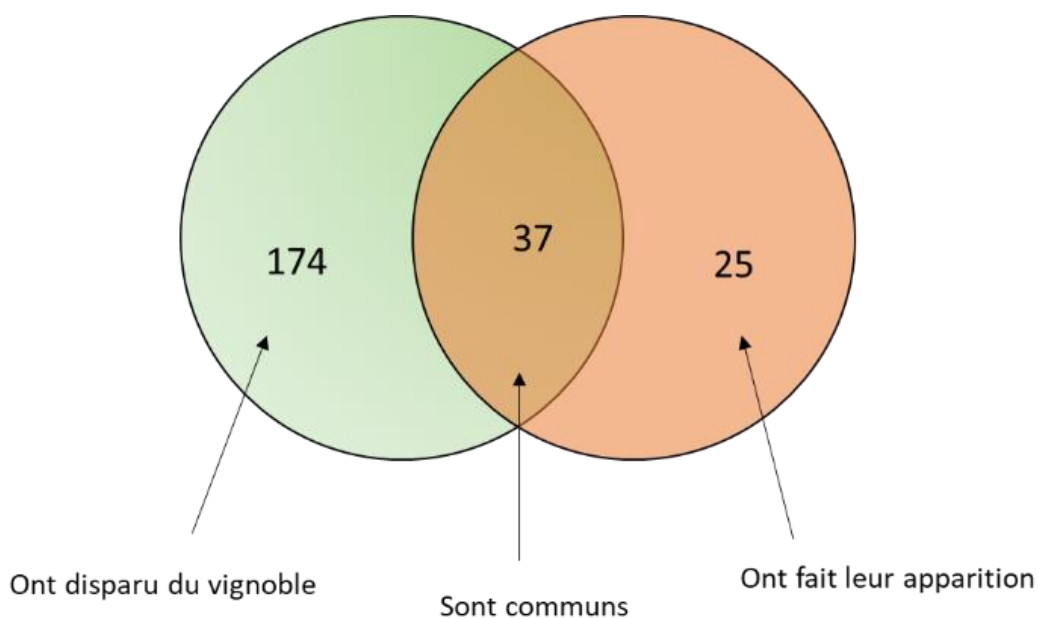


Figure 8 Dynamique de l'encépagement (nombre de cépages) à Gaillac entre 1960 et 2020 (@Rignault 2022).

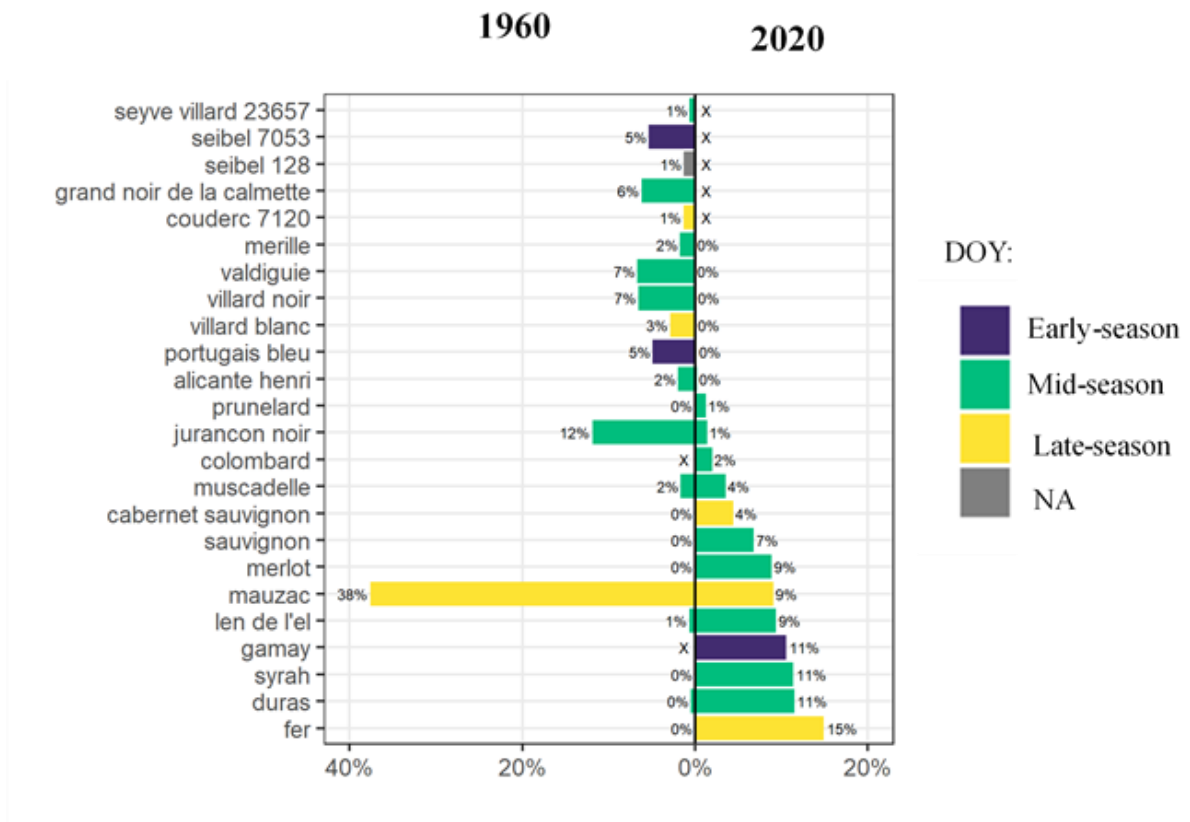


Figure 9 Barplot showing mains grape varieties for 1960 (N=14 varieties, covering 92% of total planted area) on the left side of the graph and 2020 (N= 13 varieties, covering 96% of total wine growing area) on the right part of the graph. Black crosses mean that the variety was not cultivated and numbers represent the percentage of cultivated area for 1960 and 2020. Barplots are filled according to the potential ripening period of each variety: in blue (early-season; < 237 DOY); in green (mid-season (238-247) and in yellow (late-season; > 248 DOY) (@Doncieux 2022).

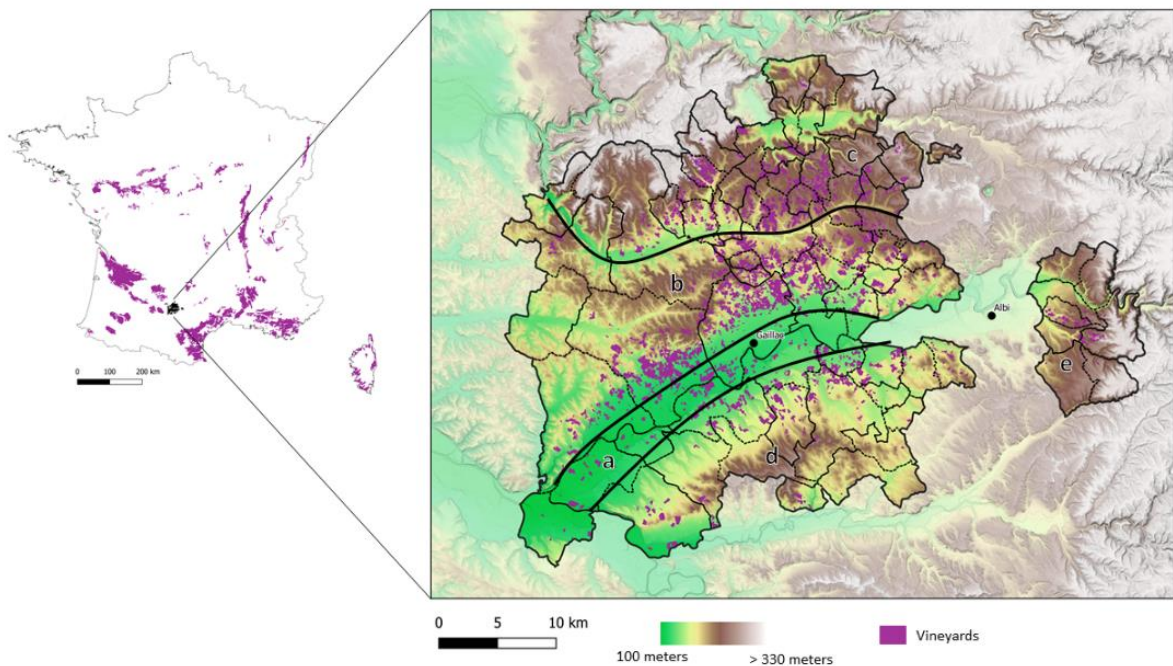


Figure 10 Carte de la région viticole de Gaillac (@Doncieux 2022).

Afin de comprendre comment les vigneron·nes de Gaillac ont choisi leurs cépages, nous avons enquêté 31 hommes et quatre femmes, dont 30 vigneron·nes indépendant·es et cinq vigneron·nes coopérateur·rices, et 18 impliqué·es en agriculture sans entrant chimique et 17 engagé·es en agriculture dite conventionnelle. Les vigneron·nes enquêté·es cultivent des surfaces entre 1.2 ha et 153.3 ha, avec une moyenne de 28.9 ± 29.8 ha. Chaque producteur cultive de 4 à 22 (moyenne $10,5 \pm 4,5$) cépages, comprenant les sous-variétés de Mauzac qui sont considérées comme des cépages distincts par les producteurs. Nous leur avons demandé d'énoncer les raisons pour lesquelles ils ont choisi chacun des cépages qu'ils cultivent aujourd'hui. Les enquêtes ont été enregistrées et retranscrites et les motivations ont été classées selon une approche déductive-inductive.

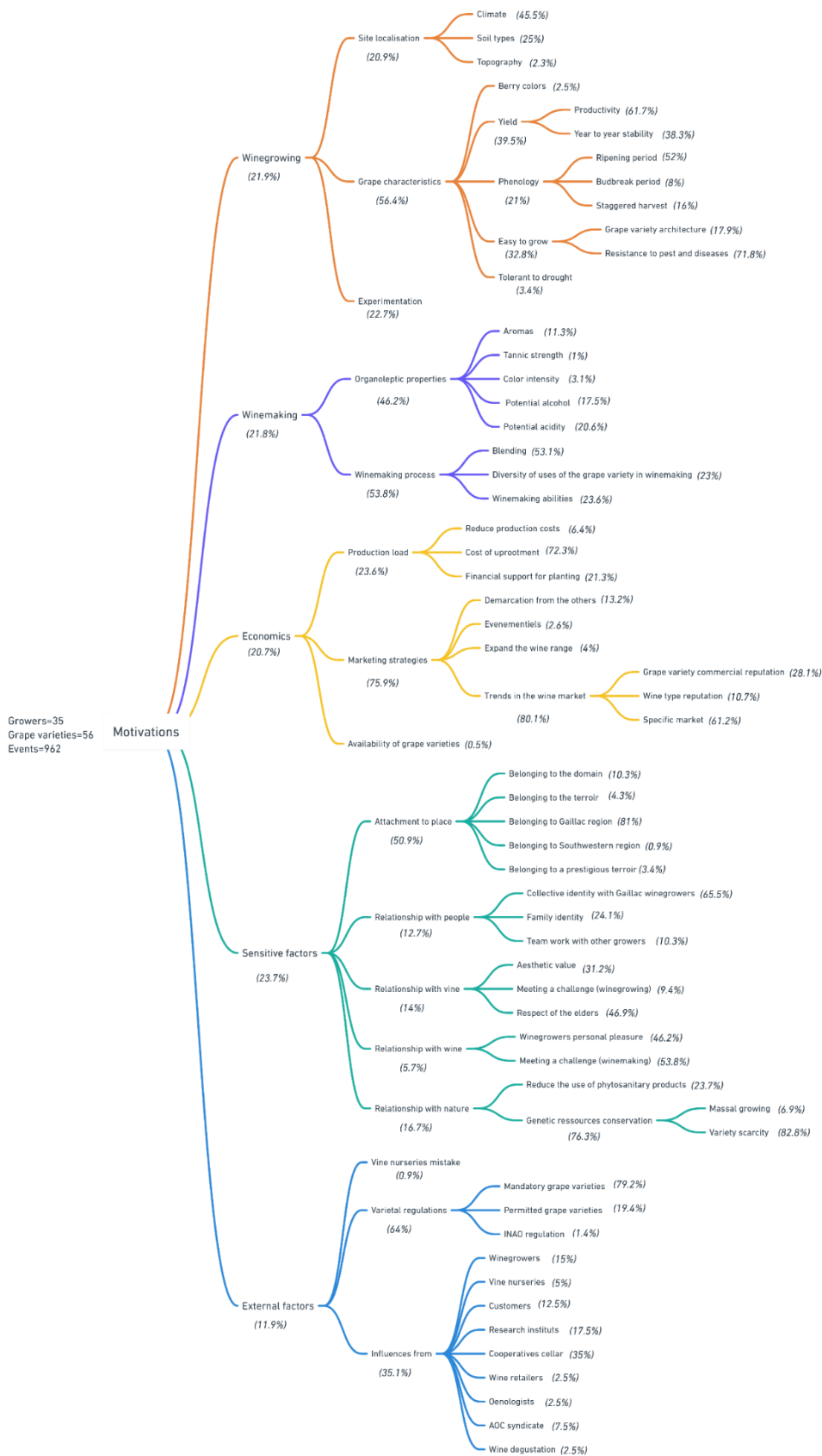


Figure 11 Arbre de décision présentant l'ensemble des motivations qu'un-e vigneron-ne peut mobiliser lors du choix d'un cépage en particulier. Les pourcentages résultent de la somme agrégée de l'ensemble des enquêtes (nombre de fois qu'une motivation a été énoncée lors de toutes les enquêtes / nombre total des motivations pour chaque niveau de décision) (@Doncieux 2022).

Pour détecter des associations entre les motivations, les cépages et les producteurs, nous avons utilisé la modélisation par blocs latents multiples (LBM). Pour ce faire, nous avons analysé le réseau tripartite « motivations X [cépages, producteurs] » sous R™ version 3.6.2 (R Core Team, 2019) en utilisant le package *sbm* (Barbillon et al., 2017). La modélisation par bloc est une stratégie de regroupement non supervisée, qui recherche des sous-groupes de nœuds partageant des propriétés de connexion similaires. Le nombre de groupes est décidé par une sélection de modèles similaires au critère d'information bayésien, sélectionnant le modèle qui s'ajuste le mieux aux données selon le principe de parcimonie. Les liens entre les motivations et les cépages représentent le nombre de fois où chaque motivation a été citée pour un cépage spécifique et les liens entre les motivations et les producteurs représentent le nombre de fois où les producteurs ont cité les différentes motivations (Figure 7).

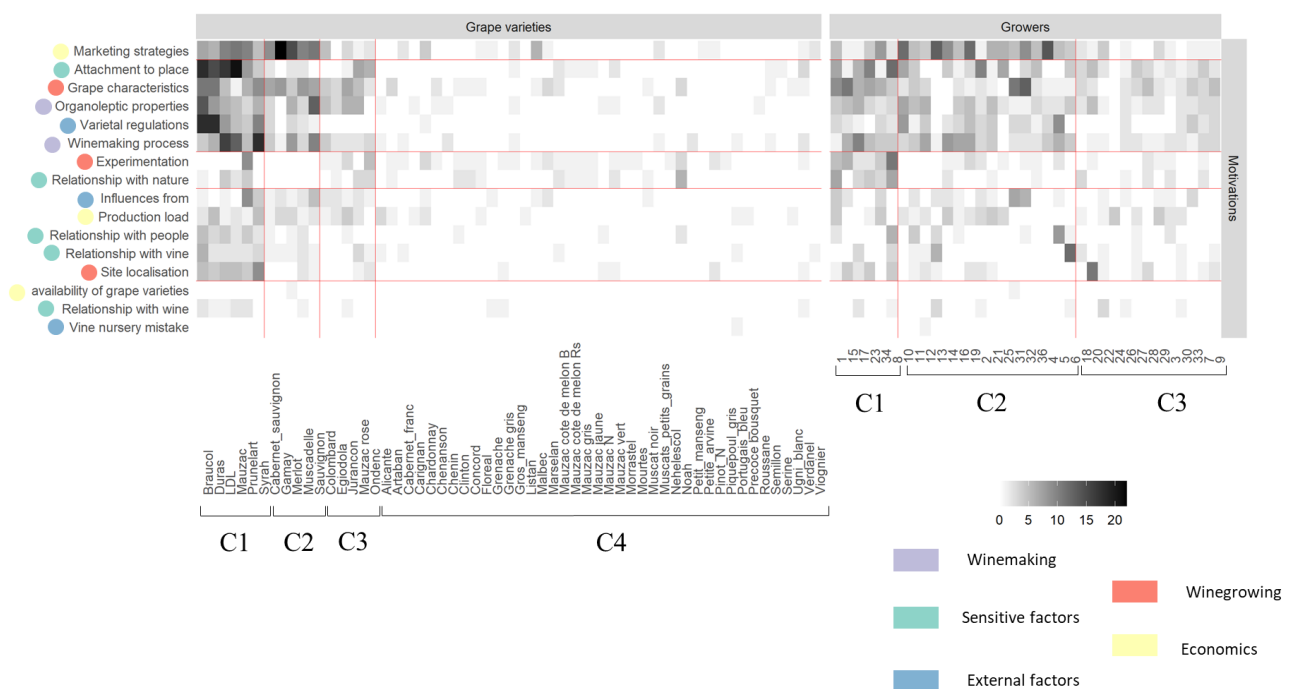


Figure 12 Modélisation par blocs latents multiples (LBM) pour détecter des associations entre les motivations, les cépages et les producteurs (@Doncieux 2022).

Les quatre groupes de cépages identifiés selon les motivations invoquées par les vigneron·nes enquêtés diffèrent selon leurs qualités viticoles ou vinicoles, leur relation au sensible que chaque cépage renvoie, les potentialités économiques, et les facteurs externes (Figure 13). Lors des enquêtes auprès des acteurs clés du secteur (œnologues, instituts de recherche...), il en ressort que les cépages seraient principalement choisis selon leur valeur économique ; le groupe deux (C2) illustre bien ce propos, mais ne représente que cinq cépages. La majorité des cépages (40 pour le groupe 4 et 5 pour le groupe 3) sont choisis principalement pour leurs qualités agronomiques. Nos recherches démontrent que les valeurs sensibles comme l'attachement au lieu, la relation aux autres humains, à la vigne ou à la nature, sont des motivations prépondérantes de manière exclusive dans le premier groupe, et partagée dans les groupes 3 et 4. Le terroir, mais surtout la relation du vigneron·ne à la plante ne peut être

mis sous silence lorsque l'on parle d'agrobiodiversité. Ces résultats chez des agriculteur·rices en France rejoignent ceux chez des horticulteur·rices du Vanuatu.

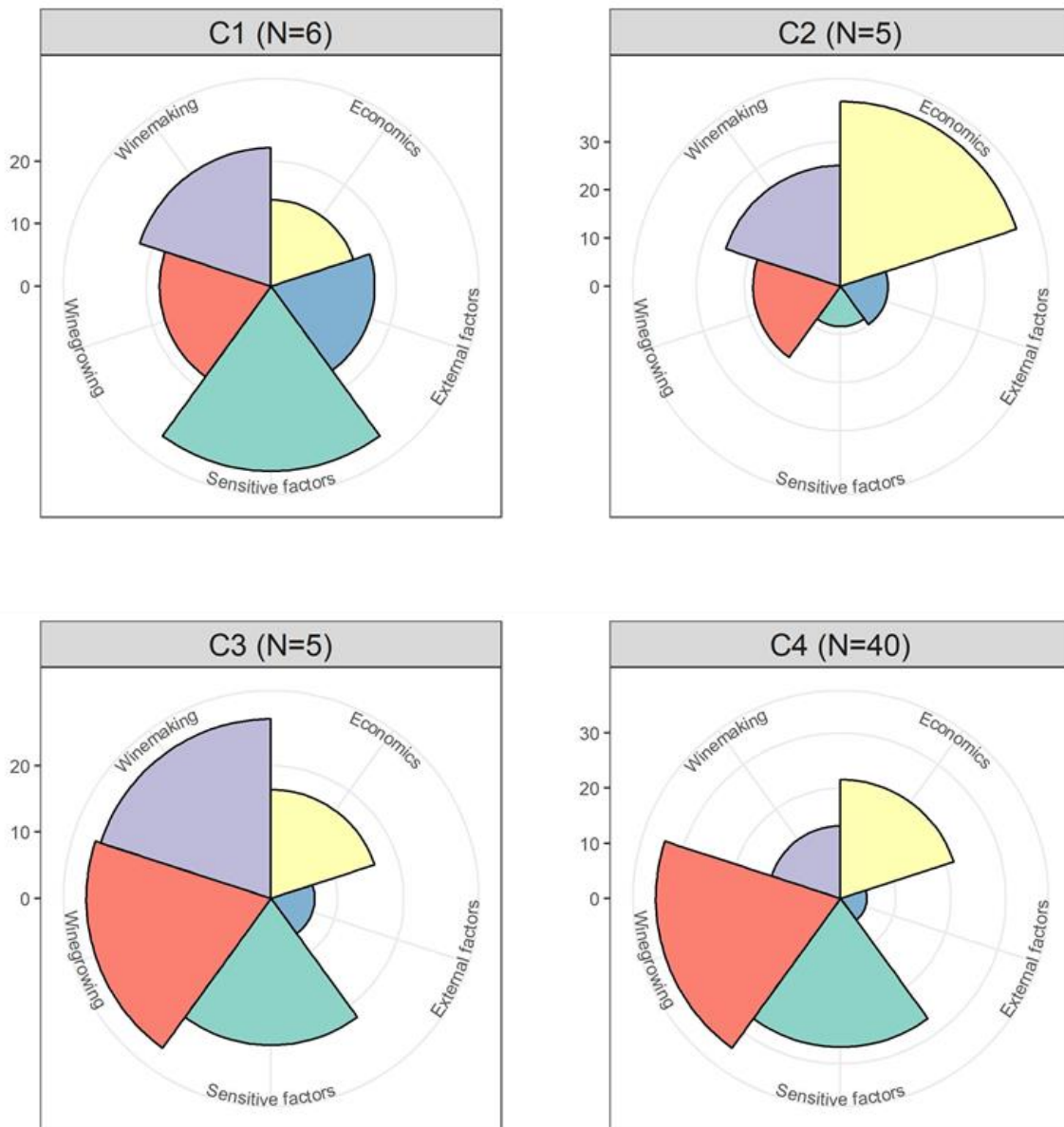


Figure 13 Agencement des groupes des cépages définis par LBM selon leurs qualités viticoles ou vinicoles, leur relation au sensible que chaque cépage renvoie, les potentialités économiques, et les facteurs externes (@Doncieux 2022).

Notre modélisation nous permet d'identifier trois groupes de vigneron·nes selon la manière (i.e. les motivations énoncées) dont elles ont choisi leurs cépages actuels (Figure 14). Le premier groupe aime expérimenter de nouveaux cépages ou des cépages rares du terroir. Le deuxième groupe est surtout motivé par des valeurs économiques. Le troisième groupe va choisir ses cépages selon les potentialités écologiques de leur domaine. Pour chaque groupe, l'attachement au lieu est une valeur prépondérante.

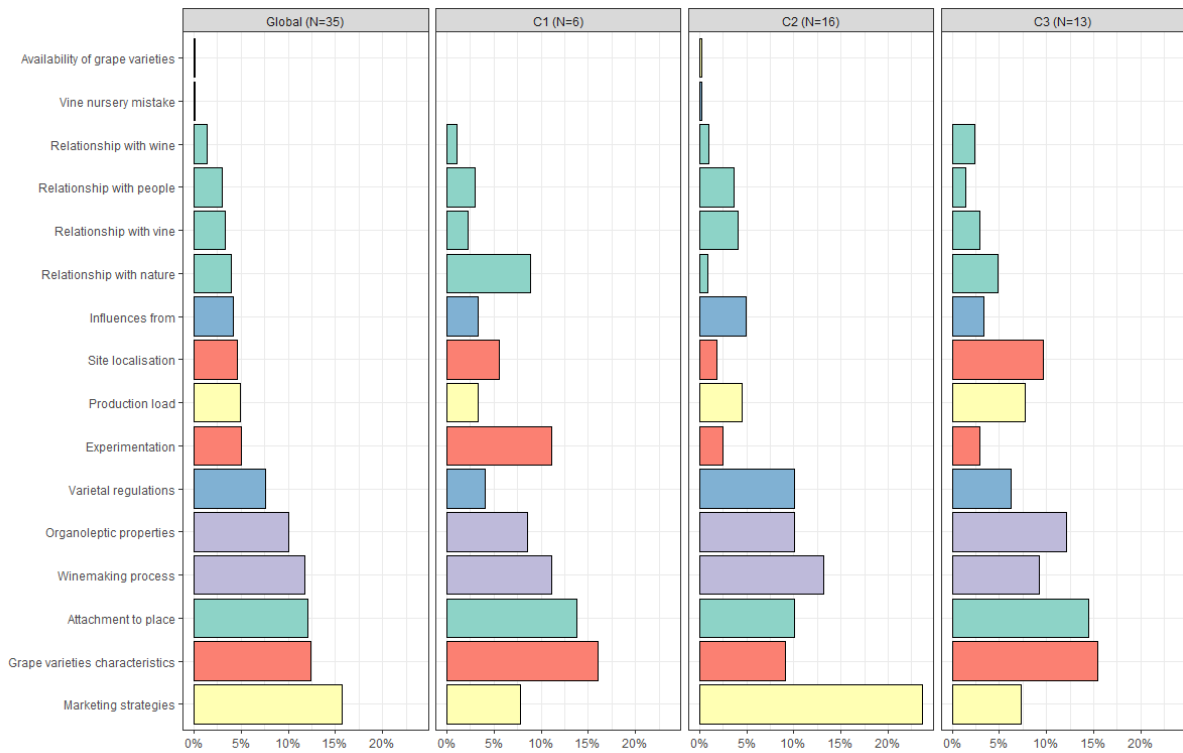


Figure 14 Agencement des groupes des vigneron·nes définis par LBM selon le type de motivations qu'ils mettent en avant pour choisir leurs cépages. Global représente l'ensemble des vigneron·nes enquêté·es. C1-3 = les trois groupes de vigneron·nes (@Doncieux 2022).

Stratégies d'acquisition des plantes

Théorie sur la circulation des plantes et des connaissances

Section rédigée à l'aide des articles :

Thomas M. & Caillon S. (2016). Effects of social status of farmers and biocultural value of plants on seed circulation networks in Vanuatu. Ecology and Society 21(2): art13.

Labeyrie V., Caillon S., Salpeteur M. & Thomas M. (2019). Network analysis: linking social and ecological dynamics. In Waldeck R. (ed.), Methods and interdisciplinarity, Iste Ltd. & Wiley, Londres : 69-97

Echanger des biens non ritualisés

« Rien n'est lié à tout, tout est lié à quelque chose » (Haraway, 2020, p. 56).

L'étude de la circulation des objets tangibles et intangibles entre les individus peut aider à comprendre les relations sociales humaines. La circulation des objets socialement valorisés, échangés principalement lors des cérémonies, a été largement étudiée par les anthropologues sociaux. Parmi les exemples d'Océanie, on peut citer les études de Malinowski (1922), Dark (1974), Weiner (1992), Bonnemaïson (1996), Godelier (Pautasso et al., 2013; Thomas et al., 2011)(1996) et Stern (2013). Cependant, peu d'études océaniques ont traité de la circulation des produits de subsistance (Monnerie 2014). Cette lacune doit être surmontée, car les cérémonies ne peuvent être organisées sans la circulation quotidienne d'objets non ritualisés (Monnerie 2012). Analyser la circulation d'objets non prestigieux comme les plantes alimentaires dans la vie quotidienne est également nécessaire pour mieux comprendre les choix de subsistance des agriculteur-rices lorsqu'ils constituent leur ensemble de plantes cultivées en décidant comment faire face aux changements environnementaux et sociaux. La circulation ou échange des semences – des objets tangibles, non ritualisés et aliénables (c'est-à-dire pouvant être transférés à quelqu'un d'autre) – est l'un des processus clés du maintien de la diversité des cultures locales aux niveaux intra- et interspécifique (Hodgkin et al. 2007)(Pautasso et al., 2013; Thomas et al., 2011), assurant ainsi le potentiel évolutif des agrosystèmes et contribuant à leur durabilité (Jarvis et al., 2011; Leclerc & Coppens d'Eeckenbrugge, 2011; Thomas et al., 2011). L'étude de la façon dont la circulation des semences affecte la dynamique de la diversité des cultures est donc cruciale pour comprendre les stratégies des agriculteur-rices pour faire face aux défis socio-économiques et environnementaux mondiaux tels que le changement climatique (Bellon et al., 2011). La circulation des semences a récemment été étudiée par des ethnobiologistes, des géographes humains et des anthropologues sociaux, en particulier pour décrire les relations entre les plantes et les humains en tant que processus socioculturels. La représentation en réseau a été initialement utilisée pour cartographier graphiquement la circulation des semences (Empereire et Peroni, 2007)(Abay et al., 2011; Demeulenaere et al., 2018). Des articles plus récents ont mobilisé l'analyse des réseaux sociaux pour étudier les relations entre les métriques des réseaux et les attributs des agriculteur-rices à travers des modèles de régression (Poudel et al., 2015)(Ricciardi, 2015). Calvet-Mir et al. (2012) et Reyes-García et al. (2013) se sont intéressés au lien entre le niveau de connaissances écologiques locales des agriculteurs et leur centralité au sein des réseaux d'échange de semences dans le contexte

des jardins domestiques espagnols. Kawa et al. (2013) ont montré, dans trois communautés voisines de caboclos amazoniens, que les agriculteur·rices ayant les plus hauts niveaux de diversité végétale n'étaient pas ceux qui étaient les plus centraux au sein du réseau d'échange de semences. Dans ces études, les réseaux de circulation des semences ou des plantes ont été documentés d'un point de vue immatériel, car on a seulement demandé aux informateurs à qui ils demandaient des semences. Très peu d'études ont observé la circulation matérielle des semences en demandant l'origine de chaque plante individuelle ou de chaque variété (Coomes & Ban, 2004)(Emperaire & Peroni 2007). La circulation des semences ainsi décrite est donc une réalisation physique de réseaux sociaux préexistants (Badstue et al., 2006, 2007; Boster, 1986; Ellen & Platten, 2011; McGuire, 2008). L'accumulation d'une diversité de plantes, que ce soit au niveau des espèces ou des variétés nommées, est souvent associée à la recherche de prestige (Caillon & Degeorges, 2007)(Heckler, 2004 ; Muller, 2009). Est-ce également vrai de l'acte d'échange de plantes et de leurs propagules ? Les chercheurs qui étudient les objets socialement valorisés reconnaissent que les échanges et la réciprocité renforcent le prestige social des personnes les plus actives dans l'échange (Mauss, 1950)(Godelier, 1996). Des idées similaires sur l'importance du statut social se retrouvent en sociologie (Agneessens & Wittek, 2012; Lazega et al., 2012). En anthropologie sociale, les exemples du « cercle kula » (Malinowski, 1922; Weiner, 1992) et du système « Big Men » (Sahlins, 1965) en Mélanésie sont particulièrement célèbres et illustratifs ; dans ces systèmes, dépenser la richesse est une stratégie pour gagner ou maintenir le prestige et le pouvoir. En effet, les grandes cérémonies organisées par des individus ayant un statut social élevé, les Big Men, reposaient sur une multitude d'échanges d'objets rituels et de plantes alimentaires socialement valorisées. Ces Big Men gagnaient leur titre à force de générosité dans la manière dont ils redistribuaient leur richesse, notamment lors de ces cérémonies finales. Bien que les Big Men n'existent plus aujourd'hui au Vanuatu, notre étude a visé à tester si ces systèmes hiérarchiques ont laissé une trace dans la structuration de la circulation d'objets plus couramment échangés, les plantes alimentaires (Thomas & Caillon, 2016).

Si l'on considère la circulation des plantes comme un réseau social, la fourniture de graines pourrait également contribuer à renforcer et à maintenir le prestige (Coomes et al., 2015; Heckler & Zent, 2008; McGuire, 2008). Allant plus loin dans la description des réseaux de circulation des plantes, Ellen & Platten (2011) ont montré que les espèces et variétés végétales suivent des chemins distincts en fonction de leurs caractéristiques biologiques telles que leur mode de propagation (graines vs boutures ou tubercules) ou leur capacité de stockage et de redistribution. Cependant, une plante est plus qu'un simple objet biologique. À travers son histoire, sa nomenclature et ses usages, une plante véhicule des souvenirs du passé et procure une identité culturelle (Caillon & Degeorges, 2007; Caillon & Lanouguère-Bruneau, 2005; Di Piazza, 1999; Heckler & Zent, 2008; Leclerc & Coppens d'Eeckenbrugge, 2011)(Muller, 2009). Les plantes sont ainsi définies comme des objets bioculturels, car les agriculteur·rices entretiennent des relations différentes avec elles en fonction de leurs caractéristiques biologiques et socioculturelles. Les agriculteur·rices définissent des catégories locales de plantes en fonction de ces caractéristiques bioculturelles, qui concernent principalement leurs usages, les pratiques agricoles qui leur sont appliquées, les agroécosystèmes où elles sont cultivées et leurs formes biologiques (Benz et al., 2007; Garine et al., 2013; Meilleur, 1987).

Les agriculteur·rices classent également ces catégories locales en fonction de la valeur bioculturelle qu'ils accordent aux plantes comme un aspect de la vision locale du monde (Pollock, 1992).

La théorie des réseaux

Les méthodes d'analyse de réseaux sont mobilisées depuis plusieurs décennies par certaines disciplines (sociologie, épidémiologie et physique), et connaissent des développements rapides dans d'autres (géographie, anthropologie, et écologie). Elles suscitent également un intérêt croissant dans des domaines interdisciplinaires, comme l'étude des systèmes sociaux-écologiques. Par exemple, les réseaux de circulation des semences jouent un rôle capital dans les dynamiques de la diversité des plantes cultivées (Coomes et al., 2015). En effet, la structure des réseaux constitue une trace des processus sociaux et écologiques impliqués dans les systèmes étudiés. Ces réseaux, modelés par différents processus sociaux, s'appuient notamment sur divers types de relations préexistants entre individus. En analysant cette structure, il est ainsi possible de mettre en évidence les processus impliqués et de quantifier leur effet. Ces méthodes ouvrent de nouvelles perspectives pour comprendre les processus impliqués dans la structure et les dynamiques de ces systèmes, ainsi que leurs propriétés émergentes. Il s'agit également d'outils intégrateurs facilitant la collaboration entre sciences humaines et sociales et sciences de la vie, puisque les mêmes formalismes et cadres théoriques s'appliquent à l'analyse des réseaux d'interactions, que ce soit pour décrire des processus sociaux, écologiques ou sociaux-écologiques.

Cependant, les méthodes d'analyse de réseaux restent relativement complexes à mettre en œuvre, tant pour la collecte de données de terrain que pour leur analyse, et leur interprétation peut s'avérer difficile. Le recours à ces méthodes quantitatives, qui permettent d'analyser les caractéristiques structurelles des réseaux, implique donc de réfléchir en amont à leur articulation avec des approches qualitatives, permettant notamment de bien définir les hypothèses que l'analyse de réseaux permettrait de tester, et d'expliquer les résultats des analyses quantitatives, notamment en précisant la nature des interactions et en les contextualisant dans les systèmes plus globaux d'interactions entre individus au sein des sociétés, entre les individus et leur environnement, ou entre les composantes de l'environnement.

Les méthodes d'analyse basées sur les modèles de réseaux, issues de la théorie des graphes, ont été appliquées à l'étude des systèmes sociaux-écologiques (Janssen et al. 2006). Ces méthodes prennent explicitement en compte les interactions existant entre entités et constituent de ce fait des outils adaptés pour analyser les systèmes complexes. Elles permettent de réduire la complexité en mettant en évidence des régularités, des motifs répétés de connectivité entre entités, qui traduisent les processus impliqués dans le fonctionnement du SSE et déterminent ses propriétés (Bodin et al. 2006, Bodin et Crona 2009, Bodin et Tengö 2012). Ces approches permettent de répondre à deux grandes catégories de questions relatives à l'étude des systèmes sociaux-écologiques : (1) Quels sont les processus impliqués dans l'émergence et les dynamiques de la structure des réseaux d'interactions sociales et écologiques ? (2) Comment, en retour, la structure de ces réseaux détermine le fonctionnement des systèmes sociaux-écologiques ?

L'analyse des motifs structuraux permet d'inférer les processus impliqués dans la formation des réseaux et dans leurs dynamiques selon la théorie de l'analyse des réseaux sociaux, qui distingue deux grands types de processus (Lusher et Robins 2012) : i. les processus endogènes, d'auto-organisation, liés à des facteurs dits « dépendants », c'est-à-dire qui dépendent de la position du nœud au sein du réseau, et ii. les processus exogènes, déterminés par des facteurs dits indépendants, liés aux caractéristiques intrinsèques ou attributs des nœuds et des liens, et qui ne dépendent pas de leur position au sein du réseau. Ces deux types de processus interagissent dans l'émergence et l'évolution de la structure du réseau. Par exemple, un lien peut se former entre deux personnes parce qu'elles ont une connaissance en commun (processus endogène de transitivity), ou bien parce qu'elles parlent la même langue (processus exogène d'homophilie), ou encore sous l'effet combiné de ces deux facteurs.

Mes recherches sur la circulation des plantes et des connaissances

Dans les jardins du Vanuatu

Section rédigée à l'aide des articles :

Thomas M. & Caillon S. (2016). Effects of social status of farmers and biocultural value of plants on seed circulation networks in Vanuatu. Ecology and Society 21(2): art13.

Notre objectif est d'examiner la circulation quotidienne dans les espaces tant sociaux que géographiques des propagules de plantes cultivées au sein d'une communauté d'agriculteur-rices vivant sur l'île de Vanua Lava, au Vanuatu. Les propagules, ou plus simplement les graines (le terme "graine" englobant les propagules végétatives ainsi que les véritables graines botaniques) sont des objets tangibles, non ritualisés et aliénables (c'est-à-dire pouvant être transférés à quelqu'un d'autre).

En suivant une approche combinant l'observation participante et l'analyse des réseaux sociaux, nous évaluons deux hypothèses concernant les processus socioculturels qui façonnent les réseaux de circulation des plantes : les effets du statut social des agriculteur-rices et les effets des caractéristiques bioculturelles des plantes sur les modèles des réseaux de circulation. Ces deux hypothèses ont ensuite été divisées en sous-hypothèses afin d'étudier les effets qu'elles prédisent sur les modèles de réseaux.

Les plantes alimentaires n'ont pas toutes la même valeur socioculturelle, étant classées localement en trois catégories : (1) les espèces de subsistance principalement des tubercules chargés en amidon, (2) les espèces d'accompagnement que l'on consomme avec les précédentes lors des repas, et (3) les espèces destinées à être grignotées en dehors des repas comme les fruits et les noix. Ces différentes catégories présentent des statuts différents, les espèces de subsistance étant davantage valorisées culturellement que les autres. Notre étude vise donc (1) à comparer les réseaux de circulation de ces différentes catégories de plantes afin de tester si leur structure différait, et (2) tester l'existence d'individus plus actifs que la moyenne dans les échanges.

Pour tester ces hypothèses, une étude a été menée dans une zone de 10 km le long de la côte sur l'île de Vanua Lava dans la région des Banks, au nord de l'archipel du Vanuatu. Des enquêtes visant à recenser les événements de circulation de matériel végétal de l'ensemble

des plantes cultivées – 31 espèces réparties en 254 variétés – ont été conduites auprès de 16 foyers totalisant 30 adultes ayant migré depuis une île voisine Mota Lava. Dans le cas des plantes et des personnes, nous avons opté pour une démarche exhaustive. Les entretiens visaient à identifier comment ces 30 migrants de première génération avaient trouvé la première fois chacune des variétés de plantes alimentaires présentes sur cette côte : qui a reçu la plante dans le foyer et qui leur a donné cette plante. Le réseau de circulation de l'ensemble des plantes cultivées ainsi reconstitué comportait 2049 liens orientés (« A a donné des plantes à B »), mais seuls 577 de ces liens ont été conservés pour l'analyse selon « Exponential Random Graph Models » (ERGM) qui nécessitait d'éliminer les liens établis à l'extérieur de la zone d'étude (Figure 15).

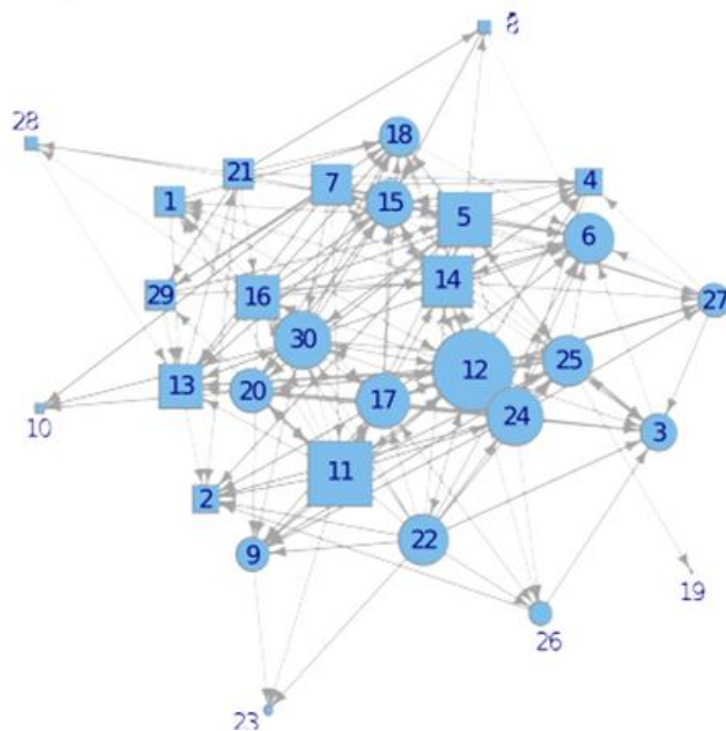


Figure 15 Réseau fermé de circulation des semences (30 nœuds et 577 liens). Les nœuds ronds représentent les femmes et les carrés, les hommes. La taille des nœuds est proportionnelle au degré sortant, c'est-à-dire le nombre de fois que la personne a donné des propagules.

Les analyses statistiques visent à tester : i. si certains individus donnent plus ou reçoivent plus que ce qui est attendu sous l'hypothèse aléatoire, ce qui est mesuré par la distribution de fréquence des degrés sortants et entrants, et ii. si les individus qui donnent plus reçoivent moins, ce qui est mesuré par la corrélation entre les degrés entrants et sortants. L'effet des processus exogènes et endogènes a également été contrôlé. Concernant les facteurs exogènes, nous avons testé: i. si les relations sont plus probables entre personnes du même genre (homophilie), et ii. si les relations sont plus probables entre personnes ayant un nombre similaire de connexions à l'extérieur de la communauté. Concernant les facteurs endogènes, nous avons contrôlé l'effet de la réciprocité directe (nombre de dyades réciproques) et indirecte (fréquence des triades circulaires), et de la hiérarchie (fréquence des triades

transitives). Ces analyses ont été réalisées avec les modèles ERGM, appliqués au réseau global (agrégé) et aux trois sous-réseaux correspondants aux trois catégories de plantes cultivées.

Les résultats obtenus (Tableau 2) montrent que les systèmes d'échanges hiérarchisés des Big Men transparaissent toujours dans la manière dont circulent les plantes alimentaires, même si les actes d'échange ne sont pas ritualisés. En effet, ils mettent en évidence l'existence d'individus donnant plus que la moyenne (la distribution de fréquence des degrés sortants diffère significativement de celle attendue si les interactions étaient aléatoires), et recevant peu de plantes cultivées des autres habitants (absence de corrélation entre degrés entrants et sortants). En revanche, l'effet de la réciprocité directe et indirecte n'est pas significatif, mais l'étude de tels processus nécessiterait d'étudier comment les réseaux de circulation des plantes cultivées s'insèrent dans le système global d'échange de la société, et donc de documenter les réseaux de circulation d'autres types de biens matériels, de services ou de connaissances.

De plus, la comparaison des réseaux de circulation des trois catégories de plantes cultivées montre que la circulation des plantes les plus valorisées culturellement, soit les plantes de subsistance, est régie par des règles d'échange plus strictes que les autres catégories.

| | | Circulation network | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Effects | | Aggregate | Starchy food | Side dish food | Snack food |
| Endo- genous factors | Arc | -3.519(1.075) * | -4.522(0.874) * | -3.506(0.752) * | -4.821(0.664) * |
| | Reciprocity | -0.392(0.377) | -0.146(0.41) | -3.517(14.928) | -0.703(1.084) |
| | Indegree | 0.342(0.403) | 0.613(0.343) | -0.537(0.503) | 0.624(0.335) |
| | Outdegree | 0.774(0.323) * | 0.999(0.301) * | 1.076(0.311) * | 0.507(0.361) |
| | Triadic transitivity (ATT) | 0.286(0.166) | 0.237(0.173) | 0.156(0.658) | 0.057(0.356) |
| | Triadic cycling (ATC) | 0.113(0.084) | 0.034(0.102) | -1.841(7.48) | -0.253(0.354) |
| | Two path (A2P) | -0.195(0.049) * | -0.132(0.057) * | -0.03(0.167) | -0.004(0.104) |
| | External indegree sender | 0.01(0.003) * | 0.013(0.003) * | 0.096(0.042) * | 0.079(0.026) * |
| Exo- genous factors | External indegree receiver | 0.006(0.003) * | 0.009(0.004) * | -0.087(0.053) | 0.027(0.022) |
| | External indegree heterophily | -0.008(0.003) * | -0.013(0.005) * | -0.087(0.049) | -0.009(0.024) |

Tableau 2 Résultats des ERGMs.

Dans cette étude, même si les mêmes méthodes statistiques d'analyse ont été appliquées, c'est une question anthropologique qui a appelé l'usage d'analyse de réseaux. Une première phase de terrain mobilisant enquêtes et observation participante a permis: i. de recenser les différentes espèces et variétés de plantes cultivées et de mettre en évidence leur statut bioculturel, ii. de rassembler des informations ethnographiques, concernant le fonctionnement de la société et les caractéristiques des individus. Ces informations ont été mobilisées avant de mettre en œuvre l'analyse de réseaux pour définir les hypothèses à tester, et *a posteriori* pour interpréter les résultats. Les connaissances ethnographiques ont notamment permis de montrer que les individus donnant plus de plantes que les autres étaient pour la plupart les plus anciens migrants ayant réussi à mieux sécuriser leurs droits à la terre selon les critères des habitants originels de l'île.

Dans les vignobles de Gaillac

Section rédigée à l'aide :

De la présentation orale (31/03/2022) d'Antoine Rignault « Les réseaux d'échange épistémique au sein du vignoble de Gaillac (Tarn) ». Master en anthropologie Université Paris-Nanterre.

*Doncieux A. *, Rignault A. *, Barbillon P., Donnet S., Renard D. * & Caillon S. * (en cours de soumission). Farmers' sources of knowledge are specialized. Social network analysis of planting material and weed management domains of knowledge from the wine-growing region of Gaillac (France). Agronomy for sustainable development*

Le mastérisant Antoine Rignault et le doctorant Antoine Doncieux ont étudié les réseaux d'échange épistémique au sein du vignoble de Gaillac (Tarn). Face aux changements climatiques, les vigneron·nes peuvent adopter des stratégies de court terme (e.g. technologies de protection contre les chaleurs extrêmes et les brûlures, changements culturels et agronomiques ; irrigation ; stratégies de gestion des sols) et/ou de long terme (e.g. délocalisation des vignobles ; changements des modes de conduite de la vigne ; sélection du matériel végétal). Nous avons choisi deux stratégies. (1) Le choix du matériel végétal engage le·a vigneron·ne sur le long terme en mobilisant des ressources économiques importantes. (2) Les stratégies de gestion du sol sont renouvelées d'année en année, on peut demander des conseils chaque année et on expérimente beaucoup. Chacune de ces stratégies est adoptée par un·e vigneron·ne selon ses propres motivations. Une fois la stratégie choisie, nous voulions savoir comment le·a vigneron·ne accède à des informations pouvant l'aider à choisir parmi une large gamme d'itinéraires techniques. Pour prendre leurs décisions techniques, les vigneron·nes puisent d'abord dans leur propre expérience, ensuite se réfèrent à leurs homologues (Nicholas et al. 2012). Dans ce mémoire de master, nous avons répondu à trois questions (1) Les vigneron·nes se tournent-elles vers des sources différentes en fonction de la nature de l'information recherchée (i.e. nature des nœuds) ? (2) Les vigneron·nes sollicitent-elles autant d'informations concernant les différents objets qui nous intéressent (i.e. nature des liens) ? (3) Comment les vigneron·nes valident-elles les informations recueillies (hiérarchie des sources et triangulations des informations) ? Pour cela, nous avons choisi de questionner 53 vigneron·nes sur leur réseau de conseils pour l'ensemble des stratégies des sols qu'ils ont

adoptés, ainsi que pour le choix de leur matériel végétal, incluant les cépages, clones et porte-greffes. Cinq acteurs centraux non vigneron·nes ont également été enquêtés (Tableau 3).

Tableau 3 Description des acteurs impliqués dans l'acquisition et la distribution d'information concernant le matériel végétal et les pratiques associées à la gestion du sol.

| Sources | Definitions | Number of nodes |
|-------------|---|-----------------|
| Farmers | | 87 |
| | Farmers | 4 |
| | Vinegrowers | 18 |
| | Winegrowers | 65 |
| Non-farmers | | |
| | Viticulture groups | 11 |
| | In person groups | 4 |
| | Virtual groups | 7 |
| | Organizations | 83 |
| | Accreditation organization | 2 |
| | Agricultural suppliers | 15 |
| | Associations | 13 |
| | Chamber of Agriculture | 10 |
| | Consulting companies | 10 |
| | Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) | 11 |
| | Research institutes | 5 |
| | Vine Nurseries | 10 |
| | Wine cooperative | 6 |
| | Books and medias | 13 |
| Total | | 194 |

Il en résulte que les types de sources de connaissances mobilisées par les vigneron·nes sont plus divers lorsqu'il s'agit des stratégies de choix du matériel végétal que pour la gestion du sol, et que les échanges entre vigneron·nes sont plus nombreux dans les deux cas (versus influence des caves coopératives, instituts de recherche et de vulgarisation, livres et autres supports virtuels) (Figure 16). Les groupements d'intérêt économique et environnemental (GIEE) sont des structures clefs au sein du réseau, car permettent de mutualiser les coûts de l'expérimentation, sous l'égide de la chambre. Même au sein du corpus de connaissances associées au matériel végétal, on s'aperçoit qu'un.e vigneron.ne ne demandera pas aux mêmes personnes s'il a besoin d'informations sur un cépage, un clone ou un type de porte-greffe.

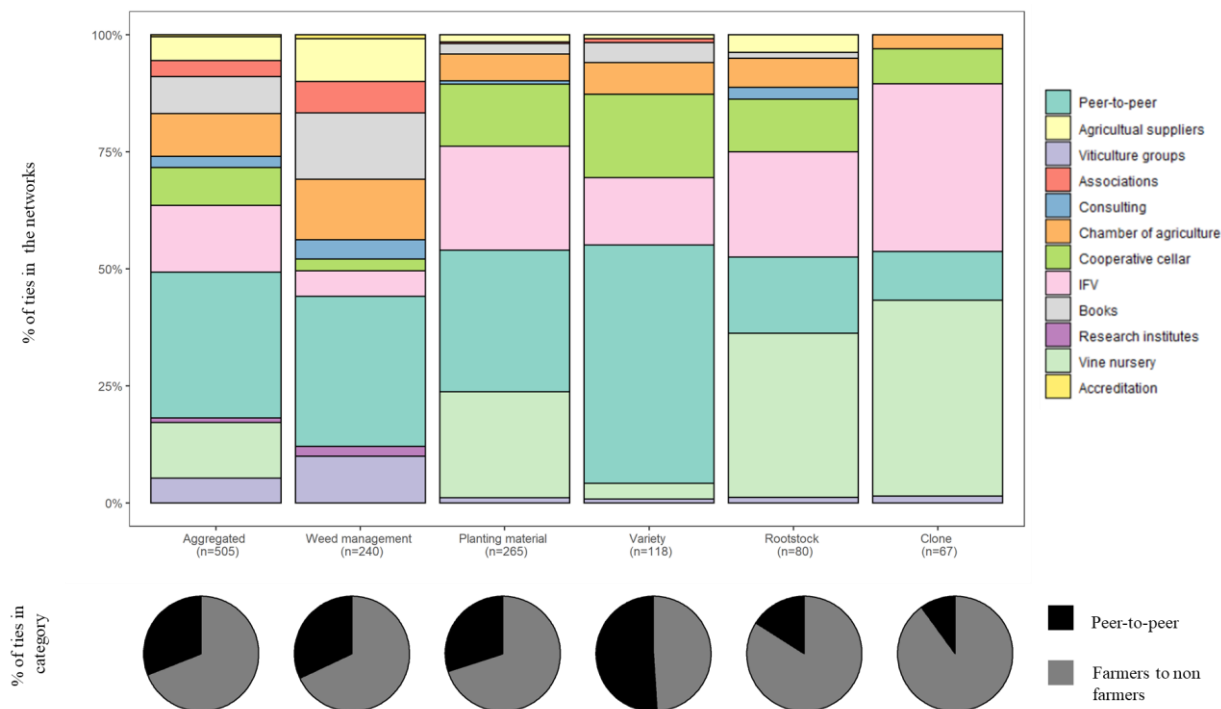


Figure 16 Histogrammes montrant le pourcentage de citation de chaque source d'information concernant l'ensemble des sollicitations (aggregated), des pratiques associées à la gestion des sols (weed management), au matériel végétal (plant material). Ce dernier domaine de connaissances a été divisé en plusieurs sous-domaines : les cépages (variety), les porte-greffes (rootstock) et les clones (clone). Les camemberts permettent de visualiser pour chaque domaine de connaissances la proportion d'échange entre agriculteurs par rapport aux autres sources.

Les échanges entre pairs sont fondamentaux. Ce type d'échange va avoir tendance à être spontané plutôt que sollicité, et on les désigne comme des « retours d'expérience » plutôt que des « conseils ». Certaines sources sont plus sollicitées que d'autres (Figure 17). L'Institut Français de la Vigne et du Vin, antenne locale (Montans), joue un rôle fondamental pour le choix des cépages, clones et porte-greffes. On observe une disjonction évidente entre cépages d'un côté et clone/porte-greffe de l'autre qui met en lumière un autre acteur important : le pépiniériste. Les pépiniéristes ne sont pas immédiatement identifiés pour leurs connaissances, et globalement déconsidérés par les vigneron·nes : qualifiés parfois de « maquignons », accusés de fournir volontairement de mauvaises commandes et, de manière générale, de vendre un matériel végétal de mauvaise qualité. Ces pépiniéristes restent néanmoins des acteurs centraux, car les vigneron·nes connaissent peu le sujet des clones et porte-greffes et ne savent pas où se renseigner.

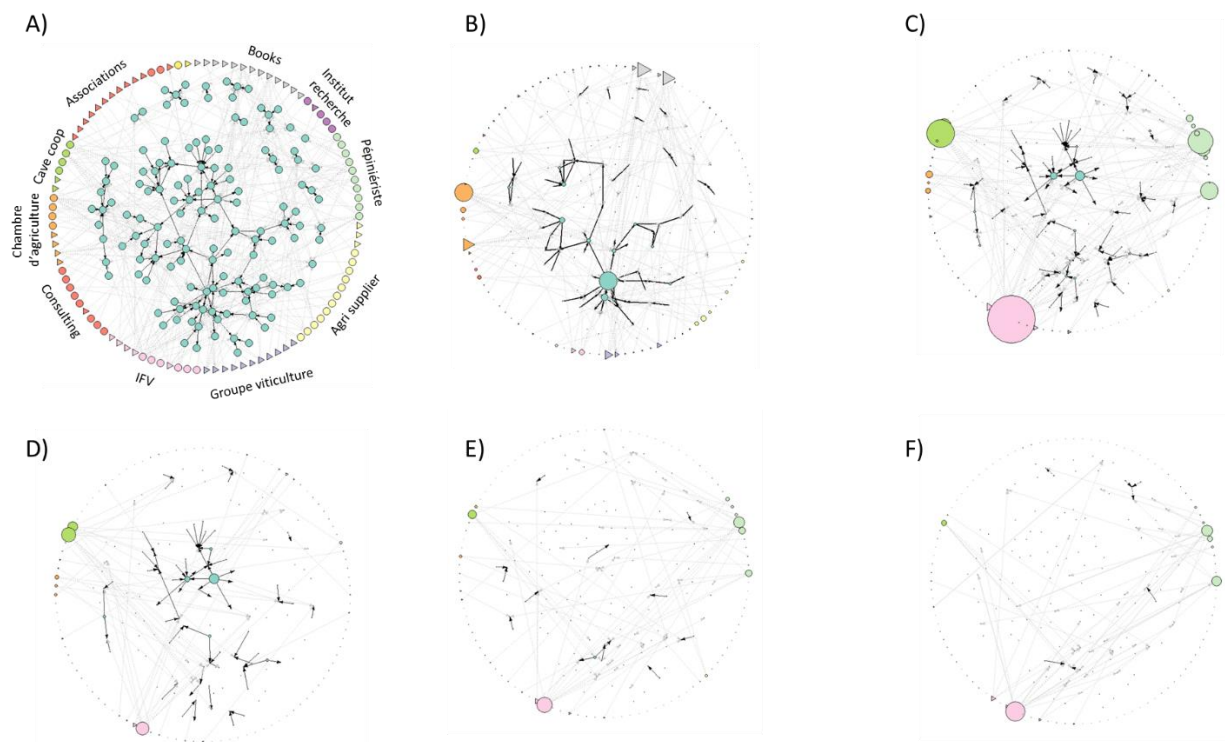


Figure 17 Réseaux de circulation de connaissances A) agrégé; B) gestion de l'enherbement; C) matériel végétal agrégé (cépage, porte-greffe et clone); D) cépage; E) porte-greffe et F) clone. Les nœuds situés en périphérie représentent les non-agriculteurs et les nœuds à l'intérieur du cercle désignent les agriculteurs. Les échanges entre les agriculteurs sont représentés par des flèches noires et les échanges entre un agriculteur et un non agriculteur par des flèches grises en pointillées. Les humains sont représentés par des cercles et les non-humains (e.g., site internet, nom d'une institution) par des triangles. A l'exception du réseau A), la taille des nœuds est proportionnelle au nombre de degrés sortants (nombre d'agriculteurs enquêtés qui ont sollicité la source).

Ces échanges leur permettent une actualisation de leurs connaissances par rapport à leur propre expérience qui reste leur première source d'information. Les vigneron·nes recherchent des connaissances lorsqu'ielles estiment qu'ielles manquent de compétences/connaissances pour prendre la « bonne » décision. Les vigneron·nes sont inégaux face à ces stratégies. Par exemple, les « néo » – vigneron·nes n'ayant pas hérité de terres viticoles – demandent à plus de personnes ou consultent plus de sources différentes afin de compenser leur manque d'expérience perçu (Figure 18).

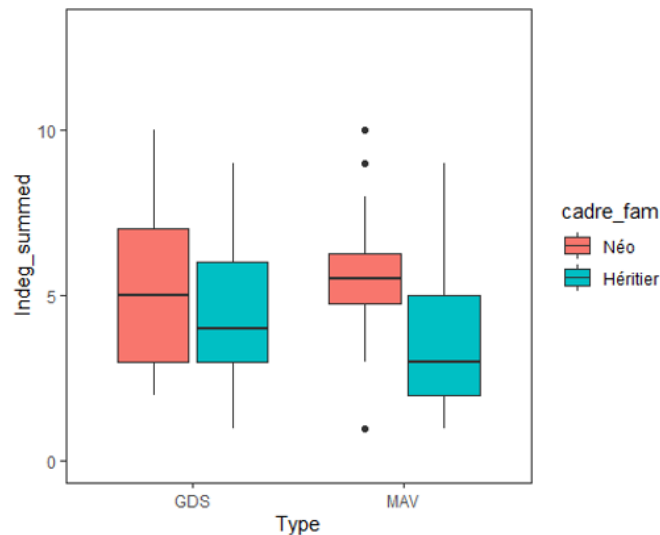


Figure 18 Nombre de demandes de conseils (In-degree) demandées par les « néo » (en rouge) et les « locaux » (en bleu) pour la gestion du sol (à gauche) et le matériel végétal (à droite).

La connaissance n'est jamais considérée en soi, toujours au travers de celui qui la transmet. Avec quels critères évalue-t-on le crédit des sources ? Une première démarche consiste à solliciter des « figures d'autorité épistémique », terme qui renvoie au « pouvoir épistémique normatif [d'une personne] et qui me donne une raison d'admettre une croyance sur la seule base que cette personne la tient pour vraie » (Zagzebski, 2013, p. 296). On identifie ces figures et on les sollicite, car on leur accorde du crédit en vertu de la connaissance qu'on leur attribue. Les échanges entre pairs s'appuient d'abord sur l'affinité, mais aussi et surtout sur une identité professionnelle commune. Les vigneron·nes sont rendus solidaires par les enjeux, les problématiques et les expériences qu'ielles partagent. Les contextes qui façonnent les cadres de la sociabilité vigneronne (salons, voisinage des parcelles, réunions des CUMA, des coopératives viticoles, associations) jouent également un rôle prépondérant pour la rencontre et donc l'échange.

Les vigneron·nes « choisissent » néanmoins leurs interlocuteurs, en plébiscitant certains vigneron·nes plutôt que d'autres. Par exemple, le fait que le vigneron·ne soit « honnête » :

« On discute avec des vigneron·nes et on en revient à ce qu'on disait tout à l'heure, parce que vous savez que la discussion elle est honnête. Et le mec il va pas vous raconter des cracks. Moi si je vais voir, il y en a plus de collègues comme ça où si je lui dis tiens comment tu fais, il va me dire comment il le fait, il va pas inventer un truc mirobolant pour que j'essaye et que je me casse la binette. Au bout d'un moment il y a des vigneron·nes, on parle pas technique avec eux, j'ai pas envie. Le mec il va m'expliquer que j'ai rien compris, que c'est pas comme ça » (Vigneron·ne BS).

Les critères de choix de ses interlocuteurs sont multiples : on parle avec ceux qui ont de « belles vignes », qui produisent du « bon vin », etc. Ces critères sont variables et dépendent des configurations axiologiques des vigneron·nes. Une des questions connexes pour le vigneron·ne est de savoir si les connaissances échangées sont transférables à son contexte,

donc à quel point il peut s'emparer immédiatement de la connaissance et la mettre en pratique. La proximité géographique joue donc à ce niveau : le partage d'un même contexte pédoclimatique avec un-e vigneron-ne rend ses connaissances facilement transférables. On cherche ainsi à actualiser la connaissance, à la rendre « locale ». Par exemple, ce vigneron voulait cultiver du Chardonnay parce qu'il avait vu comment il se comportait dans le Minervois ; cependant, le fait de voir comment il se comportait dans la région de Gaillac l'a découragé :

« Le chardonnay me séduit, m'a toujours séduit, là-bas dans le Minervois ils plantent du chardonnay, des vignes magnifiques à 100-120 hecto[litres]/hectare et ici [à Gaillac] les quatre chardonnays que nous avons, ce n'est pas très joli. C'est purement et simplement, je pense, une question de climat. Parce que les gars qui travaillent bien, il n'y a pas de raison. Ça fait du raisin une année sur trois, ça mûrit tôt. (...) Je serais là [dans le Minervois], je ne chercherais pas à comprendre, je ferais ce que font les voisins. [...] Quand on fait une bêtise, c'est comme quand on fait une bonne chose, ça passe très vite. » (Vigneron-ne CJ)

Beaucoup de décisions techniques sont également prises sans faire l'objet d'échanges de connaissance, car on estime qu'elles font partie du métier de vigneron-ne et de son honneur. Posséder ses propres connaissances et ne pas déléguer ses décisions techniques à d'autres permet de maintenir une autonomie cognitive et éventuellement de se prémunir des agendas que les acteurs du vignoble cherchent à imposer au travers de leurs conseils.

Interdisciplinarité : plus qu'une méthode, une posture

« L'ethnoécologie doit être bousculée », écrit Catherine Sabinot (2021) en invoquant l'interdisciplinarité. Or c'est bien ce qui constitue l'ethnoécologie ; son pouvoir de rassembler des individus aux cursus académiques variés et animés par la même curiosité pour l'autre. Au sein d'autres disciplines, la nécessité d'une approche interdisciplinaire des problèmes environnementaux ne fait aujourd'hui aucun doute. Après une définition rapide de l'interdisciplinarité en insistant sur les avantages et les difficultés d'une telle approche, nous détaillerons les outils principaux que nous avons mobilisés ces dernières années. Plus qu'une approche, l'interdisciplinarité n'est-elle pas une posture ? Vivre avec, pour cultiver cette interdisciplinarité, nous amène à jouer le rôle de grands sages dans notre discipline ; quelques astuces pour incorporer les différents ingrédients seront servies en fin de cette dernière partie.

Définition, ses avantages et difficultés

L'interdisciplinarité est souvent confondue avec la multi ou la pluridisciplinarité définies comme l'étude d'un objet commun par la juxtaposition de plusieurs disciplines à la fois. La démarche pluridisciplinaire déborde les disciplines, mais sa finalité reste inscrite dans le cadre de la recherche disciplinaire (Nicolescu, 1998). Même s'il est généralement admis que chaque chercheur.se doit rester dans sa discipline (celle dans laquelle il a été formé), il doit également avoir des connaissances suffisantes des autres disciplines afin de collaborer avec les chercheur-ses de ces autres disciplines. Il semble difficile cependant que des chercheur-ses travaillant chacun côte à côte dans leur propre discipline, puissent appréhender des objets environnementaux complexes tels que l'agrobiodiversité.

À l'inverse, l'interdisciplinarité se dit d'une démarche scientifique transférant des méthodes d'une discipline à l'autre; on se doit d'intégrer une ou plusieurs disciplines dont l'objet de recherche commun est complexe. La finalité de la démarche interdisciplinaire est de dépasser une recherche strictement disciplinaire. Il faut pour cela créer un « espace » nouveau :

« L'interdisciplinaire, dont on parle beaucoup, ne consiste pas à confronter des disciplines déjà constituées (dont, en fait, aucune ne consent à s'abandonner). Pour faire l'interdisciplinaire, il ne suffit pas de prendre un « sujet » (un thème) et de convoquer autour deux ou trois sciences. L'interdisciplinaire consiste à créer un objet nouveau qui n'appartienne à personne » (Barthes, 1972).

Cet « espace » a été colonisé par les ethno-'machins' ? (Friedberg, 2005). Qui sont-ils ? Des spécialistes, des hybrides, des passeurs de frontières, des médiateurs... André-Georges Haudricourt en est un prototype. Agronome de formation, il voulait travailler sur les origines des plantes cultivées. Il a adopté pour cela une approche ethnographique, ethnologique, technologique, historique et linguistique. Plus tard, Darell Posey mobilisa l'entomologie, l'agronomie, l'anthropologie et la géographie pour travailler avec (et défendre les droits) des Kayapó au Brésil. Face à ce déluge de disciplines, sont-ils des prototypes modèles ou utopiques ? Nous avons ainsi questionné l'expérience et le retour d'expérience de plusieurs générations de chercheurs s'étant mouillés à l'interdisciplinarité.

En 2008, de jeunes chercheur·es (6) en anthropologie, en géographie et en écologie ont répondu à la question « comment avez-vous vécu l'interdisciplinarité dans vos recherches ? » (Tableau 4). Il semble que cette démarche interdisciplinaire ait plus « profité » aux chercheurs en écologie qu'en sciences humaines et sociales ; l'expérience a été moins intrusive et déstabilisante et leur démarche a été mieux comprise dans leur milieu scientifique. Nous avons redemandé à ces mêmes chercheur·es de nous exprimer leurs sentiments sur leur expérience interdisciplinaire en étant aujourd'hui en poste, pour cinq d'entre eux. Les réactions en 2022 sont globalement très positives. Ils continuent de la pratiquer, même si les anthropologues ont été parfois remplacés par des physiciens ! Ceux mariant SHS et écologie, justifient leur choix pour des questions scientifiques (« l'interdisciplinarité, c'est ce qui apparaît comme une évidence quand on prend au sérieux les savoirs locaux [...], pour dépasser la séparation entre savoirs scientifiques et savoirs locaux ») et éthique (« être au plus près des enjeux actuels »). Tous ont noté une nette amélioration dans l'acceptabilité et même la promotion de l'interdisciplinarité dans leur carrière. Il existe des journaux interdisciplinaires dans lesquels publier et des commissions de recrutement spécifiquement dédiées à l'interdisciplinarité. Cependant, un·e chercheur·e note très justement que « l'interdisciplinarité demande une posture de recherche légèrement différente qui implique plus de partage que de compétition. Et ce n'est pas nécessairement les qualités promues dans les critères de recrutement ». Les deux seules difficultés invoquées sont le manque de temps pour mettre en place cette démarche – ce qui rejoint le commentaire précédent – et les problèmes d'harmonisation et de compréhension méthodologiques.

Tableau 4 Verbatim des avantages et difficultés rencontrés par de jeunes chercheurs ayant effectué leur thèse entre 1995 et 2005. La question posée en 2008 : « comment avez-vous vécu l'interdisciplinarité dans vos recherches ? ». L'échantillon (6) comptait des anthropologues, des géographes et des écologues.

| Avantages | Difficultés |
|--|--|
| C'est une expérience très stimulante intellectuellement et riche humainement | Très à la mode dans les années 90 (et encore aujourd'hui?) |
| Une bien belle expérience | C'était génial, mais je ne le referais pas de sitôt |
| Un autre regard sur mes questions biologiques | La communication n'est pas toujours évidente |
| Fréquenter des anthropologues et sociologues m'a fait voir le monde sous un jour nouveau | Affronter le regard des autres fut également une épreuve dont je ne suis pas remis |
| J'espère que si je parviens enfin à avoir un poste quelque part, je pourrais collaborer plus activement sur des projets interdisciplinaires! | [...], mais très frustrante aussi dans le fait de n'être spécialiste de rien |
| | Beaucoup de jeunes chercheurs aimeraient être interdisciplinaires, mais ils se sont spécialisés à nouveau pour trouver un emploi |
| | [...], mais au final la promesse d'un avenir professionnel assuré pour nous autres, pauvres ethnologues, n'a pas été tenue |

| |
|---|
| Tout le monde te dit qu'il faut faire de l'interdisciplinarité, mais après tu n'as plus ta place, il n'y a plus personne pour t'écouter |
|---|

Et l'avenir ? Nous enseignons, nous formons à l'interdisciplinarité. Comment les jeunes chercheurs d'aujourd'hui vivent-ils cette expérience ? Pour cela j'ai demandé à cinq jeunes chercheur-es, dont un-e seul-e en SHS, de répondre à la même question que j'avais posée en 2008 (Tableau 5). Globalement, les réponses sont plus positives qu'il y a quatorze ans. L'origine de la discipline d'origine est toujours un critère de réussite : il est plus difficile d'assoir sa légitimité si on est un-e SHS et que l'on s'intègre dans un monde d'écologie, que l'inverse : « de nous faire sentir 'pas assez' », ou « L'interdisciplinarité dans mes recherches est presque un combat épistémique.... Je pense qu'il y a toujours ce besoin de nous placer dans une case, pour ensuite penser qu'elle aurait été notre parcours vers d'autres disciplines ».

Les jeunes chercheur-es sont tous absolument convaincus par la nécessité d'adopter cette posture, car les sujets environnementaux qu'ils essayent de décrypter sont complexes et ont besoin d'esprit critique et un regard de généraliste pour y répondre :

« je dirais qu'on n'est plus dans ce monde d'avant où on avait une discipline dominante [i.e. l'écologie] accordait l'accès aux autres sans pour autant inclure tout ce que ces autres disciplines sont et comment elles font partie du sujet étudié [i.e. la géomorphologie, l'ethnologie, l'histoire, etc.]. On a la chance de pouvoir avoir le tout, ou du moins de considérer que ce n'est pas qu'un fait biologique ou écologique qui s'exprime, mais qu'il y a tout ce qui est autour, et dedans, et avant et après. Je pense aussi qu'aujourd'hui on a la chance d'être des jeunes scientifiques qui peuvent porter tout ça, ou du moins donner place à cette diversité et chercher à composer la science avec [and not against]. »

L'incertitude du recrutement, la peur d'avoir fait le mauvais choix pour s'assurer une carrière scientifique est bien ancrée. Cette « casquette plus ambiguë » que l'on peut retourner à notre guise, est-elle un avantage digne du caméléon, ou source de problème d'identification ? Je note que si à mon époque, nous nous posions des questions sur notre propre identité disciplinaire, les jeunes chercheurs se posent cette même question mais pour dans un objectif de reconnaissance par les pairs qui recrutent. Elles ont dépassé ce complexe de la discipline qui nous enferme pour embrasser des titres comme sciences de la durabilité, agroécologie, humanités environnementales et bien sûr l'ethnoécologie. Cette dernière citation exprime avec humour, les conflits que les jeunes chercheur-es rencontrent aujourd'hui, conflit que nous n'avions pas, car l'interdisciplinarité n'était pas alors à ce point plébiscitée dans les appels à projets :

« Je vais répondre pour l'interdisciplinarité SHS - sciences du vivant. J'ai découvert qu'il était possible d'intégrer la chèvre et le chou dans une même soupe académique pendant ma licence. J'ai d'abord vu ça comme un grand bol d'air, pour l'écologue que je rechangeais à devenir tout à fait. Un peu comme si je découvrais que la conscience était encore possible (« dans science sans conscience n'est que ruine de l'âme »). Puis, en passant par la formation [X] très interdisciplinaire, j'ai vu ça comme une opportunité, une manière de faire de la science

originale, on se disait avec les amis que « l'interdisciplinarité avait le vent en poupe ». Le mot, en tout cas. Mais je ne suis plus si sûr de moi... J'ai beau aimer la soupe chèvre-chou, si les écologues n'aiment pas le chou et si les autres sont végétariens, ou est-ce que je vais la vendre, ma soupe ? »

Tableau 5 Verbatim des avantages et difficultés rencontrés par de jeunes chercheurs en thèse ou en master depuis 2020. La question posée en 2022 : « comment vivez-vous l'interdisciplinarité dans vos recherches ? ». L'échantillon (5) comptait 1 SHS et 4 écologues.

| Avantages | Difficultés |
|--|--|
| l'interdisciplinarité rend la recherche moins monotone et plus excitante | doing interdisciplinary science is like being outside your comfort zone with a bunch of people who are outside their comfort zone |
| élaborer de nouvelles questions et d'hybrider des outils permettant d'y répondre | ceux qui ont le profil [interdisciplinaire] éprouvent toutes les difficultés dans les recrutements |
| La recherche a besoin de spécialiste, mais elle a aussi besoin de personne qui font le pont entre les disciplines, car une nouvelle question dans une discipline a peut-être déjà été étudiée dans une autre discipline étant donné qu'environ 5000 articles sont publiés quotidiennement. | motivé par l'envie d'explicitier des résultats, des "intuitions", on se lance dans l'autoapprentissage de disciplines nouvelles |
| développement mon esprit critique | difficile, car elle n'est pas enseignée |
| as a process of joyful discovery as much as a negotiation between epistemologies | l'interdisciplinarité dans mes recherches est presque un combat épistémique |
| On se rend compte surtout avec cette expérience que nous passons à côté de beaucoup de chose en restant dans un domaine, car les choses qui paraissent simples sous un angle sont en réalité plus complexe et pour y apporter une réponse durable, l'interdisciplinarité est nécessaire | Et c'est un combat quand on ne cesse de nous demander dans quoi on est spécialiste, de quelle approche on utilise/défend et si c'est dans une case ou l'autre de telle ou telle façon de voir le monde, de nous faire sentir 'pas assez', qu'on veut nous enfermer et nous définir comme en nous amputant de certaines pièces de notre puzzle. |
| l'interdisciplinarité est passionnante et nécessaire à la recherche | j'ai désormais une casquette plus ambiguë |
| | Ce qui aussi peut jouer en ma défaveur pour des postes de maître de conférence voire même des candidatures à des bourses type UNESCO-L'Oréal, qui demandent à ce qu'on se positionne sur une seule discipline. |

Pour synthétiser l'ensemble de ces témoignages et ma propre expérience, l'interdisciplinarité est incontournable pour définir, comprendre des objets hybrides « Par delà Nature et Culture » tels que l'agrobiodiversité. Cette démarche permet de faire émerger de nouvelles questions, de déstabiliser nos hypothèses et de redéfinir nos stratégies d'échantillonnage. Les

difficultés émergent lorsque les questions de recherche, nos méthodes et nos stratégies de publication divergent.

Notre boîte à outils

L'ethnoécologie est l'étude des relations complexes, passées et présentes, entre les sociétés humaines et leur environnement. Nous utilisons les outils traditionnels de l'ethnobotanique pour analyser et comprendre les processus de nomenclature, de classification et d'utilisation des plantes ou comment les gens font, avec quelles pratiques, et quels savoirs locaux. Par exemple, comprendre comment les agriculteur-ices choisissent leur cortège de plantes demande de dépasser les simples pratiques culturelles. Dans nos travaux sur les interactions bioculturelles, nous adoptons des approches adaptationnistes et basées sur les processus afin de toujours replacer les savoirs locaux dans un contexte social, environnemental, économique, mais aussi symbolique. Questionner les humains sur leurs plantes, nous permet de mieux comprendre les modes de relations entre les humains et avec leurs ancêtres ou autres héros mythiques, leur lieu, leur cosmologie... Un travail de terrain sur le long terme est ainsi privilégié. Nous interrogeons ainsi l'organisation sociale des sociétés, les dynamiques socioécologiques ainsi que les modes de relation avec leur milieu des sociétés avec lesquelles nous travaillons. Dans ce qui suit, nous détaillons une partie des méthodes utilisées (Figure 19) pour répondre aux questions de recherche développées dans ce mémoire.

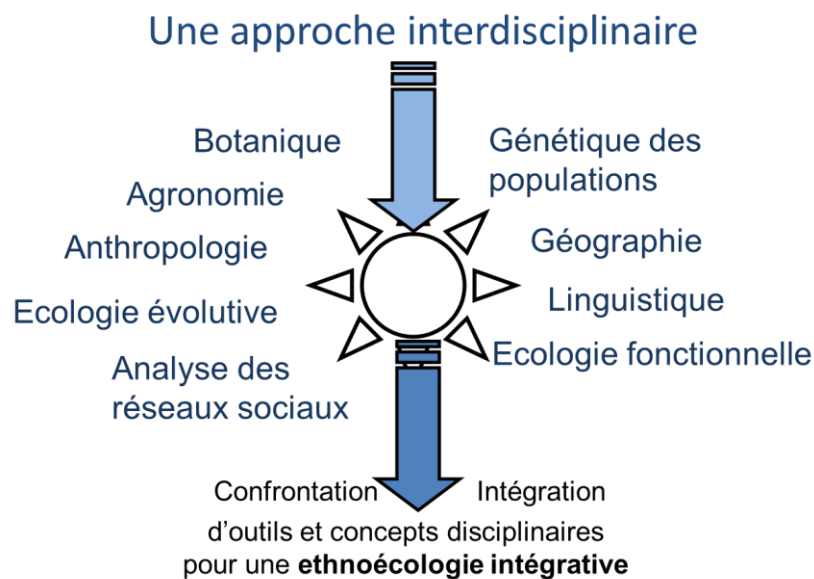


Figure 19 : Ensemble des disciplines convoquées pour comprendre un objet multidimensionnel comme l'agrobiodiversité.

Anthropologie

De longues périodes de travail sur le terrain, nous permettent de collecter des données selon les méthodes classiques en anthropologie, à savoir l'observation participante, les enquêtes et les questionnaires (analyses statistiques, par exemple des listes libres ou de consensus). Ces approches mettent l'accent sur les valeurs multiples de la nature ou de la biodiversité, en particulier les valeurs de relation, des IPLC en pointant leur propre réalité et leurs problèmes

(i.e. une approche éémique). On ne peut pas s'intéresser d'emblée à une question de recherche très précise (e.g. la classification des plantes alimentaires) : il faut avoir des connaissances générales sur le fonctionnement de la société.

Un des objectifs principaux des anthropologues est la quête de l'objectivité (Friedberg 1968 : 323) : « et qu'est-ce que l'objectivité en ethnologie ? L'informateur lui-même peut-il être objectif à l'intérieur de sa propre société ? Non, sa réponse dépend de sa position dans cette société. Vouloir atteindre l'objectivité en faisant la moyenne des réponses comme nous le proposent C.S. Fowler et J. Leland est sans commune mesure avec le but que se donne l'ethnologue. Ce but n'est pas d'établir le comportement moyen des individus de la société qu'il observe, mais de mettre en évidence le ou les modèles selon lesquels on se comporte dans cette société et comment chaque informateur se situe par rapport à ce ou ces modèles et pour quelle raison ». Nous avons adopté dans nos recherches les bases de la triangulation de l'information, en démultipliant les points de vue observés ou racontés dans des contextes de vie variés (ex. chasse, balade en forêt). Même si des traitements statistiques ont pu avoir lieu, il a toujours été de règle de conserver les témoignages des « outliners », ces points qui sortent de la droite de corrélation et qui embêtent l'écologue, mais qui enthousiasment l'anthropologue.

Géographie et agronomie

Nous nous intéressons à la cartographie des espaces et des ressources de vie, et à la manière dont les cartes participatives avec les agriculteur·ices pourraient révéler l'attachement à un lieu, et générer des scénarios optimistes et pessimistes pour concevoir les paysages futurs. Nous avons comparé les utilisations actuelles et passées (avec des séries chronologiques de photos aériennes et d'images satellites au Brésil, Vanuatu et à Gaillac), et examiné la typologie locale (nomenclature, utilisation, droit d'accès). La géographie nous aide à comprendre les relations entre le discours (recueilli par le biais d'enquêtes) et la description physique de l'environnement. En ce qui concerne l'agronomie, nous avons mené des inventaires de diversité inter- et intra-spécifique de plantes cultivées décrites *in situ* selon des critères morphologiques identifiés par des agronomes (selon des standards internationaux) ou par les agriculteur·ices (approche participative).

Analyse des réseaux sociaux

Nous utilisons les outils de l'analyse des réseaux sociaux en mobilisant des méthodes statistiques et de la modélisation. En collaboration avec des mathématiciens et des modélisateurs, nous analysons statistiquement la circulation des semences à l'aide de métriques des réseaux sociaux et de modèles théoriques. Le projet NetSeed codirigé avec McKey, nous a fait prendre conscience que l'analyse des réseaux sociaux nécessite une expertise spécialisée en modélisation. Les projets MIREs et MADRES, puis le GDR ResoDiv rassemblent des chercheurs en sciences humaines sociales et des bio-mathématiciens.

Approches mixtes

L'interdisciplinarité peut être mieux réalisée si nous nous concentrons sur les méthodes plutôt que sur les disciplines. Notre principal objectif méthodologique est de mieux intégrer les approches qualitatives et quantitatives dans la réponse aux questions en sciences sociales et humaines. Les approches mixtes (1) permettent de brosser un tableau plus complet, plus

holistique et plus contextuel de la ou des unités étudiées (par exemple, en révélant les structures cachées des sociétés), (2) permettent une nouvelle forme de créativité dans la recherche grâce à des liens plus riches au sein des sciences sociales et humaines, et entre celles-ci et d'autres disciplines, tout en facilitant le dialogue avec les décideurs, (3) soulèvent de nouvelles questions de recherche et/ou hypothèses, (4) permettent de comparer les contextes/données dans le temps, et (5) évitent les interprétations trop généralisées. Pour ce faire, nous devons effacer les idées reçues et les oppositions artificielles entre les méthodes qualitatives et quantitatives, et les combiner en (1) qualifiant toujours avant, pendant et après la quantification, (2) en adoptant des observations ethnographiques à long terme pour choisir la meilleure hypothèse, (3) en expliquant ce qui est modélisé et ce que nous omettons, et (4) en évitant la transformation systématique de chaque type de données en données quantifiables (quantification).

Vivre l'interdisciplinarité : une méthodologie éprouvée

Dans cette dernière section, la première personne est de rigueur, car j'y relate une expérience personnelle. Après des études orientées en mathématiques (Terminal S et DEUG), en biologie et écologie (Licence) entachées de géographie et de littérature grâce à une Maîtrise « en échange » à Montréal, j'ai quitté le monde académique pour devenir ingénieur agronome avec une spécialisation en marketing. Cette expérience du monde professionnel ne semble pas m'avoir convaincue – ou ai-je été séduite par la graine « recherche » semée par un professeur lors de mon deuxième séjour à Montréal – car je n'ai pas résisté au besoin de retrouver l'Université pour y faire un DEA puis une thèse en géographie. Au cours de ce long cheminement académique, je ne me suis jamais posée la question de mon identité disciplinaire ; c'est seulement deux mois avant de déposer ma thèse, que mon directeur de thèse posa sur la table un jugement sans retour « Tu es une vraie ethnoécologue ! », avec une fierté mal cachée. Mon séjour au MNHN m'a définitivement assise avec force et enthousiasme dans cette discipline du lien, l'ethnoécologie. Assise, je l'étais au bureau de Jacques Barrau, entourée de planches d'herbiers d'arbre à pain. Je ne les remercierai jamais assez de m'avoir accueillie dans ce lieu d'ouverture qui a scellé à tout jamais mon adoption en me disciplinant, enfin. Cette naïveté académique m'a certainement sauvée en me décomplexant de toutes entraves disciplinaires pour les choix théorique et méthodologique sur lesquels m'appuyer. J'avais des questions, beaucoup de questions, et pour y répondre je n'ai jamais hésité à m'immerger dans d'autres disciplines, seule mais le plus souvent en partageant avec mes collègues et amis qui m'accompagnent toujours dans cette quête incessante de la connaissance. Les plus courageux d'entre tous sont bien évidemment les personnes dont j'observe et questionne les savoirs et ontologies ; ces hommes et ces femmes avec qui j'ai vécu au Vanuatu, Pérou, Équateur, Brésil, Colombie, Tanzanie, Cameroun et maintenant en France sont mes piliers, intellectuellement et corporellement. Je n'existerai pas comme académique sans leur générosité. C'est cette générosité que j'essaie d'appliquer chaque jour dans mes choix académiques et mes enseignements en pratiquant inter- et prochainement transdisciplinarité (cf. Section Projet).

Mes collaborations avec des généticiens des populations, des biochimistes, des technologues de l'alimentation, des agronomes, des écologues (fonctionnels et évolutifs), des botanistes,

des statisticiens, des géomaticiens, des géographes (humains et culturels), des agroécologues, des sociologues, des anthropologues (sociaux), des ethnologues et bien sûr des ethnoécologues m'ont amenée à identifier des « trucs et astuces » que j'aimerais partager avec vous à travers ce mémoire ; ces astuces concernent les actions à réaliser au cours du processus de recherche avec un focus sur les méthodes et les valeurs personnelles à accueillir.

Processus de recherche

- Favoriser une association entre académiques généralistes : j'ai toujours trouvé plus fluide les relations avec les collègues dotés d'une grande culture scientifique, ceux-là même qui ne sont pas de grands spécialistes, mais qui n'hésitent à grignoter les bords de leur thématique pour aller plus loin.
- Poser ensemble les questions : avant même de commencer un projet, il faut poser nos questions de recherche ensemble. L'assemblage ne fonctionne pas.
- Garder notre jardin secret académique : poser des questions communes ne nous enlève pas la possibilité de mener des recherches plus disciplinaires, celles qui permettent de questionner des points théoriques très particuliers.
- Éviter la validation des savoirs locaux par les savoirs académiques : s'il peut être intéressant de comparer logiques et savoirs, il faut éviter toute forme de validation dans un sens comme dans un autre. Chaque monde a ses propres critères de validité qui doivent être respectés.
- Être conscient de notre rôle sur le terrain qui va indirectement légitimer certaines personnes avec un renforcement de son autorité ou de son pouvoir
- Ajuster nos vocabulaires : il est connu qu'un même mot puisse avoir des résonances différentes selon les disciplines ou même les personnes. La constitution d'un thésaurus, comme celui constitué lors de notre projet NetSeed, peut apporter une base solide de compréhension mutuelle. Il s'agit pour cela de répondre systématiquement aux questions qui fait quoi avec qui où quand comment et pourquoi (Figure 20).

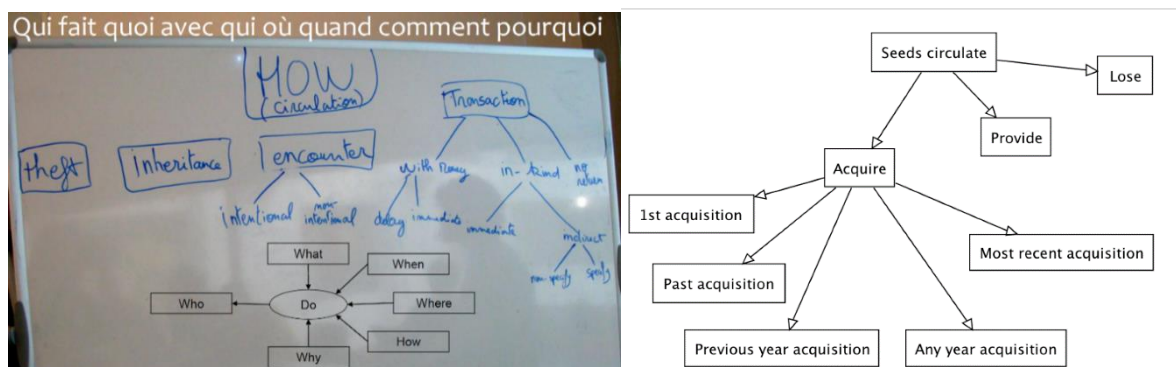


Figure 20 Processus pour élaborer un thésaurus lors du projet NetSeed (Cesab, Aix-en-Provence 2013).

Méthodes

- Faire confiance : il est fondamental de faire confiance aux méthodes engagées par nos partenaires, et donc des données produites. Par exemple, conduire des enquêtes ne s'invente pas, et faire des inventaires de diversité demande une expertise particulière.
- Accorder nos temps de recherche, et accepter les différences de temporalité. Pour comprendre la complexité des liens entre personnes vivantes, décédées et avec les non-humains vivants ou inertes, il faut plus de temps que pour prélever des herbiers botaniques, compter des organismes ou même relever leurs interactions. Un chercheur en SHS a besoin de s'immerger en apprenant la langue locale et les codes de socialisation afin de gagner la confiance des autres, mais aussi pour se faire confiance. Le croisement des informations est fondamental et cela demande du temps.
- Accepter les données qualitatives : les écologues doivent accepter la nécessité d'utiliser des données qualitatives et de l'approche critique des données sociales et culturelles (Etkin 1993).
- Accepter les données quantitatives : les anthropologues doivent développer des protocoles quantitatifs pour rejoindre les attentes des écologues (ex. inventaires, listes-libres, consensus, analyse des réseaux sociaux...) (Alexiades & Sheldon, 1996; Fowler, 2001; G. Martin, 1995).
- Relativiser nos méthodes : « We should be passionate about knowledge rights and about ethnobiology as a proper subject of study, but dispassionate in our methodologies and in the evaluation of our data » (Ellen, 2006, p. S12).

Valeurs personnelles

- Avoir une curiosité sans limites.
- Accepter les impondérables.
- Apprécier le risque.

Pour conclure cette première partie, j'ai pu observer au sein de mes différents projets de recherche que l'interdisciplinarité implique un médiateur en interaction. L'ethnoécologie peut jouer ce rôle (Saslis-Lagoudakis & Clarke, 2013).

Vivre l'interdisciplinarité : une transmission d'expérience

Un enseignement interdisciplinaire

Depuis mon recrutement au CNRS, je me suis largement investie dans l'enseignement. D'abord à travers des enseignements ponctuels (cours de 3h) au sein de masters inscrits dans des disciplines différentes : en anthropologie sociale, en écologie, en agroécologie. C'est en organisant un premier module d'enseignement « Biodiversité » dans l'UE Valorisation du Vivant de l'Université de Montpellier (2010-2012), que j'ai goûté au plaisir de suivre des étudiants sur des périodes plus longues. Ce format nous laisse plus de force pour faire passer des messages d'enseignement : vous l'avez compris, dans mon cas, il s'agissait de la nécessité

d'avoir une posture interdisciplinaire lorsque l'on aborde des sujets tels que la biodiversité ou l'agrobiodiversité.

Dès 2011, la grande aventure de l'ethnobotanique à l'Université de Montpellier a commencé, en master1 de biologie Végétale Tropicale en coresponsabilité avec Yildiz Aumeeruddy-Thomas (et Elisabeth Motte-Florac pendant deux ans). Frustrée lors de mon DEA de n'avoir eu des cours que type « cas d'étude », nous laissant désarmés sur le terrain pour mener nos enquêtes ou pour confronter nos données à la théorie, nous avons construit nos cours afin de dispenser en 25 heures l'histoire, les concepts, les méthodes et les applications de l'ethnobotanique. L'accent était mis sur la valorisation des méthodes hybrides qualitative-quantitative, et sur le respect du travail issu d'autres disciplines, en particulier des écologues vers les sciences humaines et sociales.

Depuis l'éméritat de Doyle McKey en 2018, nous avons hérité de 25 heures supplémentaires. Nous organisons dorénavant un cours de 50 heures sur l'ethnoécologie et les interactions bioculturelles en mobilisant nos collègues de l'IRD, du CIRAD et du CNRS. Depuis 2021, je co-organise ce module avec Vanesse Labeyrie (agroécologue, CIRAD) et en 2022 Julien Blanc (ethnoécologue, IRD) la remplacera.

A partir de l'année universitaire 2021-2022, notre module de l'Université de Montpellier a été réduit à 30h et est mutualisé avec un module en sciences humaines et sociales du master Humanités Environnementales à l'Université Paul Valéry (50h). La différence des 20h vient du fait que l'Université de Montpellier ne nous a pas prévenus du changement de volume horaire lors des négociations avec l'autre master. Nous offrons donc 20h de cours supplémentaires aux étudiants anthropologues pour qu'ils puissent acquérir des notions en écologie, biologie de la conservation et sur la domestication. Notre objectif est que les étudiants puissent apprendre des concepts et des méthodes qu'ils n'ont pas coutume d'aborder dans leur cursus, mais aussi de mieux se comprendre entre écologues et anthropologues. Pour cela, ils mènent un travail de recherche en groupe interdisciplinaire afin d'appivoiser la discipline de l'autre tout en pratiquant des enquêtes de terrain. Ce module « ethnoécologie et interactions bioculturelles » devrait être accrédité comme module de l'école doctorale GAIA et de l'Université Paul Valéry.

Depuis 2018, je collabore également à des projets d'enseignement montés par le CIRAD. Le module « Plantes et hommes, une histoire partagée » est inscrit dans le cadre du Master2 « Biotechnologies des plantes tropicales et Biologie Fonctionnelle des plantes » et de l'école doctorale GAIA de l'Université de Montpellier (projet CultiVar). L'objectif est de montrer aux futurs sélectionneurs de plantes qu'il existe des hommes et des femmes qui cultivent les végétaux qu'ils modifient, et qu'ils doivent faire face à des contraintes qui dépassent les limites de la plante. Ce module de 20h, nous demande d'accompagner les étudiants pour un travail d'enquête auprès de maraichers dans les Cévennes. Dans le cadre de ces projets d'enseignement, j'ai bénéficié de deux journées de formation pour « mieux » enseigner selon des techniques plus dynamiques et participatives.

Une formation à l'ethnoécologie

Allons droit au but, mon objectif lorsque j'encadre des masters ou des doctorants est de former de futurs ethnoécologues. Face à l'urgence de la crise environnementale que l'humanité a engendrée, j'ai la conviction que les ethnoécologues sont les maillons irremplaçables dans cette grande quête de connaissance entre écologie, anthropologie, géographie et mathématiques. Après l'échec d'un premier encadrement d'un master avec une équipe interdisciplinaire de choc sur un terrain de rêve, il m'a fallu de nombreuses années pour accepter ce risque de l'interdisciplinarité. Je tiens à remercier mes doctorant-es et mes mastérent-es pour l'énergie, la confiance, la créativité qu'elles insufflent chaque jour. Mon métier de chercheur n'a jamais été solitaire grâce à des collaborations avec de multiples disciplines et nationalités, mais aujourd'hui je travaille avant tout pour partager mon enthousiasme de chercheur (sauf quand on parle administration) avec la nouvelle génération bien plus consciente, engagée et armée que nous pour affronter et peut-être renverser cette crise environnementale.

Partie III. Le bien-être, un concept multidimensionnel (projet)

Pourquoi questionner le bien-être en milieu agricole ?

Comme le souligne l'actualité, le monde agricole souffre (Figure 21)(Boiteau, 2020; Bouchevreau & Crépon, 2021; Brochen, 2017; Coulaud, 2021a, 2021b; Renault, 2021). Au Canada et en Australie, les agriculteur-rices souffrent de dépression, d'épuisement professionnel qui les amènent plus fréquemment à se suicider (Brew et al., 2016; Jones-Bitton et al., 2019, 2020). En France, les agriculteurs masculins français présenteraient un risque suicidaire trois fois plus élevé et les femmes deux fois plus que les autres professions (MSA, 2016). Ainsi le gouvernement français, aidé par la Mutuelle Sociale Agricole (MSA), travaille sur un rapport pour la « prévention du mal-être et d'accompagnement des agriculteurs en difficulté » (Le Monde et AFP, 2021).



Figure 21 Photo prise lors d'une action de la Coordination Rurale, le 4 mars 2021, sur l'esplanade des Invalides à Paris. (@Nicolas Messyasz/Sipa) – Libération 17 mars 2021.

Mais les solutions proposées ne répondent pas à la diversité des facteurs. Il est évident que la précarité économique joue un rôle important, en particulier lorsqu'il est associé à l'absence de séparation économique, mais aussi émotionnelle entre la vie professionnelle et la vie familiale (L. Chartier & Chevrier, 2015). Cette valeur économique n'est pas la seule à être incriminée. Plus globalement, de nombreux mouvements dont celui initié par Stiglitz, appellent à compléter un PIB normatif mesurant une production économique avec des valeurs

plus qualitatives et subjectives du bien-être telles que les conditions de vie matérielle, la santé, l'éducation, les activités productives, la gouvernance et les droits des individus, les loisirs et contacts sociaux, l'environnement et le cadre de vie, la sécurité économique, physique et le bien-être ressenti (Stiglitz et al., 2010). Deffontaines (2014) appréhende ainsi les conditions objectives de production de cette souffrance chez les agriculteur·rices français·es et leurs effets sur leur subjectivité. Il souligne ainsi le déséquilibre structurel entre l'organisation prescrite et l'organisation réelle du travail, ce qui renforce la pénibilité mentale. C'est l'ensemble de l'agriculture postproductiviste qui est incriminée sous le slogan « de la ferme à la firme » (Godefroy & Lollivier, 2014). Faut-il remplacer le PIB par une mesure unique du bien-être ? Certains y songent, arguant que l'amélioration de la qualité de la vie est plus importante pour les personnes que la seule promotion de la croissance. Sans atteindre cette posture radicale, des décideurs politiques de plus en plus nombreux, la Banque centrale américaine, ou encore l'Union européenne jugent nécessaire l'élaboration d'indicateurs liés au bien-être en complément du PIB. La qualité de la vie recouvre plusieurs dimensions. Certaines sont qualifiées d'objectives, comme la situation matérielle, la santé physique ou l'équilibre émotionnel, l'isolement social... ; d'autres sont plus subjectives, telle la satisfaction que l'on retire de son existence. Les données longitudinales du dispositif SRCV permettent de quantifier les concepts liés au bien-être et d'appréhender dans la durée, comment s'articulent entre elles les différentes dimensions de la qualité de la vie. Celles qui sont jugées les plus importantes par les personnes sont la faiblesse des liens sociaux, devant la santé et les risques psychosociaux. Connaître le poids que chacun accorde aux différentes dimensions peut permettre d'élaborer un indicateur unique de qualité de vie. Mais l'intérêt que présente la publication d'un chiffre unique est discutable, car ce chiffre ne renseigne pas sur les meilleures mesures de politique économique visant à l'améliorer. Il est sans doute largement préférable de connaître les populations en difficulté, de repérer celles qui cumulent plusieurs causes de mauvaise qualité de la vie et de proposer des mesures ciblées pouvant permettre d'accroître leurs capacités dynamiques telles que les décrit Sen afin in fine d'améliorer leur situation (Godefroy & Lollivier, 2014; Purseigne et al., 2017). Il est ainsi « urgent d'interroger [le] modèle industriel de développement agricole qui engendre isolement, surcharge de travail... » (Association Solidarité Paysans). Pour résumer, la souffrance suicidaire s'appuie sur la distribution inégale du capital économique, culturel et d'autochtonie (Deffontaines, 2017).

D'autres facteurs ont été soulignés dans la littérature : l'isolement géographique en Australie (Brew et al., 2016), la mécanisation et la rationalisation des activités pour atteindre une plus grande spécialisation (Nicourt, 2013), la déconnexion avec la nature et la terre (Campéon & Batt-Moillo, 2008), la multifonctionnalité des activités agricoles difficile à remplir, la perte de liens avec les consommateurs et les usagers du territoire (Guillaumin et al., 2008), les injonctions écologiques (Schirmer et al., 2013) ou les pratiques environnementales et projections dans un avenir durable (Dufeu et al., 2016). Ces facteurs sont détaillés dans le mémoire de master2 de Lisa Vincent (2021). Dans ce mémoire, nous avons également exploré les différentes définitions du bien-être.

Comment le bien-être est-il défini ?

Section en partie rédigée à l'aide :

du mémoire de Lisa Vincent (2021). Évaluer le bien-être des vigneron.es bio à Faugères et Gaillac : méthodes et enjeux. Master de géographie Master 2 Espace et Milieux : Territoires Écologiques, Université de Paris. Responsables : Sophie Caillon et Léa Sébastien (géographe, Université Jean Jaurès).

La santé a longtemps été mesurée comme l'absence de souffrance. C'est seulement en 2019 que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la santé comme « un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Perron et al., 2019). La notion de bien-être a été introduite afin d'apporter d'autres dimensions – objectives et subjectives, matérielles et immatérielles – au fait d'être en « bonne santé ». Si on peut être enthousiaste à la lecture du titre du troisième Objectif de Développement Durable (ODD) « Bonne santé et bien-être », il est décevant de lire que les treize sous-objectifs ont principalement pour but de réduire les maladies, la mortalité infantile, la souffrance physique. À une conception « négativiste » du bien-être basée sur la souffrance développée en psychopathologie du travail (Dejours & Duarte, 2018), s'oppose une conception positiviste décrivant un état de satisfaction ou de plénitude en identifiant « ce qui fait du bien », ce que nous appellerons les valeurs de bien-être. Nous tenons à concilier ces deux approches. À l'image de la santé, le bien-être ne peut être mesuré par la seule absence de santé ou de souffrance, mais aussi par l'exploration de l'ensemble des actions, sensations, relations qui amène l'individu ou le collectif à un état de bien-être physique, mental et social. À l'inverse d'une tradition anglo-saxonne qui va intégrer sous le terme « bien-être » les valeurs positives et négatives du bien-être, nous avons opté pour une dissociation des valeurs de bien-être et de mal-être selon la volonté des agriculteur-rices avec qui nous travaillons en France.

L'évolution du concept de bien-être s'est construite sur une série : le bien-être matériel versus le bien-être immatériel qui résonne avec une approche objective en conflit avec une plus subjective, ou un bien-être mesuré à l'échelle individuelle difficilement conciliable avec une mesure à l'échelle d'un groupe social.

Les gouvernements ont toujours préféré opter pour des indicateurs mesurant facilement des valeurs matérielles ; le produit intérieur brut (PIB) est notre principal indicateur pour mesurer la production économique réalisée à l'intérieur d'un pays depuis 1944. Suite à l'observation des liens entre la croissance économique et le mode de vie des habitants des États-Unis, le PIB a été utilisé comme un indicateur de bien-être. Cependant, dès 1974, Easterlin (in Perron et al., 2019) démontre que l'augmentation du revenu individuel n'entraîne plus d'augmentation du bien-être après un certain seuil. Les revenus sont remplacés par le concept de conditions de vie, soit la qualité de l'environnement, de l'habitat, le taux d'équipement en électroménager, les privations matérielles, mais aussi l'isolement ou le nombre d'interactions sociales (Godefroy & Lollivier, 2014). Or les dimensions du bien-être immatériel – spirituel, artistique ou culturel – sont toujours absentes et ne peuvent être mesurées par un simple questionnaire de satisfaction. Pour incorporer des valeurs immatérielles à la définition de bien-être, il faut être prêt à représenter ce qui n'est pas de nature physique dont ce qui est identifiable (incorporel) et non identifiable (intangibles). Ce bien-être immatériel est bien

souvent subjectif, raison pour laquelle les gouvernements ou instituts préfèrent des indicateurs calculés sur des valeurs matérielles mesurables objectivement. Le bien-être subjectif peut-être divisé en une dimension cognitive qui permet d'évaluer un niveau de satisfaction de la vie ou d'étapes ou domaines de vie, et en une dimension affective qui permet de mesurer le bonheur, une notion plus versatile, car faisant appel à l'émotionnel (Bartram, 2012; Langlois, 2014 in Perron et al., 2019, p. 123; Veenhoven, 1991). Pour résumer, le bien-être subjectif doit être appréhendé comme « une combinaison d'un sentiment de bonheur et de satisfaction à l'égard de sa vie, comprenant différents aspects tels que l'évaluation cognitive de la vie, des émotions positives telles que la joie ou la fierté, mais également la présence – ou l'absence – d'émotions négatives comme la souffrance ou l'inquiétude » (Perron et al., 2019, p. 124)¹⁷. Ces valeurs subjectives peuvent être mesurées qualitativement selon une approche anthropologique, mais aussi quantitativement : « Les indicateurs quantitatifs de ces aspects subjectifs offrent la possibilité d'apporter non seulement une bonne mesure de la qualité de la vie en elle-même, mais également une meilleure compréhension de ses déterminants, en allant au-delà des revenus et des conditions matérielles des personnes » (Stiglitz et al. 2009 : 18). L'objectif de notre travail de recherche est d'arriver à identifier ces valeurs non mesurables sur le plan quantitatif, car le bien-être doit être compris comme un ensemble de valeurs matérielles et immatérielles, et donc objectives et subjectives. Mais il ne faut pas oublier que le bien-être est une combinaison des éléments objectifs et subjectifs. Par exemple, l'OCDE Better Life Index ou les enquêtes menées par Forsé et Parodi (2014) montrent qu'un individu est satisfait de sa vie s'il est en bonne santé, a suffisamment d'argent, de bonnes conditions de travail où l'on se sent progresser, et une vie affective et sociale riche et pleine.

Il se pose ensuite la question fondamentale de l'échelle à laquelle il est pertinent de mesurer le bien-être. Deux écoles s'affrontent sur ce sujet, les psychologues qui conçoivent que ce sont les individus qui sont ou non en situation de bien-être versus les anthropologues qui valorisent l'individu en société. Le courant de la psychologie positive fondé par Seligman dépasse l'approche individuelle en magnifiant l'individualiste du bien-être (Seligman, 2011). L'épanouissement « flourish » est atteint lorsque les émotions positives sont plus nombreuses que les émotions négatives. L'individu est encouragé à agir en toute conscience pour augmenter son épanouissement personnel selon la méthode PERMA : Positive emotion, Engagement, Relationships, Meaning, Accomplishment ; l'individu est ainsi maître (et seul responsable) de son « bonheur » en augmentant consciemment ses émotions positives et en diminuant consciemment ses émotions négatives. Chaque individu peut, par sa propre volonté, atteindre le bonheur simplement, rapidement et sans douleur. Dans Happycratie, Cabanas et Illouz (2019) critiquent la pertinence et les motivations de l'essor récent des études portant sur le bien-être et le bonheur (utilisés comme synonymes dans l'ouvrage), en particulier celles de Seligman : le classement binaire des émotions positives et négatives est remis en question et le renforcement de l'individualisme est considéré comme dangereux, car

¹⁷ Stiglitz et al. (2009 : 18) définissent le bien-être subjectif « Le bien-être subjectif comprend différents aspects (évaluation cognitive de la vie, bonheur, satisfaction, émotions positives comme la joie ou la fierté, émotions négatives comme la souffrance ou l'inquiétude) : chacun de ces aspects devrait faire l'objet d'une mesure distincte afin de dégager une appréciation globale de la vie des personnes ».

justifie l'inaction politique pour réduire les situations injustes (inégalités, rapports de domination). Ce bien-être individuel autodéterminé justifie les inégalités en place et ignore l'influence des mécanismes de reproduction sociale et du contexte de vie. Comme nous le verrons dans la section suivante, nous prôtons que le concept de bien-être doit traiter des problèmes d'égalité ou plutôt d'équité.

D'autres mouvements, comme les capabilistes (Alkire, 2002; Nussbaum, 2003; Sen, 1985), réfutent l'approche d'individus centrés du bien-être. Le bien-être dépend de l'éventail des choix qui s'offrent à l'individu. Godefroy et Lollivier (2014, p. 200) définissent l'approche capabiliste : « selon cette approche, la vie d'une personne est considérée comme une combinaison de divers « états et actions » (fonctionnements), et la qualité de la vie dépend de la liberté de cette personne de faire un choix parmi ces fonctionnements (capacités) ». L'éventail des choix dépend à la fois des caractéristiques individuelles, mais également du contexte dans lequel évolue l'individu, soit la société. Pour évaluer le bien-être, il faut dépasser les simples déclarations et perceptions des personnes. Il faut inclure « la mesure de leurs « fonctionnements » (la mise en œuvre de leurs capacités) et de leurs libertés. Ce qui importe réellement, en effet, ce sont les « capacités » dont disposent les personnes c'est-à-dire l'ensemble des possibilités qui s'offrent à elles et leur liberté de choisir, dans cet ensemble, le type de vie auquel elles attachent de la valeur » (Stiglitz et al., 2010, p. 16- 17).

Le bien-être bioculturel

Section en partie rédigée à l'aide :

du mémoire de Lisa Vincent (2021). *Évaluer le bien-être des vigneron.es bio à Faugères et Gaillac : méthodes et enjeux*. Master de géographie Master2 Espace et Milieu : Territoires Écologiques, Université de Paris.

des articles de Betley E. C., Sigouin A., Pascua P., Cheng S. H., MacDonald K. I., Arengo F., Aumeeruddy-Thomas Y., Caillon S., Isaac M. E., Jupiter S. D., Mawyer A., Mejia M., Moore A. C., Renard D., Sébastien L., Gazit N., & Sterling E. J. (2021). *Assessing human well-being constructs with environmental and equity aspects: A review of the landscape*. *People and Nature*, 00: 18. <https://doi.org/10.1002/pan3.10293>

Sterling E.J., Pascua P., Sigouin A., Gazit N., Mandle L., Aini J., Albert S., Caillon S., Caselle J., Claudet J., Dacks R., Darling E., Filardi C., Jupiter S., Mawyer A., Mejia M., Morishige K., Nainoca W., Parks J., Tanguay J., Ticktin T., Vave R., Wase V., Wongbusarakum S., McCarter J. (2020). *Creating a space for place and multi-dimensional well-being: lessons learned from localizing the SDGs*. *Sustainability Science* 15: 1129-1147, <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00822-w>.

et de Caillon S., Cullman G., Verschuuren B. & Sterling E. (2017). *Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicator*. *Ecology and Society* 22(4): art. 27, <https://doi.org/10.5751/ES-09746-220427>.

De l'égalité vers l'équité

Les inégalités systémiques et structurelles ont des impacts significatifs et différentiels sur le bien-être humain (Bailey et al., 2017; Guedes et al., 2012; Mitra et al., 2020). La septième recommandation du rapport Stiglitz-Sen-Fitoussi (Stiglitz et al., 2010, p. 17) porte en effet sur la nécessité de prendre en compte toutes formes d'inégalités dans les indicateurs de la qualité de la vie. Pareto, à travers sa théorie de l'équilibre optimal, pense qu'une situation de bien-être est optimale quand il n'est plus possible d'améliorer la satisfaction d'un individu sans détériorer celle d'un autre. Si sa définition permet d'éviter une augmentation des inégalités, elle accepte et donc valide les inégalités déjà en place au sein de la société.

Pour y remédier, d'autres soulignent que le bien-être est culturellement induit et qu'il peut ne pas être ressenti de manière égale ou homogène au sein des groupes sociaux, par exemple entre des groupes autochtones et non autochtones, ou entre les habitants des villes et des campagnes (Cooke et al., 2007; Cooper et al., 2014; Sangha et al., 2015; Virtanen et al., 2020). Les héritages historiques privilégient ou habilitent certains tout en marginalisant d'autres, produisant des hiérarchies à travers la langue, la culture, le contexte socio-économique, les systèmes de valeurs et la géographie (Aguado et al., 2018). Mais à la place du terme d'égalité, ne faudrait-il pas plutôt parler d'équité ? C'est le chemin que nous avons décidé de prendre (Betley et al., 2021).

L'équité est définie comme « l'absence de disparités systématiques [...] entre des groupes ayant des niveaux différents d'avantage/désavantage social sous-jacent, c'est-à-dire la richesse, le pouvoir ou le prestige » (Braveman & Gruskin, 2003, p. 254). Elle est souvent associée à l'égalité, la reconnaissance, la capacité, la justice et l'autonomisation (i.e.

empowerment) (Betley et al., 2021). L'équité est centrale pour développer et mettre en œuvre des valeurs de bien-être en respectant les différentiels de pouvoir et de politique (Leach et al., 2018). Les chercheurs et les praticiens gagneraient à savoir pourquoi et comment l'équité est prise en compte dans les mesures du bien-être (McDermott et al., 2013).

L'équité raisonne avec le concept de justice sociale. La justice sociale peut être définie comme la pleine participation à la société et l'équilibrage des avantages et des charges par tous les citoyens, ce qui se traduit par une vie équitable et une organisation juste de la société (Buettner-Schmidt & Lobo, 2012). Forsé, Langlois et Parodi lui associent : (1) l'équité ; (2) l'équité dans la distribution du pouvoir, des ressources et des processus qui affectent la suffisance des déterminants sociaux de la santé ; (3) des institutions, des systèmes, des structures, des politiques et des processus justes ; (4) l'équité dans le développement humain, les droits et la durabilité ; et (5) la suffisance du bien-être. Pour atteindre un bien-être lu à travers le prisme de la justice sociale, Forsé et Langlois (2014) énoncent plusieurs critères à satisfaire : (1) avoir l'impression de vivre dans une société juste, (2) avoir l'impression de ne pas être victime de discrimination, (3) avoir l'impression d'être reconnu à sa juste valeur, et (4) avoir l'impression de ne pas être lésé par rapport au voisin. Cette justice sociale serait construite sur la comparaison d'ego envers d'autres individus comme lui et envers la société dans son ensemble. Ils distinguent ainsi la macrojustice, portée par les individus sur l'ensemble de leur société, et la microjustice qui renvoie à une situation personnelle par rapport à celle des autres (Forsé & Parodi, 2014). Le bien-être est ainsi fortement lié au contexte dans lequel évoluent les individus.

L'analyse de la littérature révèle des exemples encourageants permettant d'intégrer équité et justice sociale au concept de bien-être. Il y a un effort pour inclure les parties prenantes et/ou en utilisant un processus de co-création lors de la collecte et la mesure des données via des méthodes participatives inclusives, l'autonomisation, la participation à la gouvernance ou au développement des concepts, et l'imbrication des savoirs locaux. Par exemple, Biedenweg et al. (2017) ont explicitement pris en compte la justice sociale au cours du processus de classement et de finalisation des indicateurs de bien-être humain pour un projet à Puget Sound, Washington. Le projet a déployé des efforts considérables pour recruter des participants représentant un large éventail d'antécédents et d'expertise (notamment des Premières Nations, des défenseurs de l'environnement, des intérêts agricoles, des développeurs économiques et des membres du mouvement politique conservateur Tea Party aux États-Unis, entre autres) et a suivi des aspects clés de la justice sociale pluraliste : la reconnaissance et la participation de diverses parties prenantes et l'engagement à protéger ceux qui sont les plus vulnérables aux défis environnementaux et les plus susceptibles d'être affectés par les décisions visant à y remédier. De même, Pereira et al. (2007)(2005) ont utilisé une large gamme de techniques d'échantillonnage pour tenir compte des biais liés au sexe et à l'âge dans leur plan d'échantillonnage, en plus de rechercher des personnes engagées dans différentes activités et des personnes considérées comme plus ou moins bien loties économiquement.

Fontalvo-Herazo et al. (2007) ont utilisé un processus participatif inclusif pour impliquer les parties prenantes côtières locales dans la conception d'un système d'indicateurs de gestion

côtière au Brésil. Ils ont encouragé la participation de personnes issues de différents groupes et de différentes conditions de vie par le biais de réunions en sous-groupes au niveau du village, afin d'atténuer les inquiétudes des jeunes, des femmes ou d'autres groupes de parties prenantes marginalisées quant au partage d'informations potentiellement sensibles.

Breslow et al. (2016) ont développé un cadre conceptuel du bien-être humain conçu spécifiquement pour être utilisé dans la gestion des écosystèmes par les gestionnaires de ressources et les décideurs. Leur cadre d'analyse décrit les principaux éléments constitutifs du bien-être humain comme : les liens (être avec les autres et l'environnement), les capacités (permettre aux individus et aux communautés d'agir utilement pour poursuivre leurs objectifs), les conditions (circonstances dans lesquelles les besoins humains sont satisfaits) et les domaines transversaux de l'équité et de la justice, de la sécurité, de la résilience et de la durabilité. Ces auteurs conçoivent l'équité et la justice comme un domaine transversal (défini comme « les comparaisons entre le genre, l'âge, l'ethnicité, le revenu et d'autres variables ; les preuves de racisme et de discrimination ; les droits ; les violations des droits de l'homme »). Par exemple, l'équité est prise en compte dans le domaine « Conditions » du concept, avec des attributs tels que l'accès à la nourriture, à l'eau et aux soins de santé, et dans le domaine « Capacités », avec la prise en compte de la souveraineté et des droits. Breslow et al. (2016) mesurent intentionnellement la liberté et la voix, engendrant une équité et notant que la participation publique peut parfois être non démocratique et/ou inéquitable. Dans le domaine des capacités, les auteurs fournissent des exemples d'équité en tant que facteurs permettant directement aux individus et aux communautés d'agir de manière significative pour poursuivre leurs objectifs, notamment les moyens de subsistance et les activités, les systèmes de connaissances, la participation politique et la gouvernance.

À l'avenir, nous aimerions appliquer cette lentille d'équité pour comprendre le bien-être, en questionnant : quelles sont les différentes façons dont le bien-être est encadré ou compris, et par qui ? Quelles sont les visions du monde, les connaissances et les valeurs qui conditionnent les mesures du bien-être ? Qui définit les concepts de bien-être, et qui est exclu de ce processus et de la prise de décision concernant le bien-être ? Comment les droits, les responsabilités, les avantages et les coûts sont-ils répartis ? Quel est le contexte politique, économique, environnemental et social des inégalités, y compris les dynamiques passées et actuelles de pouvoir ?

Un bien-être en relation avec la nature

La nature est un facteur transversal essentiel au bien-être. Ces aspects environnementaux du bien-être transparaissent à travers des termes tels que la durabilité, les services écosystémiques, l'environnement et la nature (Betley et al., 2021). Des initiatives significatives ont émergé en favorisant l'intégration de la nature dans le bien-être. Le concept des Contributions de la Nature à la Société ou *Nature Contributions to People* (NCP), mis en avant par la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES, 2019), s'appuie sur le concept de service écosystémique favorisé par L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire ou *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), pour mettre en évidence les différentes façons (positives et négatives) dont la nature façonne le bien-être des personnes (Díaz et al., 2018). Le cadre de l'IPBES reconnaît ainsi que différentes

visions du monde colorent les relations entre les humains et la nature et crée un espace pour qu'elles évoluent dans le temps et l'espace (i.e. les relations locales avec l'environnement sont différentes des rétroactions et des relations à l'échelle mondiale). Breslow et al. (2016) ouvre aussi un cadre conceptuel de bien-être humain conçu spécifiquement pour être utilisé dans la gestion écosystémique par les gestionnaires de ressources et les décideurs en insistant, entre autres, sur les connexions avec les autres humains et avec l'environnement, la résilience et la durabilité.

En réponse à la prévalence croissante des catastrophes naturelles à grande échelle (i.e. inondations, incendies de forêt, sécheresses, etc.) qui ont un impact négatif sur le bien-être humain à une échelle massive (UNDRR, 2020), Carmenta et al. (2021) et Schleicher et al. (2018) soulignent la centralité de l'environnement pour le bien-être humain ces dernières années dans les littératures du développement et de la durabilité et, dans une certaine mesure, dans l'arène politique internationale. Par exemple, l'indice du bonheur national du Bhoutan décrit comment la compréhension de tels liens « soutient le séquençage des politiques à fort impact » (Centre for Bhutan Studies & GNH Research, 2017, p. 243). Cependant, des lacunes dans les connaissances subsistent pour déterminer comment les dimensions environnementales se croisent avec les aspects objectifs, subjectifs, collectifs et relationnels du bien-être (E. M. Bennett et al., 2015; McKinnon et al., 2016; Coulthard et al., 2021). Or ces recherches qui abordent explicitement les valeurs relationnelles entre les personnes et la nature (Chan et al., 2016, 2018; Stålhammar & Thorén, 2019) contribuent à l'évolution des politiques publiques mettant en avant la connectivité entre les humains et la nature tout en reconnaissant la pluralité des systèmes de connaissances et de visions du monde (Chan et al., 2018; Helne & Hirvilammi, 2015).

L'inclusion opérationnelle des interrelations humains-environnement a parfois été abordée par le biais de l'attachement au lieu (Sebastien, 2020). Par exemple, l'indice *Thriving Places* (Centre for Thriving Places Index, 2019) comprend une dimension appelée « *Place and Environment* », tandis qu'un autre cadre conceptuel comprend une dimension appelée « *Place and Planet* », qui prend en compte la façon dont l'environnement (bâti et naturel) soutient les valeurs et le bien-être de la communauté (City of Santa Monica, 2017). Tauro et al. (2021) ont évalué les liens entre le bien-être et une personne par le biais du territoire (c'est-à-dire les zones de forêts, les plans d'eau, etc.).

Schleicher et al. (2018) distinguent les concepts qui considèrent l'environnement comme un déterminant du bien-être humain (moteur externe instrumental) et ceux qui considèrent l'environnement comme un élément constitutif (interne) du bien-être (Dasgupta, 2012). Dans leur étude, Schleicher et al. ont constaté que, lorsque les cadres mentionnent une relation entre l'environnement et le bien-être, l'environnement est le plus souvent traité comme un déterminant. Un pan de la littérature croisant bien-être et environnement/nature fait explicitement référence aux avantages que l'environnement procure aux humains par le biais du terme « services écosystémiques » (Betley et al., 2021). Les dimensions décrites en matière de bénéfices pour les humains se concentrent sur les ressources essentielles telles que l'air pur, l'eau et la disponibilité de la nourriture. Certains articles utilisent plusieurs dimensions pour exprimer les multiples façons dont l'environnement procure du bien-être. Wallace et al.

(2020) décrivent « des ressources adéquates », « un environnement esthétiquement plaisant » et « un environnement physique bénin » comme trois valeurs d'état final liées à l'environnement.

Le deuxième pan de littérature identifié par Schleicher et al. (2018) fait référence à la diversité, à la protection des écosystèmes, à la résilience et à la biodiversité, ou encore à l'attention que les humains portent à l'environnement. Quelques dimensions liées à l'environnement font référence à la nature comme source de subsistance, avec des termes tels que « nourriture » et « biodiversité agricole » (Betley et al., 2021). Par exemple, les dimensions qui mettent en avant l'intégrité des écosystèmes et la biodiversité comprenaient différents indicateurs tels que la densité d'espèces menacées dans une zone (Shaker, 2018). D'autres cadres conceptuels comprennent des dimensions telles que la « connexion à la nature » (Flaherty et al., 2019), et les « interrelations tangibles et intangibles que nous avons avec d'autres personnes et avec la nature » (Breslow et al., 2016). Le dépassement de la dichotomie humain-nature dans les pratiques de conservation entraîne une relation et une hiérarchie différentes entre les humains et la nature, ainsi qu'une responsabilité contingente de la part des humains de prendre soin de l'environnement et pas seulement d'en profiter (Pascual et al., 2017). Ignorer les rétroactions et les interactions entre les humains et les écosystèmes est anhistorique, cela revient à nier les relations, souvent sur plusieurs générations, entre les gens et leurs environnements. C'est ignorer l'influence humaine omniprésente sur les écosystèmes et les droits des populations sur leurs territoires et leurs ressources (Gillson & Willis, 2004; van Oudenhoven et al., 2011).

Ceux qui se représentent l'environnement comme un élément constitutif développent un autre champ de la littérature dans lequel nous souhaitons nous engager, l'attention ou le « care ». Aimer et se préoccuper de tout ce qui nous entoure est la clé du maintien de toute vie (Zent & Zent, 2022). Ces auteurs exhortent chacun d'utiliser cette relation *love-care* pour inverser la tendance dominante à exploiter la nature de manière égoïste. Pour cela, ils explorent les liens vitaux entre les anciennes écophilosophies et les mouvements écosociaux contemporains pour une ou des écotopies d'avenir.

La prise en compte des relations réciproques entre bien-être et nature nécessite d'aborder le bien-être par le biais d'une approche systémique – en considérant explicitement la structure, le comportement et le but ou la fonction des systèmes adaptatifs complexes (Preiser et al., 2018) (Figure 22). Dans la théorie des systèmes, le tout est plus grand que la somme de ses parties (Meadows, 2008), et la pensée systémique relationnelle considère comment les relations intégrées entre les parties d'un système informent sa fonction ou son objectif global (Goodchild, 2021). Nous soutenons que les concepts de bien-être devraient considérer l'environnement comme un élément constitutif du bien-être, et devraient également reconnaître les interrelations (i.e. les synergies, les compromis et les interactions neutres) entre les personnes et leur environnement qui sont cruciales pour le bien-être (Caillon et al., 2017; Howe, 2011; McCarter et al., 2018; Schleicher et al., 2018).

Nous pensons qu'un objectif commun de santé humaine et environnementale équitable ne peut être atteint qu'avec (1) un respect de la diversité des connaissances, des pratiques et des

ontologies, (2) la fin de la dichotomie nature et culture, et (3) la volonté de donner une voix à la nature et aux IPLC.

Des valeurs émiques pour un bien-être bioculturel

Les indicateurs globaux de bien-être sont souvent sélectifs, incomplets et arbitraires, car ils correspondent davantage aux choix du chercheur·e qu'à ceux des individus. L'importance de la dimension subjective du bien-être remet en question le principe même de définition *a priori* du concept de bien-être (Bartram, 2012). « Doit-on imposer une définition de ce qu'est le bonheur ou le bien-être, dans la mesure où les individus sont les seuls à pouvoir apprécier s'ils se sentent heureux ou non, et sachant que cette perception varie sans cesse dans le temps ? Les statisticiens Daniel Neff et Wendy Olsen (2007) défendent une position voisine : « Les individus eux-mêmes sont les meilleurs juges de leur bonheur » (p. 50) » (Perron et al., 2019, p. 120).

Nous avons en effet beaucoup à apprendre d'autres cultures et modes de pensée (Matulis & Moyer, 2016), en particulier sur les valeurs relationnelles (Chan et al., 2016; Pascual et al., 2017) qui s'appliquent aux interactions avec le lieu (i.e. « *attachment-to-place* » ou « *sens of place* » (Ingold, 2000; Massey, 1991; Poe et al., 2016; Sebastien, 2020). Les humains, dans différents endroits du monde, utilisent différentes ontologies pour façonner les mondes qu'ils connaissent et voient, ainsi que la manière dont ils se comportent et interagissent avec eux. Cette dialectique dynamique dessine une myriade de relations à la nature ; la matérialité et l'immatérialité sont interconnectées, indissociables et se produisent mutuellement. Il ne s'agit pas de décrire comment différents groupes de personnes ont des perceptions différentes d'un même monde (approche multiculturelle), mais plutôt d'accepter la pluralité radicale des mondes, et donc des natures (approche multinaturaliste développée par Viveiros de Castro (1992)). De nombreux IPLC ne considèrent pas la nature et les humains comme distincts et leurs points de vue diffèrent souvent de ceux des agents de conservation ayant suivi un cursus académique occidental (Jupiter, 2017; West, 2016). Depuis les années 1980, des anthropologues tels que Viveiros de Castro (1992), Strathern (1980) et Descola (1986, 2005) ont documenté ces ontologies. Ils ont décrit la façon dont les sociétés à petite échelle se considèrent comme faisant partie de leur environnement et considèrent leur environnement comme leur parenté. Comme le rapporte Descola (1986), les Achuar de la forêt amazonienne équatorienne, par exemple, confèrent aux non-humains des attributs similaires à ceux des humains. Les animaux, selon les Achuar, ont le même esprit, appelé *wakan*, que les humains et n'apparaissent comme des animaux qu'à l'extérieur, comme le voient les autres. Les animaux ont une conscience réflexive et une intentionnalité ; ils peuvent exprimer des émotions et communiquer entre eux ou avec des membres d'autres espèces, comme les humains.

Les premiers anthropologues – dont Durkheim et Mauss (1901), Evans-Pritchard (1940), Conklin (1954) et Levi-Strauss (1962) – ainsi que les ethnobotanistes ultérieurs (Berlin, 1992; Ellen, 1998; Friedberg, 1990; Hunn, 1977) ont montré la richesse des connaissances et des pratiques locales en relation avec la nature en utilisant le prisme des savoirs locaux. Par exemple, les travaux sur les ethnoclassifications montrent que la façon dont les gens connaissent et voient le monde est aussi la façon dont ils le classifient (Brown et al., 1986;

Friedberg, 1992). En tant que telle, chaque ontologie donne lieu à différentes façons de voir, d'ordonner, de classer et de catégoriser, ce qui a de profondes répercussions sur la conception des problèmes, l'identification des solutions et la mesure du succès des futurs envisagés. L'objectif initial de ces premiers anthropologues et ethnobiologistes était de comprendre les sociétés à travers leur propre construction de connaissances sur l'environnement, et non de comprendre l'environnement lui-même et ses usages (Roué, 2014). Ces idées étaient les précurseurs de l'approche bioculturelle que nous défendons dans nos recherches.

En comparant les écarts et les chevauchements entre les composantes importantes du bien-être relevés dans les îles du Pacifique et celles décrites par les objectifs de développement durable (ODD) ont révélé que des facteurs émiques importants pour les IPLC, tels que les liens entre les personnes et les lieux, et l'importance des connaissances autochtones et locales, étaient sous-représentés, voire pas du tout, dans les ODD (Sterling et al., 2020). Dans ce projet, nous souhaitons éviter de tels écarts en prenant en compte la subjectivité des individus pour la mesure du bien-être qu'il soit objectivé ou subjectif à l'aide de mesures de paramètres extérieurs et surtout de valeurs émiques. Les valeurs de bien-être énoncées par les agriculteur·rices doivent émerger de leur expérience personnelle et relationnelle aux humains et autres êtres vivants et éléments non-vivants, de leurs connaissances et pratiques agricoles et naturalistes, de leurs visions du monde ou ontologies. Les agriculteur·rices doivent pouvoir définir les valeurs de bien-être qui les touchent grâce à leur intégration dans un processus de recherche qui se doit d'être intégratif et donc lent (cf. Méthode « *slow-science* » ci-dessous).

Un concept multidimensionnel

Nous croyons en la multidimensionnalité du concept de bien-être. Les indices de bien-être varient en fonction des dimensions mesurées, par exemple, certains mesurent le bien-être humain sans tenir compte de l'environnement dans lequel les gens vivent ou sans tenir compte des dimensions culturelles. En effet, une focalisation sur des notions agrégées de bien-être – par exemple sur la pauvreté globale, ou sur des éléments uniques tels que le revenu en espèces comme mesure principale de la pauvreté – peut passer à côté de l'hétérogénéité des dimensions sociales et écologiques de la pauvreté, ainsi que de la dynamique au sein des dimensions du bien-être et entre elles (Agrawal & Chhatre, 2011; Woodhouse et al., 2018). Cette même tendance à négliger l'hétérogénéité et la dynamique se retrouve dans les approches visant à comprendre les services écosystémiques ; la plupart des études se concentrent sur un seul service à la fois et ne tiennent pas compte de l'interaction entre eux (Renard et al., 2015) ou ne tiennent pas compte de la nécessité d'une analyse désagrégée des avantages des services écosystémiques dans les groupes sociaux, en particulier les groupes marginalisés (Chaudhary et al., 2018).

Mais le bien-être n'est pas une simple collection de dimensions, mais plutôt un système de dimensions interdépendantes. Le bien-être émerge lorsque les dimensions et les interrelations interagissent comme un système, dans lequel le tout est plus grand que la somme de ses parties. Or dans la littérature existante, la majorité des études (65%) sur le bien-être n'ont pas rendu compte des interactions (telles que les synergies et les compromis) entre les différentes dimensions du bien-être (Betley et al., 2021) . Parmi celles qui l'ont fait, nous avons constaté qu'environ 20% reconnaissaient explicitement les interactions, tandis

que dans 15% des cas, la reconnaissance était déduite. Bien que de nombreuses études aient discuté de l'importance de reconnaître ou de prendre en compte les interactions entre les dimensions, peu d'entre elles l'ont réellement inclus dans la conception, la mesure ou la mise en œuvre. Près de 25 % des définitions mentionnent des interrelations avec des formulations telles que « liens entre le bien-être et la nature » (Tauro et al., 2021), « relations avec le lieu » (Carmenta et al., 2021) et « coexistence harmonieuse avec la nature » (León, 2015).

Dans nos travaux futurs, nous désirons utiliser deux optiques ou perspectives différentes pour aider à éclairer les composantes cruciales du bien-être : une optique centrée sur l'équité et une optique sur les interrelations entre les humains et l'environnement (notre démarche scientifique est schématisée dans la Figure 22). En effet, pour bien appréhender et refléter les relations au sein des dimensions du bien-être et entre elles, il faut aller au-delà de l'idée de gagnants et de perdants et des encadrements de synergies ou de scénarios de co-bénéfices. Un groupe social, ou même un individu peuvent simultanément connaître des gains dans certaines dimensions et des pertes dans d'autres (Cinner et al., 2014; Daw et al., 2011; O'Brien & Leichenko, 2003). Ainsi, les cadres de co-bénéfices peuvent simplifier à l'excès la diversité et la complexité des impacts du changement et s'accompagner d'un rapport risque/récompense potentiellement élevé (Gurney et al., 2015; Summers et al., 2012). Sans tenir compte de toutes les dimensions probables du bien-être qui sont importantes pour les contextes locaux et de la gamme d'interactions entre ces dimensions, les programmes risquent d'exacerber les inégalités et les facteurs de stress existants (McShane et al., 2011) et de limiter la durabilité à long terme (Chaigneau & Brown, 2016). En outre, en ne prenant pas en compte les interactions entre les dimensions (tant dans le concept que dans la pratique), les programmes pourraient conduire à des conclusions erronées selon lesquelles les objectifs ont été atteints sans coûts significatifs alors qu'en réalité, ces coûts peuvent avoir été subis, mais non mesurés.

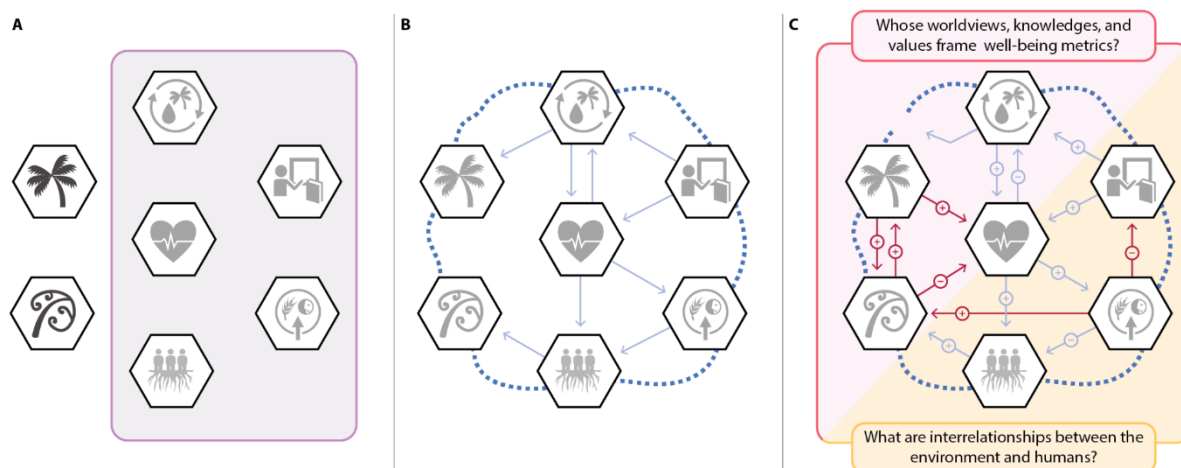


Figure 22 : Cadre conceptuel du bien-être utilisant les optiques de l'environnement et de l'équité d'après Betley et al. 2021. A) Le bien-être humain est multidimensionnel (les sept icônes illustrées sont des dimensions hypothétiques dérivées de Sterling et al. 2020 et placées au hasard dans l'espace indiqué) ; B) Le bien-être est un système de dimensions interdépendantes ; C) Une optique centrée sur l'équité et les interrelations entre les humains et l'environnement est indispensable pour appréhender toutes les dimensions et les interrelations coexistant au sein du concept de bien-être.

Vers des indicateurs ?

Des indicateurs vers le concept ou du concept vers les indicateurs

Il existe deux manières de concevoir des indicateurs. La première s'appuie sur des indicateurs préexistants pour développer un concept de bien-être (ci-après « indicateurs vers le concept »), alors que la deuxième demande de questionner les personnes sur leurs valeurs de bien-être avant de les transformer en indicateurs (ci-après du concept vers les indicateurs »). Près de 40% des constructions qui ont fourni des indicateurs ont été classés selon le modèle « indicateurs vers le concept » (Betley et al., 2021). Nous avons constaté que la majorité des concepts utilisant cette approche étaient appliqués à des échelles nationales ou régionales plus larges. L'autre approche va conceptuellement dans la direction opposée (ci-après « du concept aux indicateurs ») : la construction du bien-être est d'abord développée, ce qui détermine ensuite les indicateurs sous-jacents ; ces constructions sont principalement appliquées aux niveaux sous-nationaux et locaux.

Par exemple, l'indice de bien-être de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (Summers et al., 2012), l'indice Thriving Places (Centre for Thriving Places, 2019) et l'indice canadien du bien-être (Canadian Index of Wellbeing, 2016) adoptent une approche « des indicateurs au concept ». En revanche, le cadre de suivi et d'évaluation du plan national de développement durable du Vanuatu (Department of Strategic Policy Planning and Aid Coordination (DSPPAC), 2017), les indicateurs de résilience dans les paysages de production socioécologiques et les paysages marins (Dunbar et al., 2020) et le cadre Mataranga [Māori] de l'autorité de protection de l'environnement de Nouvelle-Zélande (New Zealand Environmental Protection Agency (NZEPA), 2020) adoptent une approche « du concept aux indicateurs ». Certains concepts (par exemple, le cadre de l'Institut universitaire des Nations unies pour l'étude avancée de la durabilité ou UNU-IAS) ont été élaborés pour être applicables à l'ensemble des groupes sociaux en suggérant des indicateurs plus généraux qui peuvent être adaptés aux contextes et aux besoins locaux (Verschuuren et al., 2014).

Les concepts développés à partir d'indicateurs existants (« indicateur vers le concept ») peuvent être plus rapidement et plus facilement mis en œuvre, et plus facilement comparés dans divers contextes, car les données des indicateurs sous-jacents sont déjà mesurées et collectées. Il convient toutefois de se demander si ces indicateurs *a priori* mesurent ce qui est le plus important pour le bien-être, ou s'ils sélectionnent plutôt des données facilement disponibles. Par exemple, l'indice Thriving Places est décrit comme « avant tout... une ressource qui peut être utilisée » parce qu'il s'appuie sur « des données déjà disponibles, plutôt que de créer une liste d'indicateurs idéaux » (Centre for Thriving Places, 2019, p. 14). Cette facilité d'usage a certainement ses mérites. Cependant, l'utilisation exclusive de données sources provenant de données mondiales et/ou d'offices statistiques nationaux pourrait refléter certaines notions de ce qui devrait être mesuré (ou peut être facilement mesuré à l'échelle) plutôt que les mesures les plus significatives (Sterling et al., 2017). Cela dit, les indicateurs existants peuvent certainement avoir une signification. Par exemple, l'indice canadien du bien-être utilise des indicateurs préexistants provenant de différentes autorités canadiennes, mais il est le résultat d'une consultation approfondie avec des groupes de Canadiens pour s'assurer qu'il reflète ce qui compte le plus pour eux.

L'approche qui passe du « concept à l'indicateur » pourrait mieux refléter le groupe pour lequel elle décrit le bien-être. Cette approche exige de la rigueur pour comprendre ce qui compte vraiment pour ce groupe et déterminer ensuite comment mesurer des attributs parfois intangibles. Toutefois, d'après notre expérience, et d'après les cas examinés, une approche fondée sur les valeurs locales peut s'avérer très gratifiante en raison de sa pertinence, mais elle nécessite également beaucoup de temps et de ressources pour mesurer, collecter, stocker et analyser les données qui en résultent. Une telle approche peut également présenter des difficultés pour développer et valider les indicateurs appropriés et fournir un système robuste pour la mesure continue et la collecte de données.

Des indicateurs pour dialoguer et agir

Les indicateurs servent souvent de support à des projets ou des politiques. Les résultats indiqués par des indicateurs doivent permettre aux décideur.ses d'avoir un résumé d'un état ou d'une dynamique associé à un groupe social pour évaluer les besoins et agir. Pour que cet indicateur puisse être intelligible par les décideurs ou autres acteurs du territoire, il faut qu'il soit simple, significatif, comparable et reproductible. Après avoir contextualisé la demande (i.e. objectifs de la commande et usage de l'indicateur), on trouve dans la littérature un ensemble de critères qu'un indicateur se doit de remplir (Pingault in Latruffe et al., 2016; Lebacqz et al., 2013; Rice, 2003) :

- « *relevance* » : pertinence de l'indicateur et de ses variables par rapport au contexte de l'étude et à son échelle d'observation et d'application
- « *practicability* » : faisabilité et de la mesure et quantification de l'indicateur pour assurer la transférabilité de la méthode à d'autres contextes
- « *end user value* » : compréhensibilité par les futur.es usager.ères de l'indicateur
- « *representativeness* » : mise en valeur de dynamiques globales et non induites par un événement épisodique.
- « *availability* » : disponibilité de données historiques pour permettre de réaliser des comparaisons sur le temps long ou entre plusieurs territoires.
- « *comparability* » : existence d'une base théorique permettant de valider la pertinence des variables choisies
- « *feasibility* » : temporalité des mesures et coût financier abordable pour la collecte de données.
- « *parcimony* » : limitation du nombre de variables composant l'indicateur. Cette réduction favorise la clarté et l'interprétation des résultats de l'indicateur et limite les risques de redondance de l'information.
- « *consistency* » : inclusion de toutes les variables nécessaires pour constituer l'indicateur.
- « *sufficiency* » : exhaustivité des variables pour remplir tous les objectifs de l'indicateur.

Une étape très compliquée consiste à passer d'un ensemble de valeurs à un indicateur composite, impliquant l'agrégation puis la combinaison des données. Il existe deux principales démarches lors de la construction d'un indicateur (Latruffe et al., 2016) :

- les « *agregators* » : il s'agit de combiner plusieurs sources d'information pour produire un chiffre unique. La grande difficulté réside alors dans le choix des pondérations et des unités de mesure des variables.
- les « *non-agregators* » : il s'agit de conserver une diversité de valeurs sans les agréger pour éviter de mélanger des valeurs différentes et pour limiter la subjectivité impliquée dans le processus de pondération effectué par l'expert.e. Lorsque cette démarche est appliquée la forme finale de l'indicateur est un tableau multicritère présentant les résultats de plusieurs variables.

Stiglitz et al. (2019, p. 13) précisent que les indicateurs ne devront « pas uniquement mesurer les niveaux moyens de bien-être au sein d'une communauté donnée et leur évolution dans le temps, mais encore rendre compte de la diversité des expériences personnelles et des rapports entre les différentes dimensions de la vie des personnes ». Bockstaller et al. (2008) propose d'utiliser ces deux méthodes pour des indicateurs agroenvironnementaux : l'indicateur agrégé permet de comparer des territoires et des périodes entre elles alors que les indicateurs non agrégés permettent de détecter les forces et faiblesses associées à un territoire en particulier. Ces auteurs recommandent de toujours utiliser plusieurs méthodes d'évaluation afin de confronter les résultats et en renforcer la fiabilité.

La construction de cet indicateur idéal implique une invisibilisation de certaines variables et la mise en avant d'autres. Le choix des variables à prendre en compte est crucial, car la simplification et réduction de l'information peut conduire à de fausses interprétations sur les causes ou dynamiques à l'origine de ce qui est observé, et ce faisant oriente le regard de son observateur (Sébastien et al., 2017). Seul.e l'expert.e connaît les processus de construction de l'indicateur et est à même de les comprendre. D'après Sébastien, Lehtonen et Bauler (2017, p. 16), « ces nouveaux indicateurs participent à des processus d'« instrumentation » (Lascoumes & Le Galès, 2005) par quantification, renforçant et institutionnalisant ainsi le pouvoir de l'expert. De même, les indicateurs rendent les enjeux accessibles aux profanes, mais ces procédures de simplification, en elles-mêmes, légitiment le rôle de l'expert comme le seul capable de « maîtriser le chiffre » (Zittoun, 2006) ». Ainsi la réduction de l'information en un chiffre unique par des opérations statistiques parfois complexes renforce la légitimité de l'expert.e comme seul acteur capable de fournir une information aux décideur·ses. Les populations se retrouvent alors exclues des processus de construction des indicateurs. La création d'un indicateur est donc un processus hautement subjectif (du point de vue de l'expert.e) et le choix des variables détermine fortement les résultats observés et donc les politiques qui en découleront. Nous préférons donc travailler à l'échelle des valeurs de bien-être énoncées par les agriculteur·rices, plutôt que de transformer ces valeurs en un indicateur qui gommara la diversité et les interactions entre les valeurs.



Image 1 Réaction d'un vigneron « Indicateurs pot se comparer ? Est-ce que cela a du sens ? » à la présentation d'Eleanor Sterling sur les indicateurs déjà existants, les objectifs de développement durable, atelier novembre 2019 – Dessins de Laure Garanger.

Développement de nouvelles méthodes de recherche

Pour explorer la multidimensionnalité du bien-être avec une focale d'équité et de lien à la nature, il nous semble fondamental d'adopter une approche bioculturelle doublée de transdisciplinarité et de sensible à travers notamment une démarche Arts&Sciences. Ce cocktail basé sur le lien ne peut être savouré que lentement : une recherche inscrite dans le courant de la « *slow science* » nous semble incontournable.

Approches bioculturelles

Section en partie rédigée à l'aide de :

Caillon S., Cullman G., Verschuuren B. & Sterling E. (2017). *Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicator. Ecology and Society 22(4): art. 27, <https://doi.org/10.5751/ES-09746-220427>.*

Les approches bioculturelles incluent les interactions dynamiques entre les connaissances, les pratiques et les ontologies locales, et reconnaissent les interrelations génératives entre les gens et leur environnement, ainsi que les processus et les rétroactions qui soutiennent les sphères écologiques et humaines (Gavin et al., 2015; Maffi & Woodley, 2010; McCarter et al., 2018; Sterling et al., 2017). Pour résumer, une approche bioculturelle inclut les valeurs, les connaissances, les représentations et les ontologies locales, reconnaît les rétroactions entre la nature et la culture, et renforce la perspective de « l'humain en tant que partie intégrante de la nature ».

Les approches bioculturelles gagnent du terrain dans les domaines de la gestion des ressources et en particulier dans le cadre des conventions et plateformes internationales (par exemple, la Convention sur la diversité biologique (CDB), l'IPBES, les Nations unies (ONU) (Gavin et al., 2015; Pascual et al., 2017; Sterling et al., 2017). La prise en compte de la relation mutualiste entre les IPLC et l'environnement (Cairns, 2007; Lawrence A. Kuznar, 2001) n'exclut pas les mesures scientifiques et le suivi des états, processus, interactions et fonctions des écosystèmes. Les savoirs locaux et les sciences académiques, en particulier la discipline de l'écologie, partagent des concepts communs tels que la connectivité et la parenté (« *connectedness and relatedness* » Pierotti & Wildcat, 2000), des aspects spécifiquement reconnus comme une préoccupation centrale pour la conservation (Zylstra et al., 2014). Ces approches sont centrées sur les modes de connaissance et les valeurs locales, avec la possibilité d'utiliser les sciences académiques pour soutenir les objectifs définis par les IPLC (C. Bartlett et al., 2012; Muller, 2012; Verschuuren et al., 2014). Les approches bioculturelles font souvent appel à des méthodes participatives telles que la projection pour fixer des objectifs ou l'identification d'indicateurs de bien-être pertinents au niveau local.

La création et la mesure d'indicateurs de bien-être par le biais d'une approche bioculturelle peuvent contribuer à des stratégies de conservation équitables qui atteignent le bien-être pour les humains et la nature. Les approches bioculturelles reconnaissent et soulignent les réalités des IPLC par le biais d'une approche émique, qui vise à éclairer les compréhensions propres aux IPLC de leurs relations avec la nature (par opposition aux cadres théoriques *a priori* qui sous-tendent les approches émiques). Ces approches prennent en compte les

interactions entre les humains et la nature, et tentent d'intégrer les connexions – y compris les convergences et les divergences – entre les savoirs locaux et académiques. La co-construction d'indicateurs de résilience peut également faciliter le dialogue entre les IPLC et la nature et avec les autres décideurs, ainsi qu'entre des personnes issues d'horizons divers (Verschuuren et al., 2014). L'accent mis sur les interactions entre les personnes et leur environnement facilite l'attention portée aux processus en plus des états finaux. Nous proposons que l'identification de valeurs de bien-être prenne en compte : (1) la diversité des connaissances (y compris les systèmes de classification) et des pratiques inscrites dans différentes ontologies ; et (2) étant donné l'enchâssement de l'humain dans les écosystèmes, le bien-être écologique en soi devrait être pris en compte en donnant la parole à la nature (Caillon et al., 2017). Nous pensons que l'attention portée à la manière dont nous mesurons et suivons les progrès vers les objectifs peut aider à mettre en pratique ces idées.

Transdisciplinarité

Section en partie rédigée à l'aide de :

Caillon S. & Muller S. (2015). *Géographie et savoirs locaux : pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité au Vanuatu*. In Mathevet R. & Godet L. (eds.) *Pour une géographie de la conservation. Biodiversités, natures et sociétés*. L'Harmattan, Paris. 400p : 209-227.

« L'interdisciplinarité en croisant les regards est une forme de tremplin vers la transdisciplinarité en passant d'une communauté de chercheurs à une communauté de recherche qui intègre une diversité d'acteurs » (Barnaud, 2022, p. 52). C'est aussi cet enthousiasme que porte le MNHN, l'épicentre en France de l'ethnoécologie « pour combattre toutes les formes d'oppression, de racisme, de colonialisme, notamment dans les institutions et dans les pratiques de recherche (McAlvay et al., 2021 in Bahuchet & Hoare, 2021), soit un cheminement vers plus d'éthique au sein de l'ethnoécologie (Nabhan, 2009). Julien Blanc (2021, p. 5) explicite avec rigueur, sincérité et sensibilité, son souhait de travailler, comme ethnoécologue, « avec les gens qui font *mes* terrains et non plus *sur* eux. Ou, pour être plus juste, de marier les deux : de travailler sur eux pour travailler aussi, et peut-être même avant tout avec eux, c'est-à-dire en quelque sorte également pour eux. [...] Dans cette aventure collaborative, je m'attache à la fois à faire *science* et *recherche* ». Il revendique sa démarche comme une recherche impliquée, « proche des principes de la recherche-expérimentation telle que la définit P. Nicolas-Le Strat (2018) » (2021, p. 5) et non comme une recherche participative ou recherche-action. Notre cheminement comme scientifiques et chercheurs emboîte le pas de Julien Blanc. Nous nous retrouvons aussi dans le concept de « *response-ability* », pour reprendre le terme forgé par Donna Haraway (2008). Si les responsabilités (« *responsability* ») renvoient aux responsabilités encouragées par les droits conventionnels et les cadres de défense, Donna Haraway s'appuie sur d'autres penseurs, comme Vinciane Despret et Isabelle Stengers, pour une respons(h)abilités (« *response-ability* ») émergeant des relations avec les animaux. Ce nouveau cadre de pensée pourrait aider Kim TallBear (2011) à concrétiser son rêve « *I want the bio-sciences to be "colonized" (and I mean that term as a genetic scientist and not a political scientist would intend it)—inhabited by those who were formerly only the food (or subjects) for science* ». Plutôt que d'imposer des cadres prêts à l'emploi, définis à l'avance (comme les droits, la justice sociale ou l'éthique végane), il est

nécessaire de répondre de manière située à nos relations existantes, irréductiblement enchevêtrées, avec les animaux. Animaux, plantes... non-humains et mêmes humains, il nous semble que ce cadre de pensée peut être utilisé par l'ensemble des êtres grouillants et les autres éléments inertes de notre planète.

Les collaborations entre chercheurs et praticiens peuvent prendre quatre¹⁸ formes différentes (Andersen & Wagenknecht, 2013) :

- « L'intégration par le coordinateur » des expertises produites séparément par des chercheurs disciplinaires
- « Un groupe commun d'apprentissage », un processus qui demande d'entremêler objectifs et moyens, et de partager des concepts à l'aide de modèles mentaux
- « La négociation entre experts », lorsque la faible superposition entre les domaines d'expertise empêche toute intégration et tout partage selon des modèles mentaux communs. Elle ne mène qu'à une analyse conjointe
- « L'intégration commune », lorsque les membres collaborent en entremêlant leurs objectifs mutuels, leurs méthodes et répondant de manière coopérative et conjointe.

Évidemment, nous engageons nos recherches futures dans cette dernière forme. Pour réussir au mieux, plusieurs étapes sont nécessaires¹⁹ :

- Intégrer dans les questionnaires des questions pertinentes du point de vue des enquêtés en définissant une problématique et les intérêts communs et spécifiques pertinents pour tous.
- Reconnaître les compétences (rôles et fonctions), souvent complémentaires, de chaque partenaire, qu'il soit chercheur ou praticien.
- Reconnaître les contraintes et intérêts globaux et propres à chaque discipline, et entre chaque groupe social (chercheur-es, ONG, agriculteur-rices...).
- Reconnaître les méthodes et le temps de recherche et d'application des différents partenaires (chercheur-es, ONG, gouvernement...), et négocier dans une sorte de va-et-vient, tout le long du processus de recherche les enjeux, objectifs et méthodes engagées.
- S'intéresser aux ontologies locales et non aux simples pratiques, et admettre que les systèmes de savoirs sont dynamiques.
- Comprendre les relations de pouvoir entre chercheurs, entre personnes enquêtées et entre les praticiens et les chercheurs.

¹⁸ Pretty (2000) compte sept niveaux de participation : information, consultation, incitation matérielle, participation fonctionnelle, participation interactive et initiative locale.

¹⁹ Nous nous sommes pour cela en partie inspirés du cours donné par Frédérique Jankowski (CIRAD, UMR SENS) donné dans le cadre de notre module « Ethnoécologie : interactions bioculturelles ».

La sociologue indienne Vandana Shiva (entre autres 1993, 1996) affirme que les « sciences modernes sont typiquement réductionnistes », car elles restreignent leur champ d'étude à des objets très spécifiques en excluant toutes formes de connaissances n'appartenant pas à leur propre sphère, largement auto-promue. Le clivage entre les sciences académiques et la société revêt trois formes d'exclusion : ontologique, épistémologique et sociologique. La première souligne le fossé entre les académiques focalisés sur les rendements et les agriculteur-rices attachés aux qualités organoleptiques ou aux coûts qu'engendre l'introduction de nouvelles technologies. L'exclusion épistémologique consiste à rejeter les savoirs et savoir-faire des agriculteur-rices au profit de l'approche scientifique conduite en conditions contrôlées. Plus récemment, d'autres dénoncent un processus de « pixellisation » (Tsing, 2012) ou de « purification » (Latour, 1991). Enfin, l'exclusion sociologique sous-entend que les agriculteur-rices n'ont pas les capacités d'accéder aux savoirs des académiques ou de les critiquer, et ne peuvent qu'accepter les nouvelles technologies imposées sans les comprendre.

Ces trois modes d'exclusion peuvent être interprétés en faisant référence au concept « d'obstacle épistémologique » développé par le philosophe Gaston Bachelard (1999). L'esprit ayant « l'âge de ses préjugés », « accéder à la science, c'est, spirituellement, rajeunir, c'est accepter une mutation brusque qui doit contredire un passé ». L'effacement de ces préjugés permet l'élaboration d'une science « ouverte et dynamique » capable, en s'enrichissant de nouvelles connaissances jusque-là camouflées par l'obstacle, non seulement de répondre à des questions préalablement posées, mais surtout d'en créer de nouvelles. Gaston Bachelard s'appuie sur un exemple illustrant l'obstacle pédagogique pouvant surgir entre un-e professeur-e et son élève. Ce couple pourrait être le chercheur-e et l'acteur-rice local-e, ou plus spécifiquement l'améliorateur-rice et l'agriculteur-rice. L'objectif est de « renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne » pour que l'élève puisse accéder au savoir académique. Cependant, les obstacles ne sont pas seulement présents chez l'élève, mais aussi chez le-a professeur-e. Ce n'est que par une double prise de conscience de ces obstacles et par la valorisation de leurs connaissances respectives qu'une réelle communication pourra faire émerger des solutions innovantes et adaptées.

Ces considérations donnent à réfléchir aussi sur la manière d'envisager la collaboration entre les disciplines, et entre académiques et praticiens – l'interdisciplinarité étant fortement plébiscitée depuis les années 90 et la transdisciplinarité depuis les années 2010 – pour aborder des problèmes complexes tels que les interactions société-environnement. Sans doute est-ce précisément dans cette ouverture à l'Autre que se situe l'apport spécifique des sciences humaines et sociales (géographie et anthropologie), ou plus exactement du couple SHS - ethnoécologie à des thématiques qui intéressaient jusque-là davantage les écologues. Alors que les sciences positives ont pour projet de décrire, dans les règles de l'objectivité scientifique, une réalité qui leur est extérieure, les SHS et l'ethnoécologie ont en commun de s'intéresser à la dimension subjective de la relation des humains à leur milieu. Pour ces disciplines, les « savoirs naturalistes locaux » offrent moins d'intérêt en eux-mêmes qu'en tant que porte d'entrée sur des « mondes intérieurs » (Debarbieux, 1997).

Il convient de souligner l'ambiguïté du rôle souvent attribué aux représentant·es des sciences sociales et humaines au sein des équipes interdisciplinaires. De par leur position à mi-chemin entre les responsables des projets de développement et les communautés locales avec lesquelles elles entretiennent une grande proximité sur le terrain, ces dernier·ères sont en effet régulièrement amené·es à devenir (parfois à leur insu) traducteur·rices des normes des un·es et porte-parole des autres (Marié and Tamisier, 1982). Les chercheur·es en SHS ne peuvent pourtant se satisfaire de ce rôle de « facilitateur·rices », au risque de cautionner une instrumentalisation de leur discipline par les projets qui les emploient et de perdre de vue leur contribution aux questions théoriques qui animent leur propre champ disciplinaire. Une solution à ce problème se situe alors peut-être dans une recherche moins animée par une logique d'assimilation et de réduction des différences entre les disciplines que par la reconnaissance de leurs singularités et de leurs objectifs propres. Comme le soulignent Hirsh et Luzadis (2013), cela nécessite alors sans doute de rompre avec un autre paradigme des sciences positives – la compétition entre des hypothèses de recherche rivales comme moteur fondamental dans le développement du savoir – pour promouvoir le développement d'un ensemble d'hypothèses complémentaires éclairant chacune l'une des multiples dimensions d'un problème complexe, dans la perspective d'une compréhension holistique des interactions sociétés-environnement.

Arts&Sciences et approches sensibles

« Les biologies, les politiques et les arts ont besoin les uns des autres » (Haraway, 2020, p. 189).

Des dessins dans les vignes

Section en partie rédigée à l'aide de :

Roy M. & Caillon S. (2021). Rendre visible le sensible par un engagement artistique et scientifique. Portrait de la flore des vignes dans le cadre d'une co-construction lente avec les vigneron·nes de Gaillac. In Foyer J., Chone A. & Boisvert V. (eds.), Scientificté et Spiritualité dans les agricultures alternatives. Presses Universitaires Grenoble Alpes, Grenoble

C'est en co-construisant un projet d'étude portant sur les relations des vigneron·nes à la flore que l'art s'est imposé, au départ comme compagnon d'une approche transdisciplinaire, menée avec une écologue-artiste (Mélanie Roy, MCF Université Paul Sabatier, Toulouse), puis comme élément facilitateur d'une approche bioculturelle. En effet les plantes nous mettent au défi de nous connecter à nos expériences sensorielles (Lawrence, 2022). Traitée comme des « objets vivants » (Exner & Schützenberger, 2018), plutôt que des sujets actifs, la séparation entre nature et culture n'en est que plus prégnante. En cela l'intuition du terrain – vue comme une reconnaissance préconsciente d'une « vie » partagée entre les humains et les plantes (Krzywoszynska, 2016) – cadrée par une approche bioculturelle s'adapte bien à l'oscillation des viticulteur·rices entre sciences et spiritualité, illustrée par les travaux de Christelle Pineau (2019) et Jean Foyer (2021).

Le dessin a toujours été un outil pour révéler les détails chers aux académiques ou « représenter l'invisible », comme précisé par le biographe de Léonard de Vinci (Vezzosi, 2010). Le dessin géographique (Courtot, 2010; Hermann, 2021; Seignobos, 2017), botanique

(Pahnke, 2018), ethnobotanique (Brunois, 2002), anthropologique (Augustins, 2006 ; Leroi-Gourhan, 2012 et 2013; Atalay et al. 2019) ou plus précisément en anthropologie visuelle (Colleyn, 2012), est en effet au fondement de ces disciplines ; il révèle, dans des conditions de terrain ne permettant pas toujours l'usage d'appareils électroniques sensibles à l'humidité, les détails botaniques propres à l'espèce, les interactions entre les plantes ou avec les autres éléments du paysage, ou même les relations entre les plantes et les humains à travers un geste technique dont le mouvement peut être difficile à capturer. Les liens entre dessin et démarche scientifique soulèvent de plus en plus d'enthousiasme et de créativité d'interaction comme le souligne la récente bibliographie sur le sujet (Roussel & Guitard, 2021b, 2021a) ou les publications des maisons d'édition University of Toronto Press et Casterman avec les séries ethnoGRAPHIC et Sociorama. Le dessin est mobilisé pour « ses qualités propres : subjectivité, expressivité, souplesse, spontanéité et corporalité » ou a pour grande ambition de « rendre vivant le savoir » (Hermann, 2021, p. 2 & 12). Notons qu'il existe une multitude d'autres formes de mutualisme entre arts&sciences : la photographie (E. Blanc et al., 2021; Colleyn, 2012; Lang, 2018; Myers, 2017)²⁰, des approches performatives comme le Théâtre forum (Fourat & Jankowski, 2021; Heras & Tàbara, 2014; Jankowski et al., 2020), la vidéo (Defives, 2021; Krzywoszynska, 2016) ou la danse d'humains ou de plantes (Schwan, 2016). Cette dernière performance s'intéresse aux rythmes, aux temporalités et aux mouvements des plantes, pour explicitement s'opposer au rationalisme scientifique qui ne reconnaît que très rarement la sensibilité non-humaine.

Revenons aux dessins que nous avons mobilisés dans nos dernières recherches. L'acte du dessin demande à la fois recul et observation, et aboutit à des choix de représentation qui reflètent les détails signifiants pour le·a vigneron·ne comme la présence d'araignée, de bioindication par les plantes... La création que demande le dessin implique aussi une perception, et développe la sensibilité de l'observateur (Wittmann, 2013). Florence Brunois (2002), dans son étude ethnographique basée sur le dessin botanique, illustre des détails comme les coups de bec dans un fruit, pour révéler les interactions entre oiseaux et plantes. Notre expérience dans le vignoble de Gaillac s'inscrit donc dans cette tradition d'observation de terrain, entre botanique et ethnobotanique, et semble aussi avoir joué le rôle de révélateur de relations, d'interactions ou plutôt de liens.

Les croquis, leur création et leur usage ont accompagné la construction d'un projet de recherche sur la relation aux plantes des vigneron·nes (Image 2). Les portraits-paysages ont permis d'appuyer les notes prises lors des inventaires et des entretiens (Image 3), et réciproquement les questions d'ethnobotanique ont permis d'ajouter une nouvelle touche, révélant la nature des interactions (Image 4). L'usage des plantes a pu être esquissé, par exemple la préparation de macérations, tout comme le moyen de contrôler les plantes, par exemple en passant certains outils un rang sur deux. Par ailleurs, ces portraits ont permis de rapidement donner un retour aux vigneron·nes qui nous accueillait. Le tempo du dessin devance de loin celui du scientifique, de la publication, et permet d'engager un véritable dialogue tout en acceptant le temps plus long nécessaire à la synthèse des enquêtes et des

²⁰ Myers expérimente la photographie à vitesse d'obturation lente pour documenter les mouvements des plantes vivantes.

résultats. Après des étudiant-es, ces portraits ont été utilisés en cours pour donner un aperçu très synthétique du paysage donnant à voir les interactions du vigneron avec ses plantes et son territoire (Image 2).

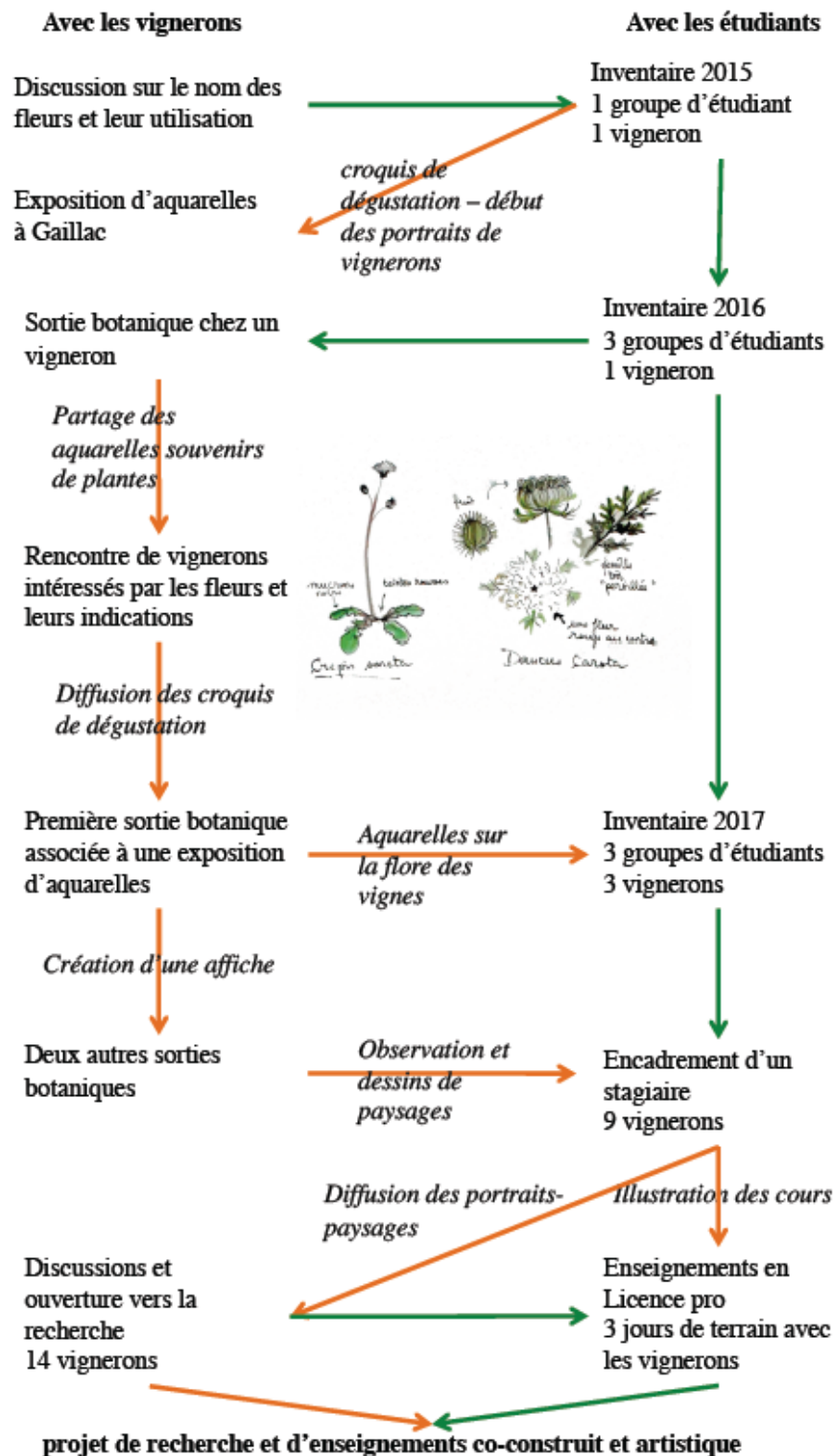


Image 2 Schéma représentant la place des aquarelles dans les sorties botaniques puis ethnobotaniques, et les interactions avec les vignerons.

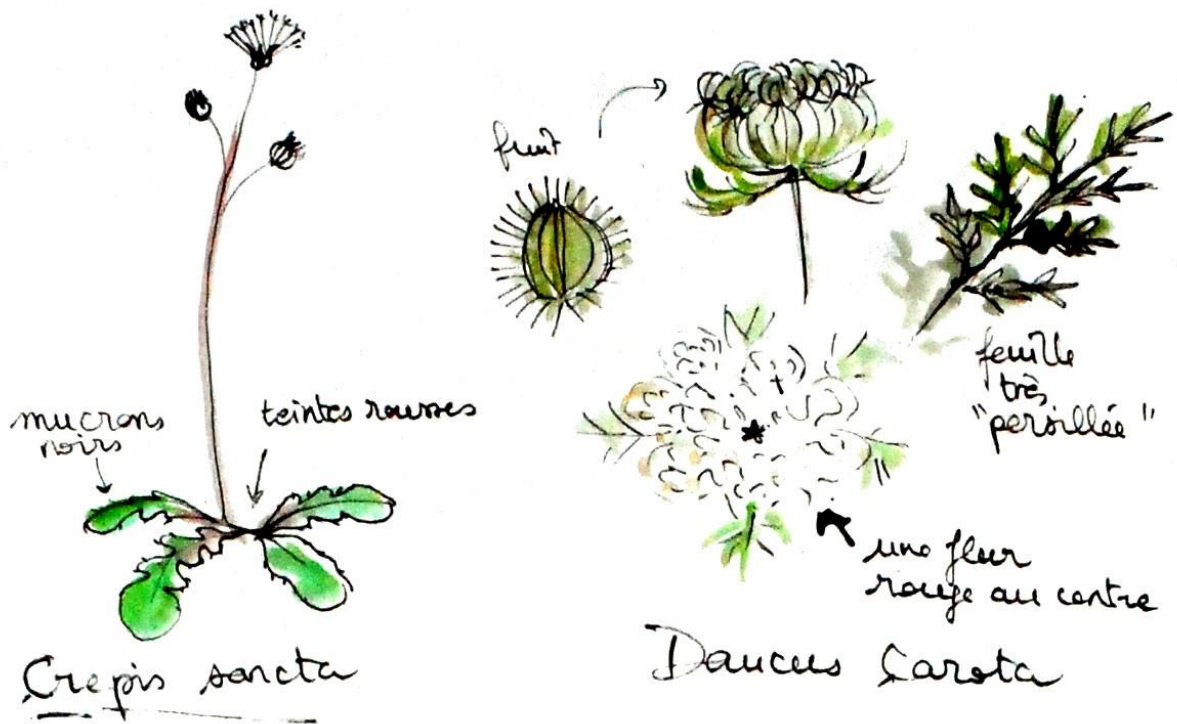


Image 3 Planche botanique dessinée par Mélanie Roy après un inventaire botanique dans le vignoble de Gaillac.

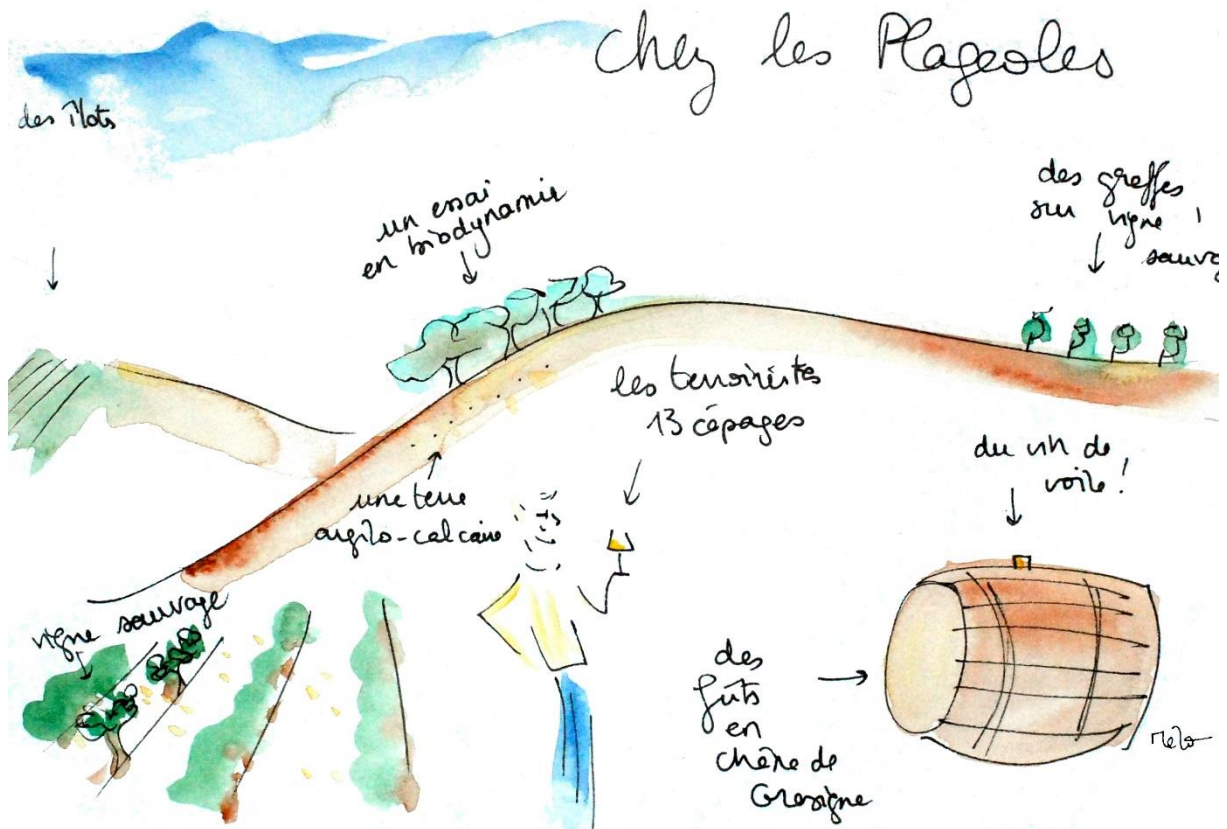


Image 4 Aquarelle peinte par Mélanie Roy après une enquête ethnoécologique avec Bernard Plageoles qui révèle les éléments paysagers et les pratiques agronomiques qui ont du sens pour l'enquête.

Outre le dessin, en tant qu'objet, c'est probablement les dimensions sensible et créative des dessins et des vins qui ont permis de mieux communiquer lors des entretiens, et d'établir ainsi une relation plus équilibrée et spontanée, entre chercheur-es et vigneron-nés. L'émergence du sensible offre en effet de nouveaux filtres d'observation (Zeller, 2000), notamment pour étudier la « démarche orphique » des vigneron-nés en biodynamie (Denis Chartier, communication personnelle, 14 décembre 2017), qui utilisent leur sensibilité, leur créativité et leur intuition quotidiennement.

L'intégration des arts à notre démarche scientifique aurait pu uniquement contribuer à la transversalité du projet, notamment en ajoutant une dimension esthétique, mais notre expérience suggère aussi un rôle d'émulateur, notamment auprès des étudiant-es et vigneron-nés impliqué-es. L'usage des croquis aquarellés a probablement renforcé cette réciprocité, en favorisant des échanges plus équitables et une communication investissant le sensible ; les relations de confiance sont ainsi tissées sur le long terme. Nous avons choisi de poursuivre cette expérience, mêlant arts&sciences, lors d'un atelier entre vigneron-nés et chercheur-es pour discuter de bien-être. Une artiste dessinatrice, Laure Garanger, a suivi nos débats, nos interrogations tout en observant nos postures ; sa synthèse dessinée est un média propice à la discussion entre les intervenants et pour présenter nos travaux à un plus large public (Image 5). Cependant, cette forme de contractualisation de l'art n'est pas une expérience que nous désirons poursuivre. Dans nos futures recherches nous espérons pouvoir intégrer une démarche artistique en co-construction et non comme une simple illustration. Cela n'est possible que par l'engagement d'artistes dès le départ du projet.



Image 5 Synthèse dessinée par Laure Garanger des valeurs de bien-être et de mal-être pour les vigneron-nés pratiquant une agriculture sans entrant chimique à Gaillac (atelier de novembre 2019 – Projet PICS CNRS).

Les artistes – ces « activistes » (art + activisme) ou ces artistes « en devenir écologique », « éco-artistes », artistes « verts » – avec qui nous pouvons nous engager sont nombreux. Ielles sont peintres, sculpteur·rices, *land artists*, photographes, vidéastes, performateur·rices, installateur·rices, WEB-créateur·rices et s'engagent dans la lutte écologique en investissant le *care*, le « soin à apporter aux relations avec autrui et l'environnement » et l'éthique pour répondre à la double question : « comment vivre dans un monde malade sans y simplement survivre et, de ce monde malade, que faire pour qu'il recouvre la santé ? » (Ardenne, 2019, p. 11- 12). N'est-ce pas un projet d'avenir partagé, pour nous ethnoécologues ?

Vers plus de sensible dans nos recherches

« Faire science impliquait de purifier le monde de ses dimensions sensibles et affectives, de traiter de manière objective de la subjectivité humaine » (J. Blanc, 2021, p. 8). Pour Julien Blanc, connaître implique d'explorer les pôles des dualités qui s'invitent dans un dispositif scientifique : les dimensions individuelle et collective, et les domaines intellectuel et sensible pour arriver à effacer les oppositions bien ancrées entre nature et culture, entre savoirs et pratiques, entre positionnement de l'esprit et celui du corps, et entre des approches plongées dans l'expérientiel, le sensible, l'affectif ou le rationnel. Julien Blanc trouva son inspiration chez un collectif de paysan·nes du centre-sud de la France.

Loin d'aller jusqu'à présenter les plantes comme des organismes intelligents (Brenner et al., 2006) dotées de personnalité (Hall, 2011), nous nous intéressons ici à l'émergence de nouveaux « mondes » chez les anthropologues et les géographes. Nous pensons au « *critical plant studies* » que Anna Lawrence (2022, p. 629) définit avec précision : « le champ interdisciplinaire florissant des *critical plant studies* (CPS) est un domaine interdisciplinaire et ombellifère qui se situe entre les humanités environnementales, les sciences végétales, l'art et l'esthétique, la philosophie et l'éthique. Apparue au début des années 2010, la CPS fournit un cadre général pour réévaluer les plantes, leurs représentations et les interactions humains-plantes, guidé par des questions d'agentivité, d'éthique, de cognition et de langage (Gagliano et al., 2017) ». Les géographes intéressés par le royaume des plantes ont déjà largement contribué au CTS (Ginn, 2016; Head et al., 2014, 2015; Pitt, 2018).

Le deuxième « monde » est celui de l'ethnographie multi-espèces ou « *multi-species ethnography* », qui s'intéresse à un ensemble de créatures vivantes telles que les plantes, champignons, animaux et micro-organismes (van Dooren et al., 2016), mais aussi d'objets inanimés tels que les montagnes (TallBear, 2011), les bouteilles ou les livres (J. Bennett, 2010; Duflot et al., 2015; Ernoult et al., 2003). Il est difficile de trouver un terme rassemblant humains&non-humains, animés&inertes sans tomber dans cette dichotomie qui semble inéluctable. Peut-être, pourrions-nous utiliser le terme d'« opprimés », comme introduit par Dorian Sagan (2011) à travers l'expression « le retour des opprimés » ? La citation faite par Kim TallBear (2011) en reprenant un texte de Charles Eastman (1911) sur leur monde Dakota est une belle illustration de l'entremêlement des éléments animés et non-animés qui forment un paysage vivant :

« The elements and majestic forces in nature, Lightning, Wind, Water, Fire, and Frost, were regarded with awe as spiritual powers, but always secondary and intermediate in character. We believed that the spirit pervades all creation and that every creature possesses a soul in

some degree, though not necessarily a soul conscious of itself. The tree, the waterfall, the grizzly bear, each is an embodied Force, and as such an object of reverence »

En appliquant des approches anthropologiques, l'ethnographie multi-espèces cherche à mieux intégrer les relations (et non les seules interactions) fortes et changeantes entre les humains et la nature. Elle se concentre sur les multiples relations que les gens entretiennent avec leur environnement. Elle scrute la manière dont ces relations font que les gens deviennent des humains et la manière dont les habitudes d'une multitude d'organismes façonnent et sont façonnées par les forces politiques, économiques et culturelles (Haraway, 2008; Kirksey & Helmreich, 2010; Kohn, 2007; Ogden et al., 2013; Tsing, 2015).

Les approches sensibles riment avec affect et soin (« *care* ») (Puig de la Bellacasa, 2018). Cette dernière notion peut être définie comme une obligation non normative selon un principe d'attention (« *attentiveness* » : l'habileté à observer les besoins), de responsabilité (« *responsability* » : la reconnaissance que le statut et les connaissances confèrent un impératif d'action) et de compétence (« *competency* » : l'aptitude à agir selon les besoins identifiés) (Tronto 1993). La capacité au soin pourrait être rapprochée de la notion d'expertise qui exige de l'attention (« *attentiveness* »), de la réactivité (« *responsiveness* ») et de l'adaptation (Dreyfus and Dreyfus 1986 in Krzywoszynska, 2016). Le rapport aux plantes à travers le soin a été déjà travaillé en milieux agricoles, en soulignant les défis que présente l'altérité induite par les plantes (Graddy-Lovelace, 2020; Krzywoszynska, 2016; Mincyté et al., 2020). Par exemple, Anna Krzywoszynska (2016) explique comment les travailleur·ses agricoles (et elle-même) apprennent à être « affecté·es » par les plantes au gré des saisons. Elle insiste sur l'importance de reconnaître le rôle indissociable de l'incertitude, l'intuition et l'expérimentation chez les agriculteur·rices. Les plantes deviennent des co-conspiratrices et élaborent ainsi une éthique végétale (Myers, 2018; Pitt, 2017).

Il serait naïf de penser que ce mouvement encensant les approches sensibles aurait une genèse occidentale ; les ontologies, les pratiques, les savoirs locaux cultivés, entretenus, modifiés par des générations de IPLC sont non seulement les éléments d'inspiration, mais aussi de construction « contemporaine » (TallBear, 2011). Le travail d'Eduardo Kohn (2013) fournit un exemple de la manière dont une telle transposition interculturelle s'applique aux arbres et autres êtres dans l'Amazonie équatorienne. En intégrant et acceptant les « réalités » des ontologies non occidentales, nous devenons en mesure d'accepter la diversité des perspectives offertes par le règne végétal. Notre – en tant qu'académiques – « respons(h)abilité » est ainsi engagée pour respecter l'existence d'une multitude d'éthiques fondée sur le soin mutuel (Rose, 1999).

Du sensible grâce à la lenteur

Notre démarche s'inscrit dans un autre mode de recherche, la « slow science », un mouvement initié en Allemagne par The Slow Science Academy en 2010 (slow-science.org), puis introduite en milieu francophone par Olivier Gosselain (2011) et Isabelle Stengers (2013) en réaction à la surproduction d'articles scientifiques (Malcolm, 1996), à l'accélération et à la désynchronisation entre les plus rapides et les plus lents (Coutellec, 2015). Ce rythme effréné et l'ampleur des projets financés (type Horizon 2020, ANR, ERC...) distancient le chercheur et son terrain : les personnes enquêtées doivent accueillir un nombre grandissant d'étudiants ou de jeunes chercheurs non permanents (Demeulenaere et al., 2018). À peine des liens sont-ils créés qu'une nouvelle personne reprend la suite. De plus, la formalisation des rapports entre enquêteur·ses et enquêté·es (autorisation de recherche, permis éthique...) peut déshumaniser les relations ; le droit remplace les liens de confiance et de réciprocité construits sur le temps long (Demeulenaere et al., 2018).

Perspectives de recherche et d'encadrement

Une recherche future inspirée par les doctorant·es

Thème « bien-être et approches sensibles »

Pour aller plus loin sur les questions de bien-être à l'aide d'approches artistiques et sensibles, nous – avec Claire Julliard (ethnoécologue, CNPMAI) – avons monté un projet en partenariat avec Yves Rocher qui commencera en septembre 2022. Dans un contexte de crises multiples (sanitaire, écologique, climatique, géopolitique, etc.), il s'agit de développer un projet scientifique qui interroge les nouvelles modalités du bien-être humain et plus spécifiquement la manière dont la nature joue un rôle dans ce bien-être. L'analyse bibliographique en SHS se concentrera sur les différentes conceptions du bien-être, sur les expériences en lien avec la nature et le végétal, et sur les approches mobilisant conjointement la nature et le bien-être (en particulier les approches sensibles). Ce travail bibliographique dépassera les simples thématiques ou concepts associés au bien-être et à la nature, pour réaliser un bilan exhaustif et critique des méthodes mobilisées en SHS pour caractériser les expériences sensibles en lien avec la nature et le vivant. Si notre partenariat est productif, nous voudrions poursuivre cette expérience en montant un projet performateur associant académiques, artistes et acteurs de la filière Yves Rocher. Ce projet m'aidera à mieux comprendre et intégrer les approches sensibles dans mes recherches futures.

Thème « vigne et changement climatique »

Tout le long de ma carrière, j'ai opté pour la relation à l'individu. Mon travail d'enquête, d'observation et de participation s'est toujours déroulé à l'échelle de la personne, bien nichée à l'intérieur de villages tropicaux et de domaines viticoles isolés. C'est au cours du stage d'Antoine Rignault (Master) dirigé par Antoine Doncieux (Doctorant) sur la circulation des connaissances dans un contexte de changement climatique, que l'on a intégré le rôle des institutions et des groupes sociaux. Dans mes recherches futures, j'aimerais dépasser mon cadre d'analyse jusque-là cantonné aux relations avec les agriculteur·rices, en allant explorer les sphères politiques qui me paraissent bien obscures. Heureusement, et encore une fois, je suis magnifiquement entourée. Avec les géographes de l'Université de Toronto en accueil dans notre équipe pendant un an, Scott Prudham et Ken McDonald, et l'anthropologue de l'Université McGill, Ismaël Vaccaro, nous aimerions monter un projet sur les adaptations collectives aux changements climatiques en réalisant la biographie de la vigne que les vigneron·nes transposent dans des lieux de refuge. Nous nous proposons de réaliser un travail comparatif entre la France et l'Espagne, plus exactement en Catalogne.

Thème santé des interactions « plante-sol »

Ce sont les vigneron·nes de Gaillac qui m'ont parlé de sol pour la première fois, et depuis ce compartiment cryptique m'intrigue. À leur demande, nous sommes en train de monter avec Mélanie Roy (écologue, Université Paul Sabatier), Priscia Oliva (pédologue, Université Paul Sabatier) et Delphine Renard (écologue, CNRS) un projet MUSE Vinid'occ pour comprendre ce compartiment caché, et en particulier sa forte résistance et ses capacités d'atténuation des variations climatiques. Nous nous concentrerons sur ce qui fait que les vigneron·nes le nomment « sol vivant », en regardant de plus près la richesse taxonomique et fonctionnelle

en micro-organismes, surtout dans la rhizosphère. Ce projet vise à (1) comprendre les interactions entre résilience des sols, des vignobles et des paysages, (2) identifier les liens entre pratiques et résilience, depuis le pied de vigne jusqu'au paysage, (3) mettre en place un observatoire à l'échelle de la région Occitanie pour suivre sur le long terme la résilience des sols et des vignobles, et (4) co-construire des trajectoires de transition de type agroécologique avec les vigneron·nes et les acteurs viticoles (institutions). Ce projet s'appuiera sur deux thèses. La première, conduite par un écologue, s'intéressera aux indicateurs physico-chimiques et biologiques de la résistance des sols et des vignobles face aux contraintes climatiques et paysagères. La deuxième, que je co-encadrerai, questionnera l'influence des institutions (coopératives, chambre d'agriculture, etc.) sur les vignerons pour aborder (perception, savoirs et pratiques) le système sol-plante (incluant la biodiversité microbienne). Cette thèse en ethnopédologie permettra de redéfinir, à travers le regard des vigneron·nes, le concept de « santé du sol ».

Concept que je vais en amont triturer, dans le cadre d'un autre projet financé par Agropolis Fondation. En recréant le lien entre chercheur·es et agriculteur·rices, nous espérons développer dans ce projet de nouveaux indicateurs intégratifs de santé des plantes et des sols. À travers une analyse bibliographique et en aidant à réaliser des grilles d'entretien, j'interviens en appui de mes collègues ethnoécologues (Yves Adou Yao, Université Houphouët-Boigny), anthropologues (Aurélie Javelle, SupAgro) et agroécologues (Clémentine Allinne, CIRAD) pour réaliser un inventaire des indicateurs existants sur la « santé », et travailler les valeurs d'attachement à la plante et au sol dans des cacaoyères en Côte d'Ivoire.

Thème « sauvage-cultivé »

Si Antoine Doncieux m'a permis de m'intéresser aux institutions, deux autres doctorant·es, Jonathan Locqueville et Ninon Fontaine, m'ont incitée à dépasser les frontières de mon jardin cultivé, de ma parcelle de vigne. En m'immergeant dans le monde des cueilleurs à travers leur travail d'enquête et d'inventaires écologiques (Jonathan sur les haricots dans les Andes colombiennes puis, pour raison de COVID, sur l'arnica en Ardèche, et Ninon sur le génépi dans le Mercantour), le concept de « nature domestique » (Descola, 1986) semble plus concret, même sous nos latitudes. Un des objectifs est de questionner la conception linéaire et progressiste de la domestication en interrogeant les cueilleur·ses sur les traits fonctionnels importants pour mettre à profit la diversité des situations écologiques et climatiques qu'elles rencontrent. Pour cela elles questionnent cueilleur·ses et agri-cueilleur·ses sur leurs pratiques de cueillette, de mise en culture de certaines espèces et sur leur relation au paysage où elles pratiquent la cueillette.

Grâce à leur inspiration, je compte poursuivre leurs recherches au Vanuatu en y étudiant les pratiques de cueillette. Dans le cadre d'un projet européen financé (mais en pause en raison de la crise sanitaire), nous redéfinissons le concept d'agriculture familiale dans le Pacifique. Si d'autres collègues (Catherine Sabinot, ethnoécologue et Gilbert David, géographe à l'IRD) élargissent cette définition pour y intégrer la « culture de la mer » avec les pratiques de pêche et de récolte de coquillages, j'aimerais pousser la frontière à l'intérieur des îles en intégrant les pratiques de cueillette. Ces questions de lien entre terre et mer, dans un contexte insulaire mêlant humains et autres êtres vivants, pourraient être développées ultérieurement dans un

projet plus ambitieux incluant Hawaii et Tahiti. Ces liens polynésiens sont tissés par ma collègue de toujours, Eleanor Sterling qui vient de quitter l’American Museum of Natural History à New York pour l’institut de biologie marine à l’université d’Hawaii. Il y a des personnes dont la générosité et la créativité scientifique (et humaine) nous poussent à les suivre jusqu’au bout de la planète !

Conclusion

Que ce soit pour la compréhension du concept d'agrobiodiversité ou du bien-être bioculturel, nous nous sommes intéressés aux interactions entre les humains et les « êtres-en-rencontres ordinaires » (Haraway, 2020, p. 27), en questionnant leurs visions et leurs pratiques de la nature. Nous avons développé des méthodes sans frontières entre disciplines et entre acteurs, vers une intégration des approches sensibles, mais tout en conservant une solide connaissance bioculturelle des acteurs (i.e. humains et plantes). Nous avons choisi ces concepts – agrobiodiversité et bien-être – car tous deux sont sans frontières natureculture ; nous naviguons sur une mer « trouble » (Haraway, 2020) vers une non-dualité. Avec nos différences et nos singularités, nous faisons « commerce » – car ces relations de réciprocité sont bien souvent non symétriques – et « conversation » avec ces autres que nous-mêmes, ces espèces compagnes (de la bactérie à l'ours polaire isolé sur son iceberg) et ces éléments paysagers (Haraway, 2008). Nous acceptons qu'il n'y ait « ni nature, ni culture, ni sujet, ni objet qui préexistent à cet entrelacs » (Haraway, 2020, p. 26).

Le passage de l'agrobiodiversité vers le bien-être nous a permis de transposer notre focus d'un cortège de plantes à un groupe humain. Si ce fut de manière inconsciente lors des projets préliminaires, nous voulons dorénavant revendiquer des formes de dialogue incitant à « penser-avec », « construire-avec », « fabriquer-avec », « réaliser-avec » (Haraway, 2020, p. 115) et même « devenir-avec » (en citant les travaux de Vinciane Despret) (Image 6). En vingt-trois ans, nos pratiques de recherche ont eu le temps de transformer les « interactions-avec » en des liens pour pouvoir penser « entre » (Stengers, 2011, p. 134). Il faudra dans l'avenir dépasser l'entre-soi et convoquer académiques indiscipliné-es, praticien·nes ancré-es, artistes, sans oublier les êtres vivants et autres éléments paysagers dans une danse lente et infinie invoquant le sensible.



Image 6 Virginie Pouliquen. *Sympoièse (n°1)*, eau-forte et graphite sur papier Vélín d'Arches, 18 x 24 cm, 2020 « Faire avec, faire grâce aux autres, faire au risque des autres ».

Bibliographie

- Abay, F., de Boef, W., & Bjørnstad, Å. (2011). Network analysis of barley seed flows in Tigray, Ethiopia : Supporting the design of strategies that contribute to on-farm management of plant genetic resources. *Plant Genetic Resources*, 9(4), 495-505. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000773>
- Agneessens, F., & Wittek, R. (2012). Where do intra-organizational advice relations come from? The role of informal status and social capital in social exchange. *Social Networks*, 34(3), 333-345. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2011.04.002>
- Agrawal, A., & Chhatre, A. (2011). Against mono-consequentialism : Multiple outcomes and their drivers in social–ecological systems. *Global Environmental Change*, 21(1), 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.12.007>
- Aguado, M., González, J. A., Bellott, K., López-Santiago, C., & Montes, C. (2018). Exploring subjective well-being and ecosystem services perception along a rural–urban gradient in the high Andes of Ecuador. *Ecosystem Services*, 34, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.09.002>
- Alcántara-Salinas, G., Ellen, R. F., Valiñas-Coalla, L., Caballero, J., & Argueta-Villamar, A. (2013). Alternative ways of representing Zapotec and Cuicatec folk classification of birds : A multidimensional model and its implications for culturally-informed conservation in Oaxaca, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(1), 81. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-81>
- Alexiades, M. N., & Sheldon, J. W. (1996). Selected guidelines for ethnobotanical research : A field manual. *Advances in Economic Botany (USA)*. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Selected+guidelines+for+ethnobotanical+research%3A+a+field+manual&author=Alexiades%2C+M.N.&publication_year=1996
- Alkire, S. (2002). *Valuing Freedoms : Sen's Capability Approach and Poverty Reduction* (Oxford University Press). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0199245797.001.0001>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869-890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Alvarez, N., Garine, E., Khasah, C., Dounias, E., Hossaert-McKey, M., & McKey, D. (2005). Farmers' practices, metapopulation dynamics, and conservation of agricultural biodiversity on-farm : A case study of sorghum among the Duupa in sub-sahelian Cameroon. *Biological Conservation*, 121(4), 533-543.
- Andersen, H., & Wagenknecht, S. (2013). Epistemic dependence in interdisciplinary groups. *Synthese*, 190(11), 1881-1898. <https://doi.org/10.1007/s11229-012-0172-1>
- Anderson, E. N., Pearsall, D. M., Hunn, E. S., Turner, N. J., & Ford, R. I. (Éds.). (2011). *Ethnobiology*. Wiley-Blackwell.
- Ardenne, P. (2019). *Un art écologique. Création plasticienne et anthropocène* (Le Bord de l'Eau). <https://www.sculpturenature.com/paul-ardenne-un-art-ecologique-creation-plasticienne-et-anthropocene/>
- Aswani, S., & Vaccaro, I. (2008). Lagoon Ecology and Social Strategies : Habitat Diversity and Ethnobiology. *Human Ecology*, 36(3), 325-341. <https://doi.org/10.1007/s10745-007-9159-9>

- Atran, S. (1998). Folk biology and the anthropology of science : Cognitive universals and cultural particulars. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(4), 547-569. <https://doi.org/10.1017/S0140525X98001277>
- Aubertin, C., Boisvert, V., & Vivien, F.-D. (1998). La construction sociale de la question de la biodiversité. *Nature, Sciences et Sociétés*, 6(1), 7-19.
- Bachelard, G. (1999). *La formation de l'esprit scientifique*. Librairie philosophique J. Vrin.
- Badstue, L. B., Bellon, M. R., Berthaud, J., Juárez, X., Rosas, I. M., Solano, A. M., & Ramírez, A. (2006). Examining the Role of Collective Action in an Informal Seed System : A Case Study from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*, 34(2), 249-273. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9016-2>
- Badstue, L. B., Bellon, M. R., Berthaud, J., Ramirez, A., Flores, D., & Juarez, X. (2007). The dynamics of farmers' maize seed supply practices in the Central valleys of Oaxaca, Mexico. *World Development*, 35(9), 1579-1593.
- Bahuchet, S. (2021). De la botanique appliquée aux « ethno-machins ». *Revue d'ethnoécologie [En ligne]*, 20 | 2021, mis en ligne le 3.
- Bahuchet, S., De Maret, P., Grenand, F., Grenand, P., & et al. (2001). *Un regard sur les peuples des forêts tropicales* (Editions de l'Université).
- Bahuchet, S., & Hoare, C. (2021). Un siècle d'étude des relations sociétés-nature. *Revue d'ethnoécologie*. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.8503>
- Bailey, Z. D., Krieger, N., Agénor, M., Graves, J., Linos, N., & Bassett, M. T. (2017). Structural racism and health inequities in the USA : Evidence and interventions. *The Lancet*, 389(10077), 1453-1463. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30569-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30569-X)
- Balmelle, C., Barraud, D., Brun, J.-P., Duprat, P., Gaillard, H., Jacques, P., Maurin, L., Petit-Aupert, C., Rigal, D., Robin, K., Roudié, P., Sillières, P., & Vernou, C. (2001). La viticulture antique en Aquitaine. *Gallia*, 58, 129-164. JSTOR.
- Barbault, R. (1997). *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère* (2ième). Masson.
- Barbillon, P., Donnet, S., Lazega, E., & Bar-Hen, A. (2017). Stochastic block models for multiplex networks : An application to a multilevel network of researchers. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 180(1), 295-314. <https://doi.org/10.1111/rssa.12193>
- Barnaud, A. (2022). *Regards croisés sur l'agrobiodiversité pour une transition agroécologique, durable, juste et équitable*. Habilitation à Diriger les Recherches en Evolution.
- Barrau, J. (1958). Subsistence agriculture in Melanesia. *Bernice P. Bishop Museum - Bulletin*, 219, 1-110.
- Barrau, J. (1962). *Les plantes alimentaires de l'Océanie : Origines, distribution et usages*. Faculté des Sciences de Marseille, Annales du Musée Colonial de Marseille, 63e à 69e années, 7e série.
- Barrera-Bassols, N., & Toledo, V. M. (2005). Ethnoecology of the Yucatec Maya : Symbolism, knowledge and management of natural resources. *Journal of Latin American Geography*, 4(1), 9-41.
- Barthélémy, C. (2005). Les savoirs locaux : Entre connaissances et reconnaissance. *VertigO, Volume 6 Numéro 1*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.2997>
- Barthes, R. (1972). Jeunes chercheurs. *Communications*, 19(1), 1-5. <https://doi.org/10.3406/comm.1972.1276>
- Bartlett, C., Marshall, M., & Marshall, A. (2012). Two-Eyed Seeing and other lessons learned within a co-learning journey of bringing together indigenous and mainstream

- knowledges and ways of knowing. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, July. <https://doi.org/doi:10.1007/s13412-012-0086-8>
- Bartlett, H. (1936). *A method of procedure for field work in tropical American phyogeography based on a botanical reconnaissance in parts of British Honduras and the Peten forest of Guatemala* (Botany of the Maya area, Miscellaneous papers I.).
- Bartram, D. (2012). Elements of a Sociological Contribution to Happiness Studies. *Sociology Compass*, 6(8), 644-656. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9020.2012.00483.x>
- Bates, D. G., & Plog, F. (1990). *Human adaptive strategies* (Mcgraw-Hill).
- Beckerman, S. (1983). Does the Swidden Ape the Jungle? *Human Ecology*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/BF00891227>
- Bellon, M. R., Hodson, D., & Hellin, J. (2011). Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(33), 13432-13437. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103373108>
- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B. N., Geijzendorffer, I. R., Krug, C. B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., Mooney, H. A., Nel, J. L., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, N. P., Peterson, G. D., ... Woodward, G. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being : Three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.007>
- Bennett, J. (2010). *Vibrant Matter : A Political Ecology of Things*. Duke University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv111jh6w>
- Benz, B., Perales, H. R., & Brush, S. B. (2007). Tzeltal and Tzotzil Farmer Knowledge and Maize Diversity in Chiapas, Mexico. *Current Anthropology*, 48(2), 289-300.
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251-1262.
- Berlin, B. (1992). *Ethnobiological classification : Principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton University Press.
- Berlin, B., Breedlove, D. E., & Raven, P. H. (1973). General principles of classification and nomenclature in folk biology. *American Anthropologist*, 75, 214-242.
- Berlin, B., & Kay, P. (1991). *Basic Color Terms : Their Universality and Evolution* (University of California Press).
- Betley, E. C., Sigouin, A., Pascua, P., Cheng, S. H., MacDonald, K. I., Arengo, F., Aumeeruddy-Thomas, Y., Caillon, S., Isaac, M. E., Jupiter, S. D., Mawyer, A., Mejia, M., Moore, A. C., Renard, D., Sébastien, L., Gazit, N., & Sterling, E. J. (2021). Assessing human well-being constructs with environmental and equity aspects : A review of the landscape. *People and Nature*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1002/pan3.10293>
- Biedenweg, K., Harguth, H., & Stiles, K. (2017). The science and politics of human well-being : A case study in cocreating indicators for Puget Sound restoration. *Ecology and Society*, 22(3). <https://doi.org/10.5751/es-09424-220311>
- Blanc, E., Chartier, D., & Cohen, A. G. (2021). Des vivants, des vins. Bricolages polyphoniques. In J. Foyer, A. Chone, & V. Boisvert (Éds.), *Scientificité et Spiritualité dans les agricultures alternatives* (p. 15). Presses Universitaires Grenoble Alpes, collection humanités environnementales.
- Blanc, J. (2021). Faire face à la crise écologique : L'ethnoécologie comme pratique de connaissance engagée. *Revue d'ethnoécologie*, 20. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.8741>

- Bockstaller, C., Guichard, L., Makowski, D., Aveline, A., Girardin, P., & Plantureux, S. (2008). Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1), 139-149. <https://doi.org/10.1051/agro:2007052>
- Boiteau, V. (2020, décembre 1). *Malaise des agriculteurs : « Qui accepte en France de travailler pour 500 euros par mois ? »*. Libération. https://www.liberation.fr/france/2020/12/01/malaise-des-agriculteurs-qui-accepte-en-france-de-travailler-pour-500-euros-par-mois_1807271/
- Bonnemaison, J. (1987). *Tanna, les hommes lieux* (Vol. 2). ORSTOM.
- Bonnemaison, J. (1991). Le taro-roi : Une horticulture d'abondance dans l'Archipel du Vanuatu (Mélanésie). In R. Blanadet, J. M. Amat-Roze, S. Guichard-Anguis, C. Balaize, & A. Louchet (Éds.), *Aspects du monde tropical et asiatique : Hommage à Jean Delvert* (p. 305-315). Presses de l'Université de Paris-Sorbonne.
- Bonnemaison, J. (1996). *Gens de pirogue et gens de la terre*. Editions de l'ORSTOM.
- Boster, J. S. (1986). Exchange of Varieties and Information between Aguaruna Manioc Cultivators. *American Anthropologist, New Series*, 88(2), 428-436.
- Bouchevreau, J.-F., & Crépon, M. (2021, mars 23). « Prétendre défendre les agriculteurs dans les discours, tout en menant une politique qui les accule à la mort, est criminel ». *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/03/23/agriculture-pretendre-defendre-une-profession-dans-les-discours-tout-en-menant-une-politique-qui-les-accule-a-la-mort-est-criminel_6074177_3232.html
- Braveman, P., & Gruskin, S. (2003). Defining equity in health. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 57(4), 254-258. <https://doi.org/10.1136/jech.57.4.254>
- Brenner, E. D., Stahlberg, R., Mancuso, S., Vivanco, J., Baluška, F., & Van Volkenburgh, E. (2006). Plant neurobiology : An integrated view of plant signaling. *Trends in Plant Science*, 11(8), 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.009>
- Bresson, F. (1986). Les fonctions de représentation et de communication. In J. Piaget, P. Mounou, & J. P. Broncart (Éds.), *Psychologie* (Ed. de la Pleïade).
- Brew, B., Inder, K., Allen, J., Thomas, M., & Kelly, B. (2016). The health and wellbeing of Australian farmers : A longitudinal cohort study. *BMC Public Health*, 16(1), 988. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3664-y>
- Brochen, P. (2017, février 24). *Suicide paysan : La faucheuse est dans le pré*. Libération. https://www.liberation.fr/futurs/2017/02/24/suicide-paysan-la-faucheuse-est-dans-le-pre_1550939/
- Brookfield, H. C., & Padoch, C. (1994). Appreciating agrodiversity : A look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices. *Environment*, 36(5), 271-289.
- Brookfield, H. C., & Stocking, M. (1999). Agrodiversity : Definition, description and design. *Global Environmental Change*, 9, 77-80.
- Brown, C. H., Anderson, E. N., Berlin, B., Boster, J. S., Schadeberg, T. C., & work(s);, L. E. V. R. (1986). The Growth of Ethnobiological Nomenclature [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 27(1), 1-19.
- Brunois, F. (2002). Du dessin au dessein des plantes sauvages. *Le Journal de la Société des Océanistes*, 114-115, 23-38.
- Brunois, F. (2005). Pour une approche interactive des savoirs locaux : L'ethno-éthologie. *Journal de la Société des Océanistes*, 31-40(1/2), 5-9.
- Buettner-Schmidt, K., & Lobo, M. L. (2012). Social justice : A concept analysis. *Journal of Advanced Nursing*, 68(4), 948-958. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2011.05856.x>

- Bulmer, R. (1967). Why is the Cassowary Not a Bird? A Problem of Zoological Taxonomy Among the Karam of the New Guinea Highlands. *Man*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.2307/2798651>
- Bulmer, R. (1970). Which came first, the chicken or the egg-head? In J. Pouillon & P. Maranda (Éds.), *Echanges et communications : Mélanges offerts à Claude Lévi-Strauss*. Mouton.
- Cabanas, E., & Illouz, E. (2019). *Happycratie. Comment l'industrie du bonheur a pris le contrôle de nos vies* (Premier Parallèle, Vol. 49). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/revue-ethnologie-francaise-2019-4-page-813.htm>
- Caillon, S. (2005a). Les taros du Vanuatu : Que conserver et comment ? *Natures Sciences Sociétés*, 13(3), 306-310.
- Caillon, S. (2005b). *Pour une conservation dynamique de l'agrobiodiversité : Gestion locale de la diversité variétale d'un arbre « des Blancs » (cocotier, Cocos nucifera L.) et d'une plante « des ancêtres » (taro, Colocasia esculenta (L.) Schott) au Vanuatu* [Doctorat]. Université d'Orléans.
- Caillon, S. (2011). Ethnobotanique du cocotier (*Cocos nucifera* L.) sur l'île de Vanua Lava (Vanuatu). *Journal de la société des océanistes*, 133, 333-352. <https://doi.org/10.4000/jso.6533>
- Caillon, S., Cullman, G., Verschuuren, B., & Sterling, E. J. (2017). Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches : Including ecological well-being in resilience indicators. *Ecology and Society*, 22(4), article 27. <https://doi.org/10.5751/es-09746-220427>
- Caillon, S., & Degeorges, P. J. (2007). Biodiversity : Negotiating the border between nature and culture. *Biodiversity and Conservation*, 16(10), 2919-2931.
- Caillon, S., & Lanouguère-Bruneau, V. (2005). Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu) : Stratégies de sélection et enjeux sociaux. *Journal de la société des océanistes*, 120-121, 129-148. <https://doi.org/10.4000/jso.451>
- Caillon, S., Quero-García, J., Lescure, J.-P., & Lebot, V. (2006). Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(6), 1273-1289.
- Cairns, J. (2007). Sustainable co-evolution. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(1), 103-108. <https://doi.org/10.1080/13504500709469711>
- Calvet-Mir, L., Calvet-Mir, M., Molina, J. L., & Reyes-García, V. (2012). Seed Exchange as an Agrobiodiversity Conservation Mechanism. A Case Study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Iberian Peninsula. *Ecology and Society*, 17(1), art29. <https://doi.org/10.5751/ES-04682-170129>
- Campéon, A., & Batt-Moillo, A. (2008). Abstract. *Sante Publique*, 20(hs), 109-119.
- Canadian Index of Wellbeing. (2016). *How are Canadians Really Doing ? The 2016 CIW National Report*. Canadian Index of Wellbeing and University of Waterloo. <https://uwaterloo.ca/canadian-index-wellbeing/reports>
- Carmenta, R. A., Steward, B. V., Renan, C., Adrielley, A., & Carmina, N. (2021). Lost in translation ? The impact of environment and development interventions on place-based wellbeing in the Brazilian Amazon. *People and Nature*.
- Castetter, E. F. (1944). The domain of ethnobiology. *The American Naturalist*, 158-170.
- Centre for Bhutan Studies & GNH Research. (2017). *A Compass Towards A Just and Harmonious Society : 2015 GNH Survey Report*. <https://www.bhutanstudies.org.bt/a-compass-towards-a-just-and-harmonious-society-2015-gnh-survey-report/>

- Centre for Thriving Places. (2019). *Thriving places index 2019 full report*. Retrieved from <https://www.thrivingplacesindex.org/page/insights/reports>
- Chaigneau, T., & Brown, K. (2016). Challenging the win-win discourse on conservation and development : Analyzing support for marine protected areas. *Ecology and Society*, 21(1). <https://doi.org/10.5751/ES-08204-210136>
- Challinor, A. J., Simelton, E. S., Fraser, E. D. G., Hemming, D., & Collins, M. (2010). Increased crop failure due to climate change : Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. *Environmental Research Letters*, 5(3), 034012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/3/034012>
- Chambers, P. R., Pacey, A., & Thrupp, L. A. (1989). *Farmer First : Farmer Innovation and Agricultural Research* (2009/10/30 éd.). Cambridge University Press; Cambridge Core. <https://www.cambridge.org/core/article/farmer-first-farmer-innovation-and-agricultural-research-1989-edited-by-robert-chambers-arnold-pacey-and-lori-ann-thrupp-intermediate-technology-publications-london-and-the-bootstrap-press-new-york-new-york-xx-218-pp-2350-paper/D9BE1A6B5B4B74129EB75D2BE7176D07>
- Chan, K. M. A., Balvanera, P., Benessaiah, K., Chapman, M., Díaz, S., Gómez-Baggethun, E., Gould, R., Hannahs, N., Jax, K., Klain, S., Luck, G. W., Martín-López, B., Muraca, B., Norton, B., Ott, K., Pascual, U., Satterfield, T., Tadaki, M., Taggart, J., & Turner, N. (2016). Opinion : Why protect nature ? Rethinking values and the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(6), 1462-1465. <https://doi.org/10.1073/pnas.1525002113>
- Chan, K. M. A., Gould, R. K., & Pascual, U. (2018). Editorial overview : Relational values: what are they, and what's the fuss about? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 35, A1-A7. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.11.003>
- Chartier, D. (2005). ONG internationales environnementales et politiques forestières tropicales. L'exemple de Greenpeace en Amazonie. *Anthropologie et société*, 29(1), 103-120.
- Chartier, L., & Chevrier, P. (2015). Les agriculteurs : Des précaires invisibles. *Pour*, 225(1), 49-59.
- Chaudhary, S., McGregor, A., Houston, D., & Chettri, N. (2018). Environmental justice and ecosystem services : A disaggregated analysis of community access to forest benefits in Nepal. *Ecosystem Services*, 29, 99-115. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.020>
- Cinner, J. E., Daw, T., Huchery, C., Thoya, P., Wamukota, A., Cedras, M., & Abunge, C. (2014). Winners and Losers in Marine Conservation : Fishers' Displacement and Livelihood Benefits from Marine Reserves. *Society & Natural Resources*, 27(9), 994-1005. <https://doi.org/10.1080/08941920.2014.918229>
- City of Santa Monica. (2017). *2017 wellbeing index findings summary*. Retrieved from https://santamonicawellbeing.org/Media/Default/findings/2017_WellbeingIndexFindingsSummary_SaMo.
- Clarke, W. C. (1971). *Place and people : An ecology of New Guinean community* (University of California Press).
- Colleyn, J.-P. (2012). Champ et hors champ de l'anthropologie visuelle. *L'Homme. Revue française d'anthropologie*, 457-480.
- Collignon, B., & Collignon, B. (2005). *Que sait-on des savoirs géographiques vernaculaires ?* 11.
- Conklin, H. C. (1954). *The relation of Hanunoo culture to the plant world* [Ph.D. dissertation]. Yale University.

- Conway, G. R. (1987). The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*, 24(2), 95-117. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(87\)90056-4](https://doi.org/10.1016/0308-521X(87)90056-4)
- Cooke, M., Mitrou, F., Lawrence, D., Guimond, E., & Beavon, D. (2007). Indigenous well-being in four countries : An application of the UNDP'S Human Development Index to Indigenous Peoples in Australia, Canada, New Zealand, and the United States. *BMC International Health and Human Rights*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1472-698X-7-9>
- Coomes, O. T., & Ban, N. (2004). Cultivated plant species diversity in home gardens of an amazonian peasant village in Northeastern Peru. *Economic Botany*, 58(3), 420-434.
- Coomes, O. T., McGuire, S. J., Garine, E., Caillon, S., McKey, D., Demeulenaere, E., Jarvis, D., Aistara, G., Barnaud, A., Clouvel, P., Emperaire, L., Louafi, S., Martin, P., Massol, F., Pautasso, M., Violon, C., & Wencélius, J. (2015). Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture ? Four common misconceptions. *Food Policy*, 56, 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.008>
- Cooper, R., Burton, E., & Cooper, C. L. (2014). *Wellbeing : A Complete Reference Guide: Wellbeing and the Environment* (Volume II édition). Wiley-Blackwell.
- Cormier-Salem, M.-C., & Roussel, B. (2002). Patrimoines et savoirs naturalistes locaux. In J.-Y. Martin (Éd.), *Développement durable ?* (p. 125-142). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.6777>
- Coulaud, A. (2021a, janvier 14). *Suicide des agriculteurs : Des élus veulent pallier les insuffisances*. Libération. https://www.liberation.fr/terre/2021/01/14/suicide-des-agriculteurs-des-elus-veulent-pallier-les-insuffisances_1810843/
- Coulaud, A. (2021b, mars 14). *Rapport du Sénat sur le suicide des agriculteurs : «Les dispositifs existants ne sont pas suffisants»*. Libération. https://www.liberation.fr/environnement/agriculture/rapport-du-senat-sur-le-suicide-des-agriculteurs-les-dispositifs-existants-ne-sont-pas-suffisants-20210317_53ATV7AWRBBO7FY7UN7BT2OROQ/
- Coupage, L. (2009). Ways of Enchanting : Chaînes Opératoires and Yam Cultivation in Nyamikum Village, Maprik, Papua New Guinea. *Journal of Material Culture*, 14(4), 433-458. <https://doi.org/10.1177/1359183509345945>
- Courtot, R. (2010). Le dessin du géographe dans la recherche et l'enseignement de l'Ecole française de géographie : Du terrain à l'analyse du paysage. In Allemand S., Best F., Fermont M. (dir.) *Une Normandie sensible, regards croisés de géographes et de plasticiens* (Presses universitaires de Caen, p. 119-132).
- Coutellec, L. (2015). *La science au pluriel : Essai d'épistémologie pour des sciences impliquées: Vol. Sciences en questions* (Quaé, Éd.; p. 30-31).
- Dardel, E. (1952). *L'Homme et la terre : Nature de la réalité géographique par Eric Dardel* (Editions du CTHS).
- Dasgupta, S. (2012). Where Nature Weds Culture. *Nature and Culture*, 7(3), 355-362. <https://doi.org/10.3167/nc.2012.070306>
- Daw, T., Brown, K., Rosendo, S., & Pomeroy, R. (2011). Applying the ecosystem services concept to poverty alleviation : The need to disaggregate human well-being. *Environmental Conservation*, 38(4), 370-379. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000506>
- Deffontaines, N. (2014). La souffrance sociale chez les agriculteurs : Quelques jalons pour une compréhension du suicide. *Études rurales*, 193, 13-24. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.9988>

- Deffontaines, N. (2017). *Les suicides des agriculteurs. Pluralité des approches pour une analyse configurationnelle du suicide* (p. 392p.) [Phdthesis, Université de Bourgogne Franche-Comté (COMUE)]. <https://hal.inrae.fr/tel-02790737>
- Defives, B. (Réalisateur). (2021). *Les liens du champ, film photographique de Bastien Defives, Frédérique Jankowski, Jérôme Hofmann, Pascal Moity-Maisi.*
- Dejours, C., & Duarte, A. (2018). La souffrance au travail : Révélateur des transformations de la société française. *Suffering at work: Revealing the transformations of French society*, 26(3), 233-244. <https://doi.org/10.1080/09639489.2018.1445707>
- Demeulenaere, É., Rivière, P., Hyacinthe, A., Baltassat, R., Baltazar, S., Gascuel, J.-S., Lacanette, J., Montaz, H., Pin, S., Ranke, O., Serpolay-Besson, E., Thomas, M., Frank, G. V., Vanoverschelde, M., Vindras-Fouillet, C., & Goldringer, I. (2018). Dossier : Des recherches participatives dans la production des savoirs liés à l'environnement – La sélection participative à l'épreuve du changement d'échelle. À propos d'une collaboration entre paysans sélectionneurs et généticiens de terrain★. *Nat. Sci. Soc.*
- Department of Strategic Policy Planning and Aid Coordination (DSPPAC). (2017). *Vanuatu 2030 the people's plan. National Sustainable Development Plan Monitoring and Evaluation Framework. Department of Strategic Policy, Planning and Aid Coordination.* Retrieved from <https://dsppac.gov.vu/>
- Descola, P. (1986). *La Nature Domestique : Symbolisme et praxis dans l'écologie des Achuar.* Edition de la Maison des Sciences de l'Homme, fondation Singer.
- Descola, P. (2005). *Par delà nature et culture.* Editions Gallimard.
- Di Piazza, A. (1999). Migration d'une plante et migration de ses représentations. Le taro de marécage (*Cyrtosperma chamissonis*) sur Nikunau et tabuaeran (République de Kiribati). *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 41(1), 93-108.
- Di Piazza, A., & Frimigacci, D. (1991). A thousand year of gardening : A history of subsistence on Futuna. *Bulletin of the Indo - Pacific Prehistory Association*, 11, 124-141.
- Diamond, J., & Bishop, K. D. (1999). Ethno-ornithology of the Ketengban people, Indonesian New Guinea. In D. L. Medin & S. Atran (Éds.), *Folkbiology* (MIT Press, p. 17-45).
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., ... Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Dougherty, J. (1979). Learning names for plants and plants for names. *Anthropological Linguistics*, 298-315.
- Drew, J. A. (2005). Use of Traditional Ecological Knowledge in Marine Conservation. *Conservation Biology*, 19(4), 1286-1293. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00158.x>
- Dufeu, I., Duchaine, S., Morvan, C., & Bernier, G. (2016). L'agriculture biologique contribue-t-elle au bien-être ? *Etique et Économique*, 13(1). <https://www.semanticscholar.org/paper/L%E2%80%99agriculture-biologique-contribue-t-elle-au-Dufeu-Ducha%C3%A9ne/855b20fe0de17fc9e01470d220c5fc4e4e5403e1>
- Duflot, R., Aviron, S., Ernoult, A., Fahrig, L., & Burel, F. (2015). Reconsidering the role of 'semi-natural habitat' in agricultural landscape biodiversity : A case study. *Ecological Research*, 30(1), 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11284-014-1211-9>

- Dunbar, W., Subramanian, S. M., Matsumoto, I., Natori, Y., Dublin, D., Bergamini, N., Mijatovic, D., Álvarez, A. G., Yiu, E., & Ichikawa, K. (2020). Lessons Learned from Application of the “Indicators of Resilience in Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes (SEPLS)” Under the Satoyama Initiative. *Managing Socio-Ecological Production Landscapes and Seascapes for Sustainable Communities in Asia*; Saito, O., Subramanian, S., Hashimoto, S., Takeuchi, K., Eds, 93-116.
- Durkheim, E., & Mauss, M. (1901). De quelques formes primitives de classification : Contribution à l'étude des représentations collectives. *L'année sociologique (1896/1897-1924/1925)*, 6, 1-72.
- Eastman, C. A. (1911). *The Soul of the Indian*. Nebraska Press. <https://www.nebraskapress.unl.edu/bison-books/9780803267015>
- Ellen, R. F. (1979). Omniscience and ignorance : Variation in Nuauulu knowledge, identification and classification of animals. *Language in Society*, 8(2-3), 337-359. <https://doi.org/10.1017/S0047404500007582>
- Ellen, R. F. (1998). Indigenous knowledge of the rainforest : Perception, extraction and conservation. In B. K. Maloney (Éd.), *Human Activities and the Tropical Rainforest : Past, Present and Possible Future*. Springer Science.
- Ellen, R. F. (2006). Introduction. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 12, S1-S22. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2006.00270.x>
- Ellen, R. F., & Platten, S. (2011). The social life of seeds : The role of networks of relationships in the dispersal and cultural selection of plant germplasm: The social life of seeds. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 17(3), 563-584. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2011.01707.x>
- Eloy, L., Le Tourneau, F.-M., Nasuti, S., Caillon, S., Kohler, F., Marchand, G., & Gressing, A. (2013). Collectif ou individuel ? Territoire et patrimoine chez les quilombolas d'Amazonie orientale. In D. Juhé-Beaulaton, M.-C. Cormier-Salem, P. de Robert, & B. Roussel (Éds.), *Effervescence patrimoniale au Sud* (p. 199-224). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8830>
- Ernault, A., Bureau, F., & Poudevigne, I. (2003). Patterns of organisation in changing landscapes : Implications for the management of biodiversity. *Landscape Ecology*, 18(3), 239-251. <https://doi.org/10.1023/A:1024457031235>
- Evans-Pritchard, E. E. (1940). *The Nuer : A description of the modes of livelihood and political institutions of a Nilotic people* (Oxford University Press).
- Exner, A., & Schützenberger, I. (2018). Creative Natures. Community gardening, social class and city development in Vienna. *Geoforum*, 92, 181-195. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.04.011>
- Flaherty, E., Kirkpatrick, K., & Snow, T. (2019). Human and Environmental Well-being in Alaska's Kachemak Bay Watershed : An Ecosystem Services Assessment. *Undefined*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Human-and-Environmental-Well-being-in-Alaska%E2%80%99s-Bay-Flaherty-Kirkpatrick/986de65dbebb71e8bbb235d4c7e7bd2686707272>
- Fontalvo-Herazo, Martha. L., Glaser, M., & Lobato-Ribeiro, A. (2007). A method for the participatory design of an indicator system as a tool for local coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 50(10), 779-795. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.03.005>
- Forsé, M., & Parodi, M. (2014). Bien-être subjectif et sentiment de justice sociale. *L'Année sociologique*, 64(2), 359-388. <https://doi.org/10.3917/anso.142.0359>

- Foucault, M. (1966). *Les mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines* (Gallimard).
- Fourat, E., & Jankowski, F. (2021). Le théâtre-action pour expliciter et débattre des injustices de la démocratie alimentaire. *Anthropology of food, Articles VARIA*, 20.
- Fowler, C. (2001). In the field with people, plants and animals. A look at methods. In R. I. Ford (Éd.), *Ethnobiology at the Millennium : Past Promise and Future Prospects* (p. 149-162). University of Michigan Press.
- Foyer, J. (2021). *Réanimer le monde : Biodynamie et modernités alternatives*. Habilitation à Diriger les Recherches en Sociologie.
- Friedberg, C. (1968). Les méthodes d'enquête en ethnobotanique. Comment mettre en évidence les taxonomies indigènes ? *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 15(7-8), 297-324.
- Friedberg, C. (1986). Classifications populaires des plantes et modes de connaissance. In Fondation Diderot (Éd.), *L'ordre et la diversité du vivant* (p. 21-49). Fayard.
- Friedberg, C. (1990). *Le savoir botanique des Bunaq : Percevoir et classer dans le Haut Lamaknen (Timor, Indonésie)*. Editions du Museum National d'Histoire Naturelle.
- Friedberg, C. (1992). Représentation, classification : Comment l'homme pense ses rapports au milieu naturel. In M. Jollivet (Éd.), *Sciences de la nature, Sciences de la société. Les passeurs de frontières* (p. 357-371). CNRS Editions.
- Friedberg, C. (2005). Ethnoscience et autres ethno « machins » aujourd'hui. Commentaires à propos du texte de Peter D. Dwyer. *Journal de la Société des Oceanistes*, 120-121(1/2), 27-30.
- Garine, É., Luxereau, A., Wencelius, J., Violon, C., Robert, T., Barnaud, A., Caillon, S., & Raimond, C. (2013). De qui les variétés traditionnelles de plantes cultivées pourraient-elles être le patrimoine ? Réflexions depuis le bassin du lac Tchad. In D. Juhé-Beaulaton, M.-C. Cormier-Salem, P. de Robert, & B. Roussel (Éds.), *Effervescence patrimoniale au Sud* (p. 379-409). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8863>
- Gavin, M. C., McCarter, J., Mead, A., Berkes, F., Stepp, J. R., Peterson, D., & Tang, R. (2015). Defining biocultural approaches to conservation. *Trends Ecol Evol*, 30(3), 140-145.
- Génot, J.-C. (2003). *Quelle éthique pour la nature ?* Edisud.
- Gillson, L., & Willis, K. J. (2004). 'As Earth's testimonies tell' : Wilderness conservation in a changing world. *Ecology Letters*, 7, 990-998.
- Ginn, F. (2016). *Domestic Wild : Memory, Nature and Gardening in Suburbia* (0 éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315577975>
- Godefroy, P., & Lollivier, S. (2014). Satisfaction et qualité de vie. *Economie et Statistique*, 469(1), 199-232. <https://doi.org/10.3406/estat.2014.10427>
- Godelier, M. (1984). *L'Idéal et le matériel*. <https://www.fayard.fr/sciences-humaines/lideel-et-le-materiel-9782213013367>
- Golan, J., Athayde, S., Olson, E. A., & McAlvay, A. (2019). Intellectual Property Rights and Ethnobiology : An Update on Posey's Call to Action. *Journal of Ethnobiology*, 39(1), 90-109, 20.
- Goodchild, M. (2021). *Relational Systems Thinking | Journal of Awareness-Based Systems Change*. <https://jabsc.org/index.php/jabsc/article/view/577>
- Gosselain, O. (2011). Slow Science – La désexcellence. *Uzance*, 1, 129-140.
- Graddy-Lovelace, G. (2020). Plants : Crop diversity pre-breeding technologies as agrarian care co-opted? *Area*, 52(2), 235-243. <https://doi.org/10.1111/area.12499>

- Guedes, G. R., Brondízio, E. S., Barbieri, A. F., Anne, R., Penna-Firme, R., & D'Antona, Á. O. (2012). Poverty and Inequality in the Rural Brazilian Amazon : A Multidimensional Approach. *Human Ecology*, 40(1), 41-57. <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9444-5>
- Guillaumin, A., Dockès, A.-C., Tchakérian, E., Daridan, D., Gallot, S., Hennion, B., Lasnier, A., & Perrot, C. (2008). Demandes de la société et multifonctionnalité de l'agriculture : Attitudes et pratiques des agriculteurs. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 56(56), 45-66.
- Guille-Escuret, G. (1997). *Les Sociétés et leurs natures Georges* (Armand Colin).
- Gurney, G. G., Pressey, R. L., Cinner, J. E., Pollnac, R., & Campbell, S. J. (2015). Integrated conservation and development : Evaluating a community-based marine protected area project for equality of socioeconomic impacts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1681), 20140277. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0277>
- Hall, M. (2011). *Plants as Persons : A Philosophical Botany* (SUNY).
- Halvorsen, R., Skarpaas, O., Bryn, A., Bratli, H., Erikstad, L., Simensen, T., & Lieungh, E. (2020). Towards a systematics of ecodiversity : The EcoSyst framework. *Global Ecology and Biogeography*, 29(11), 1887-1906. <https://doi.org/10.1111/geb.13164>
- Harari, Y. N. (2015). *Sapiens—Une brève histoire de l'humanité* (Éditions Albin Michel).
- Haraway, D. J. (2008). *When Species Meet*. University of Minnesota Press.
- Haraway, D. J. (2020). *Vivre avec le trouble* (Les Éditions des mondes à faire). <https://leseditionsdesmondesaffaire.net/produit/vivre-avec-le-trouble/>
- Haudricourt, A. G. (1964a). La technologie, science humaine. *La Pensée*, 115, 28-35.
- Haudricourt, A. G. (1964b). Nature et culture dans la civilisation de l'igname : L'origine des clones et des clans. *L'Homme*, 4(1), 93-104.
- Haudricourt, A.-G., & Hédin, L. (1987). *L'homme et les plantes cultivées* (2^e éd.). A.M. Métailié.
- Hays, T. E. (1974). *Mauna : Explorations in Nbumba ethnobotany*. University of Washington.
- Head, L., Atchison, J., & Phillips, C. (2015). The distinctive capacities of plants : Re-thinking difference via invasive species. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 40(3), 399-413. <https://doi.org/10.1111/tran.12077>
- Head, L., Atchison, J., Phillips, C., & Buckingham, K. (2014). Vegetal politics : Belonging, practices and places. *Social & Cultural Geography*, 15(8), 861-870. <https://doi.org/10.1080/14649365.2014.973900>
- Heckler, S., & Zent, S. (2008). Piaroa manioc varietals : Hyperdiversity or social currency. *Human Ecology*, 36, 679-697.
- Helne, T., & Hirvilammi, T. (2015). Wellbeing and Sustainability : A Relational Approach. *Sustainable Development*, 23(3), 167-175. <https://doi.org/10.1002/sd.1581>
- Heras, M., & Tàbara, J. D. (2014). Let's play transformations ! Performative methods for sustainability. *Sustainability Science*, 9(3), 379-398. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0245-9>
- Hermann, L. (2021). Dessiner à l'Université ? Esquisse d'un cheminement. *EchoGéo*, 55. <http://journals.openedition.org/echogeo/21033> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/echogeo.21033>
- Howe, P. D. (2011). Hurricane preparedness as anticipatory adaptation : A case study of community businesses. *Global Environmental Change*, 21(2), 711-720. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.02.001>
- Hunn, E. S. (1977). *Tzeltal folk zoology : The classification of discontinuities in nature*. Academic Press.

- Hunn, E. S. (1982). The utilitarian factor in folk biological classification. *American Anthropologist*, 84(4), 832-835.
- Hunn, E. S., & Selam, J. and family. (1990). *Nch'i Wa'na "The Big River", Mid-Columbia Indians and their land* (University of Washington Press).
- Ingold, T. (2000). *The perception of the environment : Essays in livelihood, dwelling, and skill*. Routledge.
- IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>
- Jankowski, F., Louafi, S., Kane, N. A., Diol, M., Camara, A. D., Pham, J.-L., Berthouly-Salazar, C., & Barnaud, A. (2020). From texts to enacting practices : Defining fair and equitable research principles for plant genetic resources in West Africa. *Agriculture and Human Values*, 37(4), 1083-1094. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10039-3>
- Jarvis, D. I., Hodgkin, T., Sthapit, B. R., Fadda, C., & Lopez-Noriega, I. (2011). An Heuristic Framework for Identifying Multiple Ways of Supporting the Conservation and Use of Traditional Crop Varieties within the Agricultural Production System. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 125-176. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554358>
- Jones-Bitton, A., Best, C., MacTavish, J., Fleming, S., & Hoy, S. (2020). Stress, anxiety, depression, and resilience in Canadian farmers. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 55(2), 229-236. <https://doi.org/10.1007/s00127-019-01738-2>
- Jones-Bitton, A., Hagen, B., Fleming, S. J., & Hoy, S. (2019). Farmer Burnout in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5074. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245074>
- Jupiter, S. (2017). Culture, kastom and conservation in Melanesia : What happens when worldviews collide? *Pacific Conservation Biology*, 23(2), 139. <https://doi.org/10.1071/PC16031>
- Kawa, N. C., McCarty, C., & Clement, C. R. (2013). Manioc Varietal Diversity, Social Networks, and Distribution Constraints in Rural Amazonia. *Current Anthropology*, 54(6), 764-770. <https://doi.org/10.1086/673528>
- Kirksey, E., & Helmreich, S. (2010). The Emergence of Multispecies Ethnography. *Cultural Anthropology*, 25(4), 545-576.
- Kohler, F. (2011). Diversité culturelle et diversité biologique : Une approche critique fondée sur l'exemple brésilien. *Natures Sciences Sociétés*, 19(2), 113-124. <https://doi.org/10.1051/nss/2011127>
- Kohn, E. (2007). How dogs dream : Amazonian natures and the politics of transspecies engagement. *American Ethnologist*, 34(1), 3-24.
- Kohn, E. (2013). *How forests think : Toward an anthropology beyond the human*.
- Krzywoszynska, A. (2016). What Farmers Know : Experiential Knowledge and Care in Vine Growing. *Sociologia Ruralis*, 56(2), 289-310. <https://doi.org/10.1111/soru.12084>
- Lang, U. (2018). Keep off the grass ! New directions for geographies of yards and gardens. *Geography Compass*, 12(8), e12397. <https://doi.org/10.1111/gec3.12397>
- Lascoumes, P., & Le Galès, P. (2005). *Gouverner par les instruments*. Presses de Sciences Po; Cairn.info. <https://www.cairn.info/gouverner-par-les-instruments--9782724609492.htm>
- Latruffe, L., Diazabakana, A., Bockstaller, C., Desjeux, Y., Finn, J., Kelly, E., Ryan, M., & Uthes, S. (2016). Measurement of sustainability in agriculture : A review of indicators. *Studies in Agricultural Economics*, 118(3), 123-130. <https://doi.org/10.7896/j.1624>

- Lauer, M., & Aswani, S. (2009). Indigenous Ecological Knowledge as Situated Practices : Understanding Fishers' Knowledge in the Western Solomon Islands. *American Anthropologist*, 111(3), 317-329. <https://doi.org/10.1111/j.1548-1433.2009.01135.x>
- Lawrence A. Kuznar. (2001). Ecological Mutualism in Navajo Corrals : Implications for Navajo Environmental Perceptions and Human/plant Coevolution. *Journal of Anthropological Research*, 57(1), 17-39. <https://doi.org/doi:10.1086/jar.57.1.3630796>
- Lawrence, A. M. (2022). Listening to plants : Conversations between critical plant studies and vegetal geography. *Progress in Human Geography*, 46(2), 629-651. <https://doi.org/10.1177/03091325211062167>
- Lazega, E., Mounier, L., Snijders, T., & Tubaro, P. (2012). Norms, status and the dynamics of advice networks : A case study. *Social Networks*, 34(3), 323-332. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2009.12.001>
- Le Monde et AFP. (2021, novembre 23). Suicides chez les agriculteurs : Le gouvernement lance une « mobilisation collective ». *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/societe/article/2021/11/23/suicides-chez-les-agriculteurs-le-gouvernement-lance-une-mobilisation-collective_6103324_3224.html
- Lebacqz, T., Baret, P. V., & Stilmant, D. (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2), 311-327. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0121-x>
- Leblic, I. (2002). Ignames , interdits et ancêtres en Nouvelle-Calédonie. *Journal de la Société des Oceanistes*, 114-115, 115-128.
- Leclerc, C., & Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2011). Social Organization of Crop Genetic Diversity. The G × E × S Interaction Model. *Diversity*, 4(1), 1-32. <https://doi.org/10.3390/d4010001>
- Lemonnier, P. (1982). Les jardins Anga (Nouvelle-Guinée). *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 29(3-4), 228-245.
- León, M. (2015). *Del discurso a la medición : Propuesta metodológica para medir el Buen Vivir en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Buen-Vivir-en-el-Ecuador.pdf>
- Leroi-Gourhan, A. (2012). *Milieu et techniques : Evolution et techniques*. Albin Michel.
- Leroi-Gourhan, A. (2013). *Le Geste et la Parole : Technique et langage*. Albin Michel.
- Lescure, J.-P. (2021). Des souvenirs ethnobotaniques d'un écologue et des réflexions qui s'ensuivent, suivi d'un billet d'humeur. *Revue d'ethnoécologie*. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.8504>
- Levang, P. (2001). Is tenure security/insecurity the determining factor in sustainability of local systems of forest management? In Michon G (ed) *Alternative strategies to forest resource development* (FORRESASIA, Rapport Wnal à la Commission européenne).
- Lévi-Strauss, C. (1962). *La pensée sauvage*. Plon.
- Lévy, J., & Lussault, M. (2003). *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin.
- Lindeman, R. L. (1942). The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology*, 23(4), 399-417. <https://doi.org/10.2307/1930126>
- Maffi, L., & Woodley, E. (2010). *Biocultural Diversity Conservation : A Global Sourcebook*. Earthscan.
- Main Johnson, L., & Davidson Hunt, I. (2011). Ethnoecology and Landscapes. In *Ethnobiology* (Wiley-Blackwell, p. 267-280).

- Majnep, I. S., & Bulmer, R. (1977). *Birds of my Kalam country* (p. 219). Auckland University Press, Oxford University Press.
- Malcolm, N. (1996). Sinking in a sea of words. As academic journals proliferate. *The Independant, Sunday 21 July*.
- Malinowski, B. (1922). *Les Argonautes du Pacifique occidental*. rééd. Gallimard, coll. « Tel », 1989.
- Martin, G. (1993). Ecological classification among the Chinantec and Mixe of Oaxaca, México. *Ethnoecologica*, 14-31.
- Martin, G. (1995). *Ethnobotany* (Springer). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-2496-0>
- Martin, M. A. (1975). L'ethnobotanique, science per se ? A propos d'un livre de B. Berlin « The principles of Tzeltal plant classification ». *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*, XXII(7-8-9), 237-276.
- Massey, D. (1991). A global sense of place. In *Marxism Today* (p. 24-29).
- Matulis, B., & Moyer, J. (2016). Beyond inclusive conservation : The value of pluralism, the need for agonism, and the case for social instrumentalism. *Conservation letters*.
- Mauss, M. (1950). Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques. In *Sociologie et anthropologie* (p. 179-182). PUF.
- McCarter, J., Sterling, E. J., Jupiter, S. D., Cullman, G. D., Albert, S., Basi, M., Betley, E., Boseto, D., Bulehite, E. S., Harron, R., Holland, P. S., Horning, N., Hughes, A., Jino, N., Malone, C., Mauli, S., Pae, B., Papae, R., Rence, F., ... Filardi, C. E. (2018). Biocultural approaches to developing well-being indicators in Solomon Islands. *Ecology and Society*, 23(1). <https://doi.org/10.5751/es-09867-230132>
- McDermott, M., Mahanty, S., & Schreckenber, K. (2013). Examining equity : A multidimensional framework for assessing equity in payments for ecosystem services. *Environmental Science & Policy*, 33, 416-427. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.10.006>
- McGuire, S. J. (2008). Securing Access to Seed : Social Relations and Sorghum Seed Exchange in Eastern Ethiopia. *Human Ecology*, 36(2), 217-229.
- McKinnon, M. C., Cheng, S. H., Dupre, S., Edmond, J., Garside, R., Glew, L., Holland, M. B., Levine, E., Masuda, Y. J., Miller, D. C., Oliveira, I., Revenaz, J., Roe, D., Shamer, S., Wilkie, D., Wongbusarakum, S., & Woodhouse, E. (2016). What are the effects of nature conservation on human well-being? A systematic map of empirical evidence from developing countries. *Environmental Evidence*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0058-7>
- McShane, T. O., Hirsch, P. D., Trung, T. C., Songorwa, A. N., Kinzig, A., Monteferri, B., Mutekanga, D., Thang, H. V., Dammert, J. L., Pulgar-Vidal, M., Welch-Devine, M., Peter Brosius, J., Coppolillo, P., & O'Connor, S. (2011). Hard choices : Making trade-offs between biodiversity conservation and human well-being. *Biological Conservation*, 144(3), 966-972. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.038>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems : A Primer*. Chelsea Green Publishing.
- Medin, D. L., & Atran, S. (1999). *Folkbiology*. Massachusetts Institute of Technology.
- Meilleur, B. A. (1987). Des ethnosciences à l'ethnoécologie ou du rôle des représentations écologiques populaires dans des sociétés traditionnelles. *Ecologie Humaine*, 5(2), 3-23.
- Menzies, C. R. (2006). *Local knowledge and contemporary resource management*. University of Nebraska Press.

- Michon, G. (2002). Du discours global aux pratiques locales, ou comment les conventions sur l'environnement affectent la gestion de la forêt tropicale. In J.-Y. Martin (Éd.), *Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations*. (p. 183-203). IRD Editions.
- Michon, G. (2003). Sciences sociales et biodiversité : Des problématiques nouvelles pour un contexte nouveau. *Natures Sciences Sociétés*, 11(4), 421-431.
- Mincyte, D., Bartkienė, A., & Bikauskaitė, R. (2020). Diverging temporalities of care work on urban farms : Negotiating history, responsibility, and productivity in Lithuania. *Geoforum*, 115, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.06.006>
- Mitra, S., Brucker, D. L., & Jajtner, K. M. (2020). Wellbeing at older ages : Towards an inclusive and multidimensional measure. *Disability and Health Journal*, 13(4), 100926. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2020.100926>
- Mollard, É., & Walter, A. (Éds.). (2008). *Agricultures singulières*. IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.2834>
- MSA. (2016). *Plan National MSA de Prévention du suicide 2016-2020*.
- Muller, S. (2012). 'Two Ways' : Bringing Indigenous and Non-Indigenous Knowledges Together. In J. K. Weir (Éd.), *Country, Native Title and Ecology* (1st éd.). ANU Press. <https://doi.org/10.22459/CNTE.03.2012.04>
- Myers, N. (2017). From the anthropocene to the planthroposcene : Designing gardens for plant/people involution. *History and Anthropology*, 28(3), 297-301. <https://doi.org/10.1080/02757206.2017.1289934>
- Myers, N. (2018). Becoming Sensor in Sentient Worlds : A More-than-natural History of a Black Oak Savannah. In Bakke G and Peterson M (eds), *Between Matter and Method* (p. 73-96). Routledge.
- Nabhan, G. (2009). *Ethnoecology : Bridging Disciplines, Cultures and Species*. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-29.1.3>
- Nazarea, V. D. (1999). *Ethnoecology. Situated knowledge, located lives* (Idem author, Éd.; p. 299). The University of Arizona Press.
- Neff, D. F., & Olsen, W. K. (2007). Measuring Subjective Well-being from a Realist Viewpoint. *Methodological Innovations Online*, 2(2), 44-66. <https://doi.org/10.4256/mio.2007.0011>
- New Zealand Environmental Protection Agency (NZEPA). (2020). *Partnership in action : The EPA's mātauranga framework*. <https://www.epa.govt.nz/te-hautu/matauranga/>
- Nicolescu, B. (1998). Vers une évolution transdisciplinaire de l'université. *Transnational Association*, 3, 148-159.
- Nicourt, C. (2013). *Être agriculteur aujourd'hui*. Éditions Quæ. <https://doi.org/10.3917/quae.nicou.2013.01>
- NPHC. (2020). *2020 NPHC Reports*. <https://vnso.gov.vu/index.php/en/statistics-report/census-report/national-population-and-housing-census/province>
- Nussbaum, M. C. (2003). Capabilities as Fundamental Entitlements : Sen and Social Justice. In B. Agarwal, J. Humphries and I. Robeyns (eds.), *Capabilities, Freedom and Equality : Amartya Sen's Work from a Gender Perspective* (Oxford university Press). <https://doi.org/10.1080/1354570022000077926>
- O'Brien, K. L., & Leichenko, R. M. (2003). Winners and Losers in the Context of Global Change. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(1), 89-103. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93107>
- Odum, E. P. (1953). *Fundamentals of ecology* (Saunders Company). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730380426>

- Ogden, L. A., Hall, B., & Tanita, K. (2013). Animals, Plants, People, and Things : A Review of Multispecies Ethnography. *Environment and Society*, 4(1). <https://doi.org/10.3167/ares.2013.040102>
- Ouhoud-Renoux, F. (2000). Le cas Palikur : Un combat pour une adaptation à des contraintes fortes. In P. Grenand (Éd.), *Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui* (p. 162-193). APFT, FRP.
- Panoff, F. (1972). *Maenge gardens. A study of Maenge relationship to domesticates* [Thèse de Doctorat]. Australian National University.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., Watson, R. T., Başak Dessane, E., Islar, M., Kelemen, E., Maris, V., Quaas, M., Subramanian, S. M., Wittmer, H., Adlan, A., Ahn, S., Al-Hafedh, Y. S., Amankwah, E., Asah, S. T., ... Yagi, N. (2017). Valuing nature's contributions to people : The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26–27, 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>
- Pautasso, M., Aistara, G., Barnaud, A., Caillon, S., Clouvel, P., Coomes, O. T., Delêtre, M., Demeulenaere, E., De Santis, P., Döring, T., Eloy, L., Emperaire, L., Garine, E., Goldringer, I., Jarvis, D., Joly, H. I., Leclerc, C., Louafi, S., Martin, P., ... Tramontini, S. (2013). Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 151-175. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0089-6>
- Perron, Z., Buzaud, J., Diter, K., & Martin, C. (2019). Les approches du bien-être. Un champ de recherche multidimensionnel. *Revue des politiques sociales et familiales*, 131(1), 119-126. <https://doi.org/10.3406/caf.2019.3349>
- Pierotti, R., & Wildcat, D. (2000). Traditional ecological knowledge : The third alternative (commentary). *Ecological Applications*, 10(5), 1333-1340. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1333:tekta\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1333:tekta]2.0.co;2)
- Pineau, C. (2019). *Vins « vivants » A l'abreuvoir de la nature*. 19.
- Pinton, F. (2002). Manioc et biodiversité : Exploration des voies d'un nouveau partenariat. *Natures Sciences Sociétés*, 10(2), 18-30.
- Pinton, F. (2005). *Gestion environnementale en Amazonie brésilienne. Le local redéfini par la tradition*.
- Pitt, H. (2017). An apprenticeship in plant thinking. In *Bastian M, Jones O, Moore N, et al. (Eds), Participatory Research in More-than-human Worlds* (p. 106-120). Routledge.
- Pitt, H. (2018). Questioning care cultivated through connecting with more-than-human communities. *Social & Cultural Geography*, 19(2), 253-274. <https://doi.org/10.1080/14649365.2016.1275753>
- Poe, M. R., Donatuto, J., & Satterfield, T. (2016). "Sense of Place" : Human Wellbeing Considerations for Ecological Restoration in Puget Sound. *Coastal Management*, 44(5), 409-426. <https://doi.org/10.1080/08920753.2016.1208037>
- Pollock, N. J. (1992). *These roots remain : Food habits in islands of the central and eastern Pacific since western contact*. Institute for Polynesian Studies ; Distributed for the Institute for Polynesian Studies by the University of Hawaii Press.
- Posey, D. A. (1983). Indigenous knowledge and development : An ideological bridge to the future. *Ciência e Cultura*, 35(7), 877-894.
- Poudel, D., Sthapit, B., & Shrestha, P. (2015). An Analysis of Social Seed Network and Its Contribution to On-Farm Conservation of Crop Genetic Diversity in Nepal.

- International Journal of Biodiversity*, 2015, 1-13.
<https://doi.org/10.1155/2015/312621>
- Preiser, R., Biggs, R., De Vos, A., & Folke, C. (2018). Social-ecological systems as complex adaptive systems : Organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, 23(4). <https://doi.org/10.5751/ES-10558-230446>
- Puig de la Bellacasa, M. (2018). *Matters of Care : Speculative Ethics in More Than Human Worlds* (Vol. 31). University of Minnesota Press. <https://researchinformation.amsterdamumc.org/en/publications/mar%C3%ADa-puig-de-la-bellacasa-2017-matters-of-care-speculative-ethic>
- Pujol, B., Mühlen, G., Garwood, N., Horoszowski, Y., Douzery, E. J. P., & McKey, D. (2005). Evolution under domestication : Contrasting functional morphology of seedlings in domesticated cassava and its closest wild relatives. *New Phytologist*, 166(1), 305-318.
- Purseigne, F., Nguyen, G., & Blanc, P. (2017). Le nouveau capitalisme agricole. De la ferme à la firme. *Les presses de Sciences Po*, 18, 304.
- Qualset, C. O., McGuire, P. E., & Warburton, M. L. (1995). *Agrobiodiversity' key to agricultural productivity*. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/66003>
- R Core Team. (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Raffestin, C. M. (1987). Pourquoi n'avons-nous pas lu Eric Dardel? *Cahiers de géographie du Québec*.
- Renard, D., Rhemtulla, J. M., & Bennett, E. M. (2015). Historical dynamics in ecosystem service bundles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(43), 13411-13416. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502565112>
- Renard, D., & Tilman, D. (2019). National food production stabilized by crop diversity. *Nature*, 571(7764), 257-260. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1316-y>
- Renault, C. (2021, novembre 24). *Suicides d'agriculteurs : «L'exploitation familiale renforce le sentiment d'isolement»*. LEFIGARO. <https://www.lefigaro.fr/actualite-france/suicides-d-agriculteurs-l-exploitation-familiale-renforce-le-sentiment-d-isolement-20211124>
- Reyes-García, V., Molina, J. L., Calvet-Mir, L., Aceituno-Mata, L., Lastra, J. J., Ontillera, R., Parada, M., Pardo-de-Santayana, M., Rigat, M., Vallès, J., & Garnatje, T. (2013). "Tertius gaudens" : Germplasm exchange networks and agroecological knowledge among home gardeners in the Iberian Peninsula. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(1), 53. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-53>
- Rice, J. (2003). Environmental health indicators. *Ocean & Coastal Management*, 46(3), 235-259. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00006-1)
- Rival, L., & McKey, D. (2008). Domestication and Diversity in Manioc (*Manihot esculenta* Crantz ssp. *Esculenta*, Euphorbiaceae). *Current Anthropology*, 49(6), 1119-1128. <https://doi.org/10.1086/593119>
- Rose, D. B. (1999). Chapter 11 : Indigenous ecologies and an ethic of connection. In *Law N (ed), Global Ethics and Environment* (p. 175-186). Routledge. https://searchworks-lb.stanford.edu/articles/8gh__16988395
- Rosenzweig, C., & Parry, M. L. (1994). Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367, 133-138.
- Roué, M. (2012). Histoire et épistémologie des savoirs locaux et autochtones. De la tradition à la mode. *Revue d'ethnoécologie*, 1. <http://ethnoecologie.revues.org/813>

- Roué, M. (2014). Chapitre 7 La théorie anthropologique au secours de la complexité. Comment penser et étudier les relations sociétés-natures. In R. Chenorkian & S. Robert (Éds.), *Les interactions hommes-milieus* (p. 182). Editions Quae.
- Roussel, F., & Guitard, E. (2021a). L'usage du dessin dans l'enquête de terrain en sciences sociales. État des lieux et perspectives depuis la géographie et l'anthropologie (deuxième partie). *Carnets de Terrain*. <https://blogterrain.hypotheses.org/17117>
- Roussel, F., & Guitard, E. (2021b). L'usage du dessin dans l'enquête de terrain en sciences sociales. État des lieux et perspectives depuis la géographie et l'anthropologie (première partie). *Carnets de Terrain*. <https://blogterrain.hypotheses.org/17017>
- Sabinot, C. (2021). Et si les ethnosciences facilitaient la production de passerelles au sein du monde académique comme non-académique ? *Revue d'ethnoécologie*, 20.
- Sagan, D. (2011). *The Human is More than Human : Interspecies Communities and the New "Facts of Life"*. Society for Cultural Anthropology. <https://culanth.org/fieldsights/the-human-is-more-than-human-interspecies-communities-and-the-new-facts-of-life>
- Sahlins, M. (1965). On the sociology of primitive exchange. In M. Gluckman & F. Eggan (Éds.), *The relevance of models for social anthropology: Vol. A.S.A. Monographs*1 (p. 139-227). Tavistock Publications.
- Sangha, K. K., Le Brocq, A., Costanza, R., & Cadet-James, Y. (2015). Ecosystems and indigenous well-being : An integrated framework. *Global Ecology and Conservation*, 4, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.06.008>
- Saslis-Lagoudakis, C. H., & Clarke, A. C. (2013). Ethnobiology : The missing link in ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(2), 67-68. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.017>
- Schirmer, J., Berry, H. L., & O'Brien, L. V. (2013). Healthier land, healthier farmers : Considering the potential of natural resource management as a place-focused farmer health intervention. *Health & Place*, 24, 97-109. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.08.007>
- Schleicher, J., Schaafsma, M., Burgess, N. D., Sandbrook, C., Danks, F., Cowie, C., & Vira, B. (2018). Poorer without It? The Neglected Role of the Natural Environment in Poverty and Wellbeing. *Sustainable Development*, 26(1), 83-98. <https://doi.org/10.1002/sd.1692>
- Schwan, A. (2016). Wilting Flowers in Dance. Choreographic Approaches to Floral Ephemerality. In *Kranz I, Schwan A and Wittrock E (eds), Floriographie* (p. 259-285). Brill Fink. <https://www.fink.de/view/book/edcoll/9783846759943/BP000013.xml>
- Sebastien, L. (2020). The power of place in understanding place attachments and meanings. *Geoforum*, 108, 204-216. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.11.001>
- Sébastien, L., Lehtonen, M., & Bauler, T. (2017). Introduction. Les indicateurs participatifs tiennent-ils leurs promesses ? : *Participations*, N° 18(2), 9-38. <https://doi.org/10.3917/parti.018.0009>
- Seignobos, C. (2017). *Des mondes oubliés. Carnets d'Afrique* (IRD Éditions/Paranthèses, Collection : Beaux-livres).
- Seligman, M. E. P. (2011). *La fabrique du bonheur—Vivre les bienfaits de la psychologie positive au quotidien* (Interéditions). <https://www.babelio.com/livres/Seligman-La-fabrique-du-bonheur-Vivre-les-bienfaits-de-la/292049>
- Sen, A. (1985). *Commodities and Capabilities* (Oxford University Press). North-Holland.

- Shaker, R. R. (2018). A mega-index for the Americas and its underlying sustainable development correlations. *Ecological Indicators*, 89, 466-479. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.050>
- Shiva, V. (1993). *Monocultures of the mind. Perspectives on biodiversity and biotechnology*. Zed book and Third world network.
- Shiva, V. (1996). Agricultural biodiversity, intellectual property rights, and farmers' rights. *Economic and Political Weekly*, Juin, 1621-1631.
- Simpson, G. G. (1961). Principles of Animal Taxonomy. In *Principles of Animal Taxonomy*. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/simp92414>
- Soldati, G. T., & Albuquerque, U. P. (2016). Ethnobiology, Ethics, and Traditional Knowledge Protection. In U. P. Albuquerque & R. R. Nóbrega Alves (Éds.), *Introduction to Ethnobiology* (p. 83-89). Springer International Publishing.
- Stålhammar, S., & Thorén, H. (2019). Three perspectives on relational values of nature. *Sustainability Science*, 14(5), 1201-1212. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00718-4>
- Stengers, I. (2011). Relaying a war machine ? In *Eric Alliez et Andrew Goffey (dir.), The Guattari Effect (Continuum)*.
- Stengers, I. (2013). *Une autre science est possible ! Manifeste pour un ralentissement des sciences*. La Découverte.
- Sterling, E. J., Filardi, C., Toomey, A., Sigouin, A., Betley, E., Gazit, N., Newell, J., Albert, S., Alvira, D., Bergamini, N., Blair, M., Boseto, D., Burrows, K., Bynum, N., Caillon, S., Caselle, J. E., Claudet, J., Cullman, G., Dacks, R., ... Jupiter, S. D. (2017). Biocultural approaches to well-being and sustainability indicators across scales. *Nature Ecology & Evolution*, 1(12), 1798-1806. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0349-6>
- Sterling, E. J., Pascua, P., Sigouin, A., Gazit, N., Mandley, L., Betley, E., Aini, J., Albert, S., Caillon, S., Caselle, J. E., Cheng, S. H., Claudet, J., Dacks, R., Darling, E. S., Filardi, C., Jupiter, S. D., Mawyer, A., Mejia, M., Morishige, K., ... McCarter, J. (2020). Creating a space for place and multidimensional well-being : Lessons learned from localizing the SDGs. *Sustainability Science*, 15(4), 1129-1147. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00822-w>
- Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J.-P. (2010). *Mismeasuring our lives. Why GDP doesn't add up. The Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. New Press.
- Strathern, M. (1980). No nature, no culture : The Hagen case. In C. P. MacCormack & M. Strathern (Éds.), *Nature, Culture and Gender* (p. 227). Cambridge University Press.
- Stross, B. (1973). Acquisition of botanical terminology by Tzeltal children. In M. S. Edmonson (Éd.), *Meaning in Mayan Languages* (Mouton, p. 107-141).
- Sturtevant, W. C. (2009). Studies in Ethnoscience1. *American Anthropologist*, 66(3), 99-131. <https://doi.org/10.1525/aa.1964.66.3.02a00850>
- Summers, J. K., Smith, L. M., Case, J. L., & Linthurst, R. A. (2012). A Review of the Elements of Human Well-Being with an Emphasis on the Contribution of Ecosystem Services. *AMBIO*, 41(4), 327-340. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0256-7>
- Takacs, D. (1996). *The idea of biodiversity : Philosophies of paradise*. Johns Hopkins University Press.
- TallBear, K. (2011). *Why Interspecies Thinking Needs Indigenous Standpoints*. Society for Cultural Anthropology. <https://culanth.org/fieldsights/why-interspecies-thinking-needs-indigenous-standpoints>

- Tauro, A., Lazos-Chavero, E., Aguado-Caso, M., & Balvanera, P. (2021). Subjective and place-based well-being : Aspirations to live well linked to nature in dry tropical agroforest frontiers. *People and Nature*.
- Tengö, M., Brondizio, E. S., Elmqvist, T., Malmer, P., & Spierenburg, M. (2014). Connecting Diverse Knowledge Systems for Enhanced Ecosystem Governance : The Multiple Evidence Base Approach. *AMBIO*, 43(5), 579-591. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3>
- Thomas, M., & Caillon, S. (2016). Effects of farmer social status and plant biocultural value on seed circulation networks in Vanuatu. *Ecology and Society*, 21(2), art13. <https://doi.org/10.5751/ES-08378-210213>
- Thomas, M., Dawson, J. C., Goldringer, I., & Bonneuil, C. (2011). Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(3), 321-338. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9662-0>
- Tsing, A. L. (2012). Unruly Edges : Mushrooms as Companion Species. *Environmental Humanities*, 1(1), 141-154. <https://doi.org/10.1215/22011919-3610012>
- Tsing, A. L. (2015). *The Mushroom at the End of the World : On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*. Princeton University Press.
- Tyler, S. A. (1987). *Cognitive anthropology : Readings* (Waveland PressInc).
- UNDRR. (2020). *The Human Cost of Disasters—An overview of the last 20 years 2000-2019—World* (p. 32). United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://reliefweb.int/report/world/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>
- van Dooren, T., Kirksey, E., & Münster, U. (2016). Multispecies Studies : Cultivating Arts of Attentiveness. *Environmental Humanities*, 8(1), 1-23. <https://doi.org/10.1215/22011919-3527695>
- van Oudenhoven, F. J. W., Mijatović, D., & Eyzaguirre, P. B. (2011). Social-ecological indicators of resilience in agrarian and natural landscapes. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 22(2), 154-173. <https://doi.org/10.1108/14777831111113356>
- Veenhoven, R. (1991). Is happiness relative? *Social Indicators Research*, 24(1), 1-34. <https://doi.org/10.1007/BF00292648>
- Verschuuren, B., Subramanian, S. M., & Hiemstra, W. (Éds.). (2014). *Community Well-being in Biocultural Landscapes : Are we living well?* Practical Action Publishing. <https://doi.org/10.3362/9781780448374>
- Vezzosi, A. (2010). *Léonard de Vinci Art et science de l'univers—Broché—Alessandro Vezzosi, Françoise Liffra—Achat Livre ou ebook | fnac* (Gallimard). <https://livre.fnac.com/a2804853/Alessandro-Vezzosi-Leonard-de-Vinci>
- Virtanen, P. K., Siragusa, L., & Guttorm, H. (2020). Introduction : Toward more inclusive definitions of sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 43, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.04.003>
- Viveiros De Castro, E. (1992). *From the Enemy's Point of View. Humanity and Divinity in an Amazonian Society*. The University of Chicago Press.
- Wallace, K. J., Kim, M. K., Rogers, A., & Jago, M. (2020). Classifying human wellbeing values for planning the conservation and use of natural resources. *Journal of Environmental Management*, 256, 109955. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109955>
- Walter, A. (1996). Utilisation et gestion traditionnelles des arbres fruitiers au Vanuatu. *Cahier des Sciences Humaines*, 32(1), 85-104.

- Weiner, A. B. (1992). *Inalienable possessions. The paradox of keeping-while-giving*. University of California Press.
- West, P. (2005). Translation, Value, and Space : Theorizing an Ethnographic and Engaged Environmental Anthropology. *American Anthropologist*, 107(4), 632-642. <https://doi.org/10.1525/aa.2005.107.4.632>
- West, P. (2016). An Anthropology for 'the Assemblage of the Now'. *Anthropological Forum*, 26(4), 438-445. <https://doi.org/10.1080/00664677.2016.1246089>
- Wiley, A. S., & Cullin, J. M. (2016). What Do Anthropologists Mean When They Use the Term *Biocultural*? : What Does *Biocultural* Mean? *American Anthropologist*, 118(3), 554-569. <https://doi.org/10.1111/aman.12608>
- Wood, D., & Lenné, J. M. (1999). Why agrobiodiversity. In D. Wood & J. M. Lenné (Éds.), *Agrobiodiversity: Characterization, utilization and management* (p. 1-13). CABI Publishing.
- Woodhouse, E., Bedelian, C., Dawson, N., & Barnes, P. (2018). *Social impacts of protected areas*. 19.
- Zagzebski, L. (2013). A Defense of Epistemic Authority. *Res Philosophica*, 90(2), 293-306. <https://doi.org/10.11612/resphil.2013.90.2.12>
- Zent, E., & Zent, S. (2022). Love sustains life : Jkyo jkwaini and allied strategies in caring for the Earth. *Journal of Ethnobiology*, 42(1), 86-104.
- Zylstra, M. J., Knight, A. T., Esler, K. J., & Le Grange, L. L. L. (2014). Connectedness as a Core Conservation Concern : An Interdisciplinary Review of Theory and a Call for Practice. *Springer Science Reviews*, 2(1), 119-143. <https://doi.org/10.1007/s40362-014-0021-3>

Tables des illustrations

Tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 Calendrier des projets financés dans lesquels je m’inscris. En encadré, les projets portés, co-portés ou dans lesquels je suis responsable d’un axe. | 50 |
| Tableau 2 Résultats des ERGMs. | 94 |
| Tableau 3 Description des acteurs impliqués dans l’acquisition et la distribution d’information concernant le matériel végétal et les pratiques associées à la gestion du sol..... | 96 |
| Tableau 4 Verbatim des avantages et difficultés rencontrés par de jeunes chercheurs ayant effectué leur thèse entre 1995 et 2005. La question posée en 2008 : « comment avez-vous vécu l’interdisciplinarité dans vos recherches ? ». L’échantillon (6) comptait des anthropologues, des géographes et des écologues. | 102 |
| Tableau 5 Verbatim des avantages et difficultés rencontrés par de jeunes chercheurs en thèse ou en master depuis 2020. La question posée en 2022 : « comment vivez-vous l’interdisciplinarité dans vos recherches ? ». L’échantillon (5) comptait 1 SHS et 4 écologues. | 104 |

Figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 Adaptation de Leclerc & Coppens d'Eeckenbrugge (2011) pour positionner l'ethnoécologie au sein des divers courants en science humaines et sociales, et des grands courants de pensée..... | 8 |
| Figure 2 Schéma explicatif de l'agrodiversité et de l'agrobiodiversité (Caillon 2005)..... | 64 |
| Figure 3 Carte de l'archipel du Vanuatu dans le Pacifique Sud, et positionnement du groupe de Banks (carré violet). | 69 |
| Figure 4 Carte de l'île de Vanua Lava, groupe des Banks au Vanuatu. | 69 |
| Figure 5 Séquence des critères de reconnaissance d'un cultivar de taro dans le village de Vêtuboso, île de Vanua Lava, Vanuatu. | 70 |
| Figure 6 Classification des espèces alimentaires en trois groupes socialement valorisés, dans le village de Vêtuboso, Vanua Lava, Vanuatu..... | 71 |
| Figure 7 Processus de classification des espèces alimentaires consommées dans le village de Vêtuboso, île de Vanua Lava au Vanuatu. En rouge, sont indiquées des catégories non nommées localement. | 72 |
| Figure 8 Dynamique de l'encépagement (nombre de cépages) à Gaillac entre 1960 et 2020 (@Rignault 2022). | 82 |
| Figure 9 Barplot showing main grape varieties for 1960 (N=14 varieties, covering 92% of total planted area) on the left side of the graph and 2020 (N= 13 varieties, covering 96% of total wine growing area) on the right part of the graph. Black crosses mean that the variety was not cultivated and numbers represent the percentage of cultivated area for 1960 and 2020. Barplots are filled according to the potential ripening period of each variety: in blue (early-season; < 237 DOY); in green (mid-season (238-247) and in yellow (late-season; > 248 DOY) (@Doncieux 2022). | 83 |
| Figure 10 Carte de la région viticole de Gaillac (@Doncieux 2022)..... | 83 |
| Figure 11 Arbre de décision présentant l'ensemble des motivations qu'un·e vigneron·ne peut mobiliser lors du choix d'un cépage en particulier. Les pourcentages résultent de la somme agrégée de l'ensemble des enquêtes (nombre de fois qu'une motivation a été énoncée lors de toutes les enquêtes / nombre total des motivations pour chaque niveau de décision) (@Doncieux 2022. | 85 |
| Figure 12 Modélisation par blocs latents multiples (LBM) pour détecter des associations entre les motivations, les cépages et les producteurs (@Doncieux 2022. | 86 |
| Figure 13 Agencement des groupes des cépages définis par LBM selon leurs qualités viticoles ou vinicoles, leur relation au sensible que chaque cépage renvoie, les potentialités économiques, et les facteurs externes (@Doncieux 2022)..... | 87 |
| Figure 14 Agencement des groupes des vigneron·nes définis par LBMs selon le type de motivations qu'ils mettent en avant pour choisir leurs cépages. Global représente l'ensemble des vigneron·nes enquêté·es. C1-3 = les trois groupes de vigneron·nes (@Doncieux 2022). | 88 |
| Figure 15 Réseau fermé de circulation des semences (30 nœuds et 577 liens). Les nœuds ronds représentent les femmes et les carrés, les hommes. La taille des nœuds est proportionnelle au degré sortant, c'est-à-dire le nombre de fois que la personne a donné des propagules..... | 93 |

- Figure 16 Histogrammes montrant le pourcentage de citation de chaque source d'information concernant l'ensemble des sollicitations (aggregated), des pratiques associées à la gestion des sols (weed management), au matériel végétal (plant material). Ce dernier domaine de connaissances a été divisé en plusieurs sous-domaines : les cépages (variety), les porte-greffes (rootstock) et les clones (clone). Les camemberts permettent de visualiser pour chaque domaine de connaissances la proportion d'échange entre agriculteurs par rapport aux autres sources. 97
- Figure 17 Réseaux de circulation de connaissances A) agrégé; B) gestion de l'enherbement; C) matériel végétal agrégé (cépage, porte-greffe et clone); D) cépage; E) porte-greffe et F) clone. Les nœuds situés en périphérie représentent les non-agriculteurs et les nœuds à l'intérieur du cercle désignent les agriculteurs. Les échanges entre les agriculteurs sont représentés par des flèches noires et les échanges entre un agriculteur et un non agriculteur par des flèches grises en pointillées. Les humains sont représentés par des cercles et les non-humains (e.g., site internet, nom d'une institution) par des triangles. A l'exception du réseau A), la taille des nœuds est proportionnelle au nombre de degrés sortants (nombre d'agriculteurs enquêtés qui ont sollicité la source). 98
- Figure 18 Nombre de demandes de conseils (In-degree) demandées par les « néo » (en rouge) et les « locaux » (en bleu) pour la gestion du sol (à gauche) et le matériel végétal (à droite). 99
- Figure 19 : Ensemble des disciplines convoquées pour comprendre un objet multidimensionnel comme l'agrobiodiversité..... 105
- Figure 20 Processus pour élaborer un thésaurus lors du projet NetSeed (Cesab, Aix-en-Provence 2013). 108
- Figure 21 Photo prise lors d'une action de la Coordination Rurale, le 4 mars 2021, sur l'esplanade des Invalides à Paris. (@Nicolas Messyasz/Sipa) – Libération 17 mars 2021. 113
- Figure 22 : Cadre conceptuel du bien-être utilisant les optiques de l'environnement et de l'équité d'après Betley at al. 2021. A) Le bien-être humain est multidimensionnel (les sept icônes illustrées sont des dimensions hypothétiques dérivées de Sterling et al. 2020 et placées au hasard dans l'espace indiqué) ; B) Le bien-être est un système de dimensions interdépendantes ; C) Une optique centrée sur l'équité et les interrelations entre les humains et l'environnement est indispensable pour appréhender toutes les dimensions et les interrelations coexistant au sein du concept de bien-être. 125

Images

- Image 1 Réaction d'un vigneron « Indicateurs pot se comparer ? Est-ce que cela a du sens ? » à la présentation d'Eleanor Sterling sur les indicateurs déjà existants, les objectifs de développement durable, atelier novembre 2019 – Dessins de Laure Garanger. 129
- Image 2 Schéma représentant la place des aquarelles dans les sorties botaniques puis ethnobotaniques, et les interactions avec les vignerons. 136
- Image 3 Planche botanique dessinée par Mélanie Roy après un inventaire botanique dans le vignoble de Gaillac. 137
- Image 4 Aquarelle peinte par Mélanie Roy après une enquête ethnoécologique avec Bernard Plageoles qui révèle les éléments paysagers et les pratiques agronomiques qui ont du sens pour l'enquêté-e. 137
- Image 5 Synthèse dessinée par Laure Garanger des valeurs de bien-être et de mal-être pour les vigneron·nes pratiquant une agriculture sans entrant chimique à Gaillac (atelier de novembre 2019 – Projet PICS CNRS). 138
- Image 6 Viriginie Pouliquen. Sympoïèse (n°1), eau-forte et graphite sur papier Vélin d'Arches, 18 x 24 cm, 2020 « Faire avec, faire grâce aux autres, faire au risque des autres »... 145

Tirés à part choisis

Ces tirés à part ont été choisis afin de refléter le spectre de nos recherches, depuis le Vanuatu jusqu'aux vigneron·nes de Gaillac, en collaboration avec des généticiens des populations, des écologues, des philosophes et des géographes et même une artiste-botaniste.

Roy M. & **Caillon S.** (2021). Rendre visible le sensible par un engagement artistique et scientifique. Portrait de la flore des vignes dans le cadre d'une co-construction lente avec les vigneron·nes de Gaillac. In Foyer J., Chone A. & Boisvert V. (eds.), Scientificité et Spiritualité dans les agricultures alternatives. Presses Universitaires Grenoble Alpes, Grenoble.

Sterling E.J., et al. (2020). Creating a space for place and multi-dimensional well-being: lessons learned from localizing the SDGs. Sustainability Science 15: 1129-1147. "honorable mention award", meaning we were one of the top three papers (of 107) in 2020.

Comptour M., Cosiaux A., Coomes O.T., Bader J.-C., Malaterre P.-O., Yoka J., **Caillon S.*** & McKey D.* (2019). Agricultural innovation and environmental change on the floodplains of the Congo River. *The Geographical Journal* 186(1). *These two authors contributed equally to this study.

Caillon S., Cullman G., Verschuuren B. & Sterling E. (2017). Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicator. Ecology and Society 22(4): art. 27,

Thomas M. & **Caillon S.** (2016). Effects of social status of farmers and biocultural value of plants on seed circulation networks in Vanuatu. *Ecology and Society* 21(2).

Caillon S. & Degeorges P. J. (2007). Biodiversity: negotiating the border between nature and culture. Biodiversity and Conservation, 16(10): 2919-2931

Caillon S., Quero-García J., Lescure J.-P. & Lebot V. (2006). Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu. Genetic Resources and Crop Evolution 53(6): 1273-1289.

Rendre visible le sensible par un engagement artistique et scientifique

Portrait de la flore des vignes dans
le cadre d'une coconstruction
lente avec les vignerons de Gaillac

Mélanie Roy
Sophie Caillon

Le passage vers la biodynamie ou l'agriculture biologique constitue, pour les vigneron·nes et vigneronnes, une expérience de l'ordre du sensible et du tangible. Ils doivent renouer le dialogue avec leurs vignes, mais aussi avec l'ensemble des non-humains en interaction sur leur territoire. Parmi ces non-humains, une végétation foisonnante et souvent difficile à contrôler se réapproprie l'espace entre et sous les pieds de vigne (Nascimbene et coll., 2012; Darricau & Darricau, 2019). La connaître ou la maîtriser demande du temps, et sans nécessairement être botanistes académiques, les vigneron·nes développent un sens intuitif de l'observation, expérimentent savoirs et pratiques d'antan ou de demain, s'adaptent à une diversité de niches écologiques réparties sur leurs parcelles; ils entrent en relation avec le végétal, ou plutôt avec l'ensemble des entités, vivantes ou inertes habitant le paysage viticole, telles les haies végétales centenaires, les courbes douces des vallons, la vue sur d'autres domaines ou même les sensations du sol qui s'exprime sous nos pas... Pour les chercheurs et chercheuses intéressés par cette relation, il faut aussi apprendre à regarder autrement, notamment pour intégrer les multiples facettes des relations observées, au-delà de sa propre discipline (comme suggéré par Nicolescu, 1996, vol. XXVII), impliquer les agriculteurs dans le processus de recherche (Alcorn, 1993; Altieri & Merrick, 1987; Berkes, 2008; Demeulenaere et coll., 2017; Pinedo-Vásquez & Padoch, 1993) et «encourager la coproduction de connaissances et l'apprentissage social entre différents acteurs» (Krueger et coll., 2016). Cette adaptation demande un engagement sensible, à l'instar des vigneron·nes en transition vers d'autres modes d'agriculture.

C'est en coconstruisant un projet d'étude portant sur les relations des vigneron·nes à la flore que l'art s'est imposé, au départ comme compagnon d'une approche transdisciplinaire, menée par une écologue-artiste et une ethnobotaniste, puis comme élément facilitateur d'une approche bioculturelle. Nous avons en effet suivi une approche bioculturelle – plutôt qu'une approche uniquement centrée sur les vigneron·nes ou sur l'étude de la flore, pour éclairer la compréhension des relations entre les agriculteurs et leur environnement. Ce type d'approche permet d'englober à la fois

les aspects biologiques et culturels d'un système, et de traiter des relations complexes et des rétroactions entre le bien-être humain et écologique (Caillon et coll., 2017; Gavin et coll., 2015; Maffi & Woodley, 2010; McCarter et coll., 2018; Sterling et coll., 2017). L'approche bioculturelle offre un cadre flexible qui facilite la synthèse entre différentes métriques, systèmes de connaissance et ontologies en intégrant les connexions – y compris les convergences et les divergences – entre les savoirs locaux et scientifiques. En cela l'approche bioculturelle s'adapte bien à l'oscillation des viticulteurs entre sciences et spiritualité, illustrée par les travaux de Christelle Pineau (2019). L'intégration de l'art à cette approche aurait pu uniquement contribuer à la transversalité du projet, notamment en ajoutant une dimension esthétique, mais notre expérience suggère aussi un rôle d'émulateur, notamment auprès des étudiants et vigneronns impliqués.

En effet, c'est au départ pour intéresser les étudiants de l'université de Toulouse et d'Albi à la botanique que les sorties dans le vignoble de Gaillac ont été réalisées. Le vignoble de Gaillac est situé dans le Sud-Ouest, à la confluence entre influences méditerranéennes et océaniques, sur des sols de limons, de molasses et des terrains calcaires. Notamment chez les vigneronns en agriculture biologique et en biodynamie, les parcelles peuvent héberger entre 10 et 40 espèces de plantes sauvages sur une dizaine de mètres dans l'inter-rang, et jusqu'à 86 espèces annuelles au niveau du domaine, ce qui permet d'observer une diversité remarquable de plantes sur une petite surface (Fabregal, Caillon & Roy, 2008). La diversité des microclimats et des sols offre ainsi un cadre pédagogique pour étudier la diversité floristique. Cependant, l'intérêt pour la botanique reste limité chez les étudiants aujourd'hui, sans doute par la frontière qu'imposent les noms latins, et la distance à la nature chez les jeunes urbains (Aaron & Witt, 2011). Actuellement, les enseignants se tournent vers l'usage d'applications pour téléphone mobile, l'implication dans des projets participatifs pour inciter les étudiants à étudier la botanique (par exemple Quinnell et coll., 2012). Si ces outils sont extrêmement populaires aujourd'hui, l'art – et notamment le dessin – est aux sources de l'apprentissage de la botanique (Ijiri et coll., 2005).

Le dessin reste un moyen pédagogique classique mais essentiel dans la formation des étudiants ou même des adultes en biologie végétale (Stagg & Verde, 2019), et plus largement en science (Ainsworth & Tytler, 2011).

Au-delà de ses vertus pédagogiques, le dessin a toujours été un outil pour révéler les détails chers aux scientifiques. Le dessin géographique (Courtot, 2010 ; Seignobos, 2017 ; Hermann, 2021), botanique (Pahnke, 2018), ethnobotanique (Brunois, 2002), anthropologique (Augustins, 2006 ; Leroi-Gourhan, 2012, 2013 ; Atalay et coll. 2019) ou plus précisément en anthropologie visuelle (Colleyn, 2012), est en effet au fondement de ces disciplines ; il révèle, dans des conditions de terrain ne permettant pas toujours l'usage d'appareils électroniques sensibles à l'humidité, les détails botaniques propres à l'espèce, les interactions entre les plantes ou avec les autres éléments du paysage, ou même les relations entre les plantes et les humains à travers un geste technique dont le mouvement peut être difficile à capturer. Les liens entre dessin et démarche scientifique soulèvent de plus en plus d'enthousiasme et de créativité d'interaction comme le souligne la récente bibliographie sur le sujet (Roussel & Guitard 2021a, b) ou les séries ethnoGRAPHIC et Sociorama respectivement éditées par University of Toronto Press et Casterman. Le dessin est mobilisé pour « ses qualités propres : subjectivité, expressivité, souplesse, spontanéité et corporalité » ou a pour grande ambition de « rendre vivant le savoir » (Herrmann, 2021, p. 2 et p. 12).

L'acte du dessin demande à la fois recul et observation, et aboutit à des choix de représentation qui reflètent les détails signifiants pour le vigneron (par exemple présence d'araignées, bioindication par les plantes, usages). La création que demande le dessin implique aussi une perception, et développe ainsi la sensibilité de l'observateur (Wittmann, 2013). Florence Brunois (2002), dans son étude ethnographique basée sur le dessin botanique, illustre des détails comme les coups de bec dans un fruit, pour révéler les interactions entre oiseaux et plantes. Notre expérience dans le vignoble de Gaillac s'inscrit donc dans cette tradition d'observations de terrain, entre botanique et ethnobotanique, et semble aussi avoir joué le rôle de révélateur de relations,

d'interactions. Dans ce contexte, nous avons essayé d'analyser a posteriori le rôle du dessin dans la coconstruction de notre projet d'étude de la relation des vigneronns aux plantes dans le vignoble Gaillacois.

Cas d'étude : le dessin comme compagnon d'une approche bioculturelle

Mélanie Roy est chercheuse en écologie, et pratique le dessin de longue date, mais n'avait jamais utilisé auparavant ses croquis aquarellés dans un contexte pédagogique ou scientifique. En effet ses dessins restent évocateurs mais représentent plutôt le moment vécu, souvent festif, le paysage, quelques éléments précis, quelques personnes, sous une forme synthétique. Mélanie Roy était d'ailleurs plus reconnue pour ses toiles abstraites que pour ses témoignages personnels, partagés avec les amis. Éventuellement, Mélanie Roy utilisait le croquis pour mémoriser les arômes d'un vin, sous forme des fruits évoqués par exemple, et partageait ses croquis avec d'autres amis œnophiles. La première sortie botanique chez Rémy Kuntz, à Gaillac fut un moment joyeux avec les étudiants, l'occasion d'observations botaniques, et d'une dégustation aux arômes printaniers : autant d'éléments inspirants pour une aquarelle, dessinée *a posteriori* (figure 1). En habitant à Gaillac, Mélanie Roy a ainsi collectionné d'autres moments et dégustations sous forme de croquis, portraits de vigneronns. L'automne suivant la première sortie chez Rémy Kuntz, la mairie de Gaillac proposa à Mélanie Roy une exposition pour la fête des primeurs de Gaillac. Cette exposition donnait à voir des croquis de vins dégustés pendant l'année écoulée à Gaillac, et intégrait déjà les noms ou les silhouettes de vigneronns. Pour respecter le droit à l'image, l'approbation des vigneronns a été demandée. Les retours ont été très positifs, et les plus proches de Gaillac sont venus au vernissage avec d'autres vigneronns sensibles à l'art ou artistes eux-mêmes. Les croquis ont alors eu une double vocation : celle de révéler la sensibilité artistique de Mélanie Roy et celle de toucher celle des vigneronns.

Au printemps suivant, Mélanie Roy organisa trois nouvelles sorties universitaires, puis une quatrième avec les amis et voisins de Rémy Kuntz. Pour ce public plus novice en botanique, elle refit quelques croquis souvenirs, où cette fois les plantes étaient plus nombreuses mais seules les salades comestibles étaient représentées (figure 2). Des myriades de photos auraient pu aussi témoigner de ces moments, mais à l'heure du numérique, l'excès d'informations et d'images nuit parfois à la transmission d'un message. Mélanie Roy cherchait à résumer et faire des choix relativement intuitifs, pour mettre en valeur les détails significatifs pour le vigneron ou les étudiants que des photos n'auraient pu isoler. Elle continuait à peindre *a posteriori*, d'une part car le temps faisait défaut *in situ* pour déterminer et dessiner les plantes tout en discutant avec les étudiants ou les vignerons, d'autre part car le dessin *ex situ* rendait son attention plus sensible aux détails, aux formes, à la synthèse.

Deux années après le premier croquis chez Rémy Kuntz, Mélanie Roy et Quentin Fabregal (qui était alors en stage de 3^e année de Licence) ont réalisé des inventaires de plantes chez neuf viticulteurs en agriculture biologique et biodynamique, tout en poursuivant les sorties botaniques pour les étudiants chez trois autres viticulteurs. Les viticulteurs étaient de plus en plus nombreux à demander des identifications de plantes pour satisfaire leur curiosité. Ils étaient aussi gourmands des « sorties salades » destinées à leurs clients, des expositions de croquis aquarellés ou des dessins pour les affiches des portes ouvertes de leur cave. Mélanie Roy a aussi commencé à donner ses dessins, pour remercier les viticulteurs de leur accueil lors des sorties botaniques, et garder un souvenir des moments vécus. C'est suite à cet engouement pour la botanique que Sophie Caillon, ethnobotaniste au CNRS, eut envie de questionner la relation aux plantes des vignerons.

Sophie Caillon vint fréquemment à Gaillac rencontrer les vignerons et découvrir leurs vignes. Ses questions orientèrent les discussions vers l'histoire des vignerons dans le paysage gaillacois, leurs pratiques viti- et vinicoles, leurs choix et utilisation des plantes non seulement en salade mais aussi pour soigner la vigne

(macération de bourrache, prêle, valériane, pissenlit ou saule par exemple). Au sortir des enquêtes, les notes étaient nombreuses et foisonnantes, et Mélanie Roy continua à croquer ces moments sous forme d'aquarelles. Cependant, les croquis témoignaient du changement de questionnement, par exemple en représentant le vigneron au cœur de son paysage, entouré d'une multitude d'objets matérialisant ses pratiques (figure 3).

À l'automne, et après le stage de Quentin Fabregal, nous avons remis aux viticulteurs un rapport aquarellé sur la flore de leurs vignes (Fabregal, Caillon & Roy, 2017). Les retours des vignerons étaient enthousiastes, et les aquarelles souvent plus appréciées que « les imprononçables noms latins » (Duncan Geddes, communication personnelle) des plantes ou les graphiques sur la diversité. Le rapport intégrait maintenant deux types d'aquarelles, celles très réalistes des vingt plantes les plus communes pour aider les vignerons à les reconnaître, et celles plus sensibles des moments passés chez les vignerons. Ces dernières représentaient non plus les seules salades mais un ensemble de plantes utiles ou citées comme d'importance par les vignerons, ainsi que des éléments plus techniques du domaine (par exemple, une amphore ou des outils) et toujours, le ou les vignerons, et les lignes du paysage (figure 3). Les enquêtes menées par Sophie Caillon avaient ainsi ouvert le croquis à des sujets intégrant davantage le ressenti du vigneron et sa sensibilité aux plantes et à son paysage.

Des résultats inattendus et multiples

Par la suite, les croquis aquarellés ont commencé à être intégrés pour communiquer : lors de conférences scientifiques, dans le cadre de cours universitaires ou même pour s'identifier à travers une carte de visite personnalisée et aquarellée pour Sophie Caillon. Cette diffusion des dessins a souvent touché d'autres personnes, non-vignerons, comme lors des rencontres « Scientificité et spiritualité dans les agricultures alternatives » (figure 4). Par ailleurs, Hervé Brunaux, poète contemporain et organisateur du festival Expoésie à Périgueux depuis dix-huit ans, découvrait

les croquis aquarellés de Mélanie Roy sur les dégustations de vins, et leur « gourmande poésie » (Hervé Brunaux, communication personnelle). Ces points de vue extérieurs ont permis aux chercheuses de réaliser la part de poésie et de sensible mis à jour dans ces croquis et leur diffusion. La préparation du festival Expoésie (6 au 23 mars 2019), d'une dégustation aquarellée à Ushuaia (pour l'Institut français en Argentine, 8 décembre 2018) sur le thème du changement climatique et d'un premier salon du vin à l'université Paul-Sabatier (21 mars 2019) ont suscité des retours, notamment celui des vignerons sur leurs croquis mais aussi sur des croquis de dégustations, et sur les croquis d'autres vignerons. Au-delà des commentaires esthétiques, l'exclamation de Jérôme Galaup, viticulteur à Gaillac, est un témoignage de la force des aquarelles : « c'est exactement ce que j'ai en tête ! », en regardant un schéma aquarellé sur la vigne et le changement climatique.

Les croquis, leur création et leur usage ont ainsi accompagné la construction d'un projet de recherche sur la relation aux plantes des vignerons, et sans doute favorisé la mise en place d'interactions étroites avec les viticulteurs impliqués (figure 5). Les portraits-paysages ont permis d'appuyer les notes prises lors des inventaires et des entretiens, et réciproquement les questions d'ethnobotanique ont permis d'ajouter une nouvelle touche, révélant la nature des interactions. L'usage des plantes a pu être esquissé, par exemple la préparation de macérations, tout comme le moyen de contrôler les plantes, par exemple en passant certains outils un rang sur deux. Par ailleurs, ces portraits ont permis de rapidement donner un retour aux vignerons qui nous accueillaient. Après des étudiants, ces portraits ont été utilisés en cours pour donner un aperçu très synthétique du paysage donnant à voir les interactions du vigneron avec ses plantes et son territoire (figure 5). La comparaison des croquis nous a aussi permis de saisir des différences de rapport aux éléments paysagers entre vignerons. Sur le plateau cordais, un terroir calcaire de Gaillac, les croquis du château de Mayragues et de Causses Marines, tous deux en biodynamie (figure 6a et 6b), soulignaient les contrastes de continuité paysagère par opposition aux haies

et bosquets, et les différences d'utilisation des plantes et même de la faune (récolte des pissenlits, observation des orchidées et installation d'une ruche). Entre le domaine de Brin en agriculture biologique, et Peyres Roses en biodynamie, au-delà des différences de pratiques, ce sont celles du rapport à l'environnement que révélaient les croquis. Au domaine de Brin, le sol, les chênes truffiers et les buis centenaires avaient été au cœur de l'entretien (figure 7a). Les questions portaient sur l'histoire du lieu, l'influence des voisins et de leurs pratiques agricoles, et les plantes des vignes apparaissaient marginales. Au contraire, chez Peyres Roses (figure 7b), le paysage était considéré de façon beaucoup plus locale, et les pratiques devenaient centrales dans les dessins comme la dynamisation, le semis de plantes considérées comme des engrais verts et la culture de plantes aromatiques (fenouil, lavande, thym).

Des convergences entre recherche et viticulture révélées par le dessin ?

Outre le dessin, en tant qu'objet, ce sont probablement les dimensions sensible et créative des dessins et des vins qui ont permis de mieux communiquer lors des entretiens, et d'établir ainsi une relation plus équilibrée et spontanée, entre chercheurs et vigneron. L'émergence du sensible offre en effet de nouveaux filtres d'observation (Zeller, 2000), notamment pour étudier la « démarche orphique » des vignerons en biodynamie (Denis Chartier, communication personnelle, 14 décembre 2017), qui utilisent leur sensibilité, leur créativité et leur intuition quotidiennement. Plus particulièrement à Gaillac, les vignerons inventent et réinventent des vins sans sulfites, des vins maturés en amphore, des vins orange, et appliquent aussi cette créativité à la vigne, en adaptant leur mode de taille, la hauteur de leur vigne, en créant de nouveaux outils, ou en laissant les arbres drainer et porter leur vigne. Au final, certains tentent de sortir des règles établies par l'AOC (Appellation d'origine contrôlée), en produisant leur propre cahier des charges, comme celui de

l'association Terres de Gaillac, axé sur le bien-être et les interactions avec le terroir. En intégrant le dessin, une dimension esthétique et sensible aux enquêtes, nous avons sans doute davantage partagé avec les vignerons que lors des premières sorties centrées sur la botanique.

Le temps de la création des croquis, relativement rapide, a aussi permis d'établir une autre relation entre les acteurs de ce projet. En effet, le dessin aboutit à une synthèse quasi immédiate de quelques heures d'entretiens ou de sorties botaniques. L'objet produit est considéré comme un premier résultat de l'enquête, un premier élément d'échange entre les chercheurs et les vignerons. En cela, le tempo du dessin devance de loin celui du scientifique, de la publication, et permet d'engager un véritable dialogue. Notre démarche s'inscrit dans un autre mode de recherche, la *slow science*. Ce mouvement a été initié en Allemagne par The Slow Science Academy en 2010 (slow-science.org), puis introduit en France par Olivier Gosselain (2011) et Isabelle Stengers (2013) en réaction à la surproduction d'articles scientifiques (Malcolm, 1996), à l'accélération et à la désynchronisation entre les plus rapides et les plus lents (Coutellec, 2015). Ce rythme effréné et l'ampleur des projets financés (type Horizon 2020, ANR, ERC...) distancient le chercheur et son terrain : les personnes enquêtées doivent accueillir un nombre grandissant d'étudiants ou de jeunes chercheurs non-permanents (Demeulenaere et coll., 2017). À peine des liens sont-ils créés qu'une nouvelle personne prend la suite. De plus, la formalisation des rapports entre enquêteurs et enquêtés (autorisation de recherche, permis éthique...) peut déshumaniser les relations ; le droit remplace les liens de confiance et de réciprocité construits sur le temps long (Demeulenaere et coll., 2017). L'absence de financement a certainement favorisé l'adoption de cette *slow science* à Gaillac, et l'usage des croquis aquarellés a probablement renforcé cette réciprocité, en favorisant les échanges et une communication plus sensible. Cet échange est d'ailleurs une des vertus de l'usage de médias artistiques comme les films et photographies (Colleyn, 2012).

Pour conclure, ce projet entre viticulteurs et artistes-scientifiques a révélé bien plus que des listes d'espèces ou l'effet des pratiques : il s'est accompagné d'un changement de position pour le chercheur, révélé par la pratique et l'usage des dessins. Les croquis, plus paysagers que botaniques, ont aussi facilité les échanges avec les vigneron·s et la communication avec les collègues, étudiants, vigneron·s, et même poètes. Par rapport à une approche ancrée en anthropologie, l'émulation générée par les dessins tient sans doute aussi à son association à la botanique, dans la mesure où les vigneron·s ont aussi apprécié les sorties botaniques, bien avant les échanges de dessins. Notre expérience ne permet pas de dissocier ces deux éléments ; elle invite à intégrer plus souvent le média artistique ou des artistes dans la coconstruction d'un projet respectant le rythme de nos partenaires de recherche – ici les vigneron·s de Gaillac – notamment pour percevoir toutes les dimensions des interactions entre les humains et les éléments vivants ou inertes de leur environnement.

Remerciements

Ce projet sans financement a essentiellement vu le jour grâce aux vigneron·s qui ont pris le temps d'une promenade botanique, Rémy Kuntz (le mas Brunet), Virginie Maignien et Patrice Lescaret (Causses marines), Duncan Geddes (château de Mayragues), Marine Leys (la Vignereuse), toute la famille Plageoles (domaine Plageoles), Jérôme Galaup (la ferme du Vert), Jérôme Yvernat (domaine du Vieux-Saule), Nathanaël Parnaudeau (Matens), Michel Issaly (domaine de la Ramaye), Nicolas Lebrun (l'enlos des Braves), Sylvie et Philippe Maffre (Bois-Moisset), Cathy et Damien Bonnet (domaine de Brin), Pauline et Pierre-Olivier (Cantalauze), et la famille Albert (domaine de Labarthe).

Bibliographie

- AARON Rachel F. & WITT Peter A., 2011, « Urban students' definitions and perceptions of nature », *Children Youth and Environments*, vol. 21, n° 2, p. 145-67.
- AINSWORTH Shaaron, PRAIN Vaughan & TYTLER Russell, 2011, « Drawing to learn in science », *Science*, n° 333, p. 1096-1097.
- ALCORN Janis B., 1993, « Indigenous people and conservation », *Conservation Biology*, n° 7, p. 424-426.
- ALTIERI Miguel A. & MERRICK Laura C., 1987, « In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems », *Economic Botany*, n° 41, p. 86-96.
- ATALAY S., BONANNO L., GALMAN S. C., JACQZ S., RYBKA R., SHANNON J., ... & WOLENCHECK E., 2019, Ethno/Graphic Storytelling: Communicating Research and Exploring Pedagogical Approaches through Graphic Narratives, Drawings, and Zines, *American Anthropologist*, vol. 121, p. 769-772.
- AUGUSTINS George, 2006, *Les Marques urbaines du prestige. Le cas d'Evora au Portugal*, Paris, Société d'ethnologie.
- BERKES Fikret, 2008, *Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*, Londres, Taylor and Francis.
- BRUNOIS Florence, 2002, « Du dessin au dessein des plantes sauvages », *Le Journal de la société des océanistes*, n° 114-115, p. 23-38.
- CAILLON Sophie, CULLMAN Georgina, VERSCHUUREN Bas & STERLING Eleanor, 2017, « Moving beyond the human-nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicators », *Ecology and Society*, n° 22, art. 27.
- COLLEYN Jean-Paul, 2012, « Champ et hors champ de l'anthropologie visuelle », *L'Homme. Revue française d'anthropologie*, p. 457-480.
- COURTOT R., 2010, « Le dessin du géographe dans la recherche et l'enseignement de l'École française de géographie : du terrain à l'analyse du paysage », dans S. Allemand, F. Best & M. Fermont (dir.), *Une Normandie sensible, regards croisés de géographes et de plasticiens*, Caen, Presses universitaires de Caen, p. 119-132.
- COUELLEC Léo, 2015, *La Science au pluriel. Essai d'épistémologie pour des sciences impliquées*, Paris, Quæ, coll. « Sciences en questions », 88 p.
- DARRICAU Léa & DARRICAU Yves, 2019, *La Vigne et ses plantes compagnes : histoire et avenir d'un compagnonnage végétal*, Arles, Édition du Rouergue, 192 p.

- DEMEULENAERE Élise, RIVIERE Pierre, HYACINTHE Alexandre, BALTASSAT Raphaël, BALTAZAR Sofia, GASCUEL Jean-Sébastien, ... & GOLDRINGER Isabelle, 2017, « Dossier. Des recherches participatives dans la production des savoirs liés à l'environnement – La sélection participative à l'épreuve du changement d'échelle. À propos d'une collaboration entre paysans sélectionneurs et généticiens de terrain », *Natures, Sciences, Sociétés*, vol. 25, n° 4, p. 336-346.
- FABREGAL Quentin, CAILLON Sophie & ROY Mélanie, 2017, « Diversité des plantes sauvages entre les vignes en Gaillacois », *Ecology*, Toulouse, Université Paul-Sabatier.
- GAVIN Michael, MCCARTER Joe, MEAD Aroha, BERKES Fikret, STEPP John Richard, PETERSON Debora & TANG Ruifei, 2015, « Defining biocultural approaches to conservation », *Trends Ecol. Evol.*, n° 30, p. 140-145.
- GOSSELAIN Olivier, 2011, « Slow Science – La désexcellence », *Uzance*, vol. 1, p. 129-140.
- HERRMANN Lou, 2021, « Dessiner à l'Université ? Esquisse d'un cheminement », *EchoGéo*, n° 55, disponible en ligne sur : <http://journals.openedition.org/echogeo/21033> [consulté le 15/10/21].
- IJIRI Takashi, SHIGERU Owada, MAKOTO Okabe & TAKEO Igarashi, 2005, « Floral diagrams and inflorescences: interactive flower modeling using botanical structural constraints », *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, n° 24, p. 720-726.
- KRUEGER Tobias, MAYNARD Carly, CARR Gemma, BRUNS Antje, MUELLER Eva Nora & LANE Stuart, 2016, « A transdisciplinary account of water research », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, n° 3, p. 369-389.
- LEROI-GOURHAN André, 2012, *Milieu et techniques*, Paris, Albin Michel.
- LEROI-GOURHAN André, 2013, *Le Geste et la Parole – Technique et langage*, Paris, Albin Michel.
- MAFFI Luisa & WOODLEY Ellen, 2010, *Biocultural Diversity Conservation: A Global Sourcebook*, Londres, Earthscan.
- MALCOLM Noel, 21 juillet 1996, « Sinking in a sea of words. As academic journals proliferate », *The Independent Sunday*.
- MCCARTER Joe, STERLING Eleanor, JUPITER Stacy, CULLMAN Georgina, ALBERT Simon, BASI Marlene, ... & FILARDI Christopher, 2018, « Biocultural approaches to developing well-being indicators in Solomon Islands », *Ecology and Society*, vol. 23, n° 1, art. 32.

- NASCIMBENE Juri, MARINI Lorenzo & PAOLETTI Maurizio, 2012, « Organic farming benefits local plant diversity in vineyard farms located in intensive agricultural landscapes », *Environmental management*, vol. 49, n° 5, p. 1054-1060.
- NICOLESCU Basarab, 1996, *La Transdisciplinarité : manifeste*, Monaco, Éditions du Rocher, coll. « Transdisciplinarité ».
- PAHNKE Jens, 2018, « Des premières amours aux secondes », *Arts et Savoirs*, n° 9, disponible en ligne sur : <http://journals.openedition.org/aes/1116> [consulté le 15/10/21].
- PINEAU Christelle, 2019, *La Corne de vache et le microscope. Le vin « nature », entre sciences, croyances et radicalités*, Paris, la Découverte, 248 p.
- PINEDO-VÁSQUEZ Miguel & PADOCH Christine, 1993, « Community and governmental experiences in protecting biodiversity in the lowlands Peruvian Amazon », dans Christopher Potter, Joel L. Cohen & D. Janczewski (dir.), *Perspectives on Biodiversity: Case study of genetic conservation and development*, Washington, American Association for the Advancement of Sciences Press.
- QUINNELL Rosanne, HENWOOD Murray, HANFLING Su & BROWNLEE Rowan, 2008, « eBot: a collaborative learning object repository for Australian flora », dans A. HUGMAN & K. PLACING (dir.), *Symposium Proceedings: Visualisation and Concept Development, UniServe Science*, Sydney, The University of Sydney, p. 86-90.
- ROUSSEL Fabien & GUITARD Emilie, 2021a, *L'usage du dessin dans l'enquête de terrain en sciences sociales. État des lieux et perspectives depuis la géographie et l'anthropologie* (première partie), Carnets de Terrain.
- ROUSSEL Fabien & GUITARD Emilie, 2021b, *L'usage du dessin dans l'enquête de terrain en sciences sociales. État des lieux et perspectives depuis la géographie et l'anthropologie* (deuxième partie), Carnets de Terrain.
- SEIGNOBOS Christian, 2017, *Des mondes oubliés. Carnets d'Afrique*, IRD Éditions/Parthèses, coll. « Beaux-livres ».
- STAGG Bethan & VERDE Michael, 2019, « A comparison of descriptive writing and drawing of plants for the development of adult novices' botanical knowledge », *Journal of Biological Education*, vol. 53, n° 1, p. 63-78.
- STENGERS Isabelle, 2013, *Une autre science est possible ! Manifeste pour un ralentissement des sciences*, Paris, La Découverte.

- STERLING Eleanor J., FILARDI Christopher, TOOMEY Anne, SIGOUIN Amanda, BETLEY Erin, GAZIT Nadav, ... & JUPITER Stacy, 2017, « Biocultural approaches to well-being and sustainability indicators across scales », *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, n° 12, p. 1798-1806.
- WITTMANN Barbara, 2013, « Outlining species. Drawing as a research technique in contemporary biology », *Science in context*, n° 26, p. 363-391.
- ZELLER Robert, 2000, « The double tree: Judith Wright's poetry and environmental activism », *Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, vol. 7, n° 2, p. 55-65.

Cahier d'illustrations



Figure 1. Portrait de la dégustation d'un vin blanc chez Rémy Kuntz (2015).

© Mélanie Roy

**Figure 2. Portraits, a : du moment partagé et
b : des salades récoltées chez Rémy Kuntz (2016).**

© Mélanie Roy



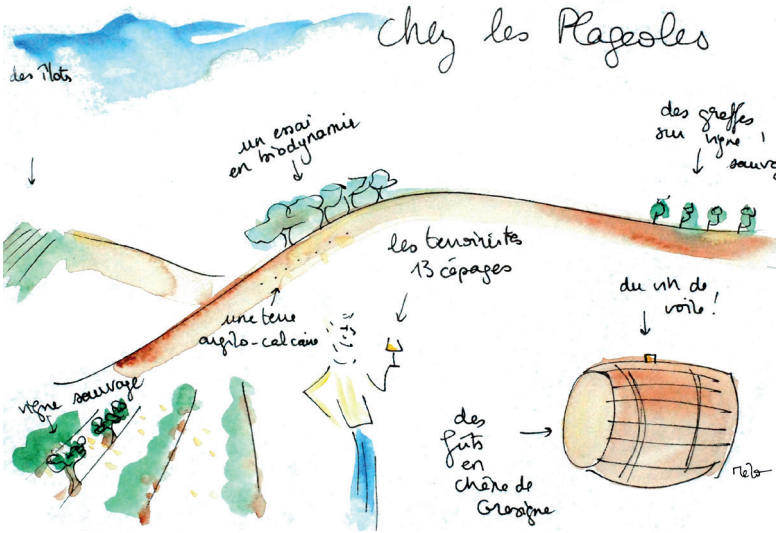
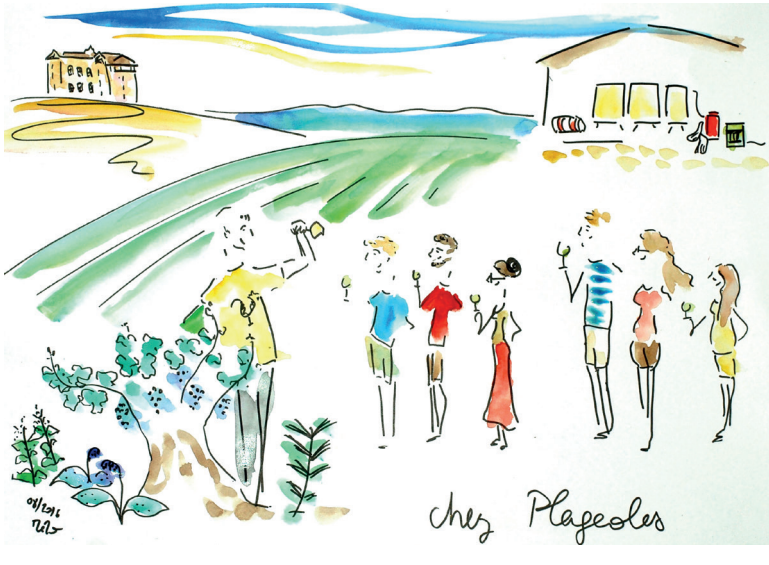


Figure 3. Portraits d'une dégustation/visite chez les Plageoles avec Sophie Caillon (a en 2016 et b en 2017).

© Mélanie Roy

Le portrait de la deuxième visite souligne les éléments paysagers et les pratiques originales du domaine.

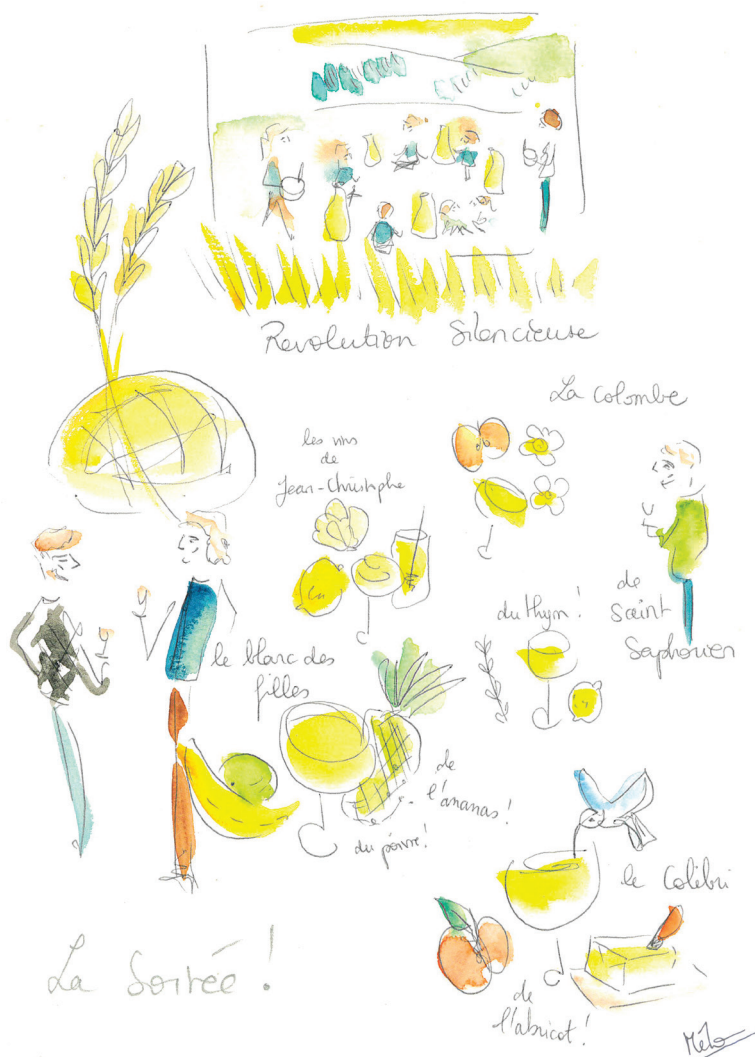


Figure 4a. Compte rendu aquarellé de la conférence « Scientificté et spiritualité dans les agricultures alternatives ».

© Mélanie Roy

LES ESPRITS SCIENTIFIQUES



Figure 4b. Compte rendu aquarellé de la conférence « Scientificité et spiritualité dans les agricultures alternatives ».

© Mélanie Roy



Figure 4c. Compte rendu aquarellé de la conférence « Scientificté et spiritualité dans les agricultures alternatives ».

© Mélanie Roy

Rendre visible le sensible par un engagement artistique et scientifique

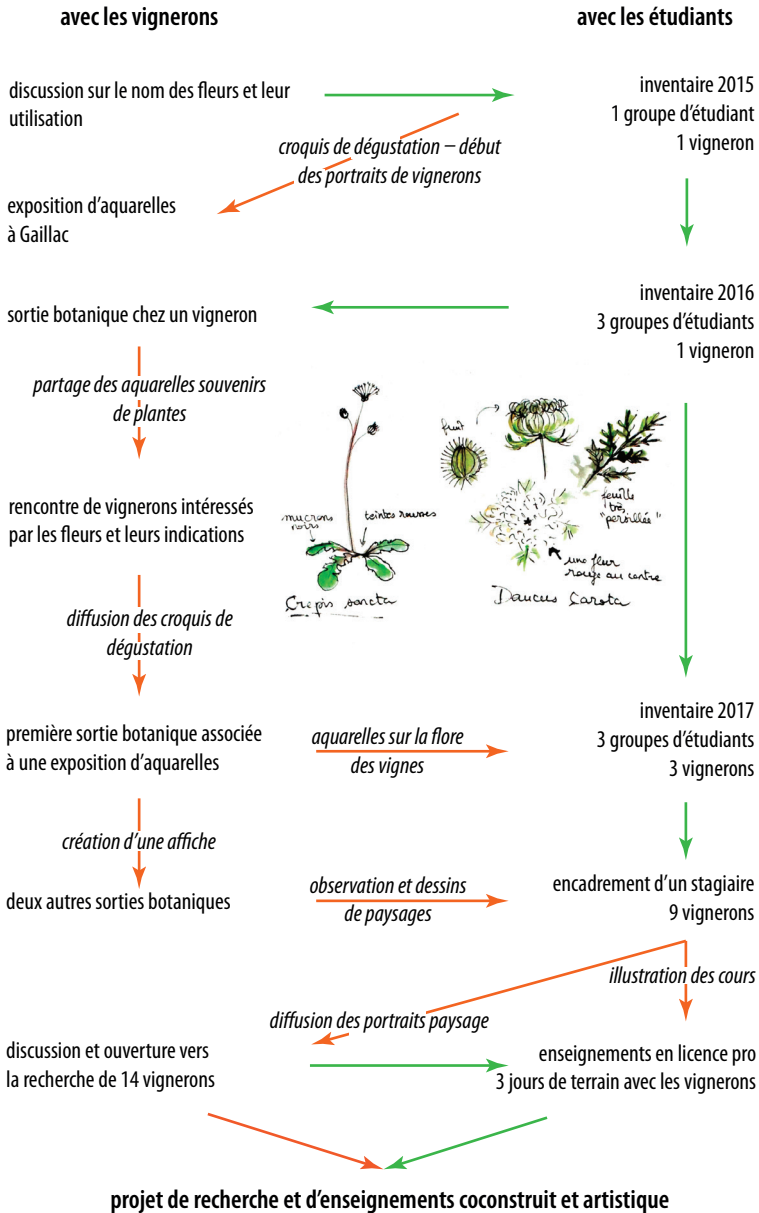


Figure 5. Schéma représentant la place des aquarelles dans les sorties botaniques puis ethnobotaniques, et les interactions avec les vigneronns.

Aquarelles © Mélanie Roy

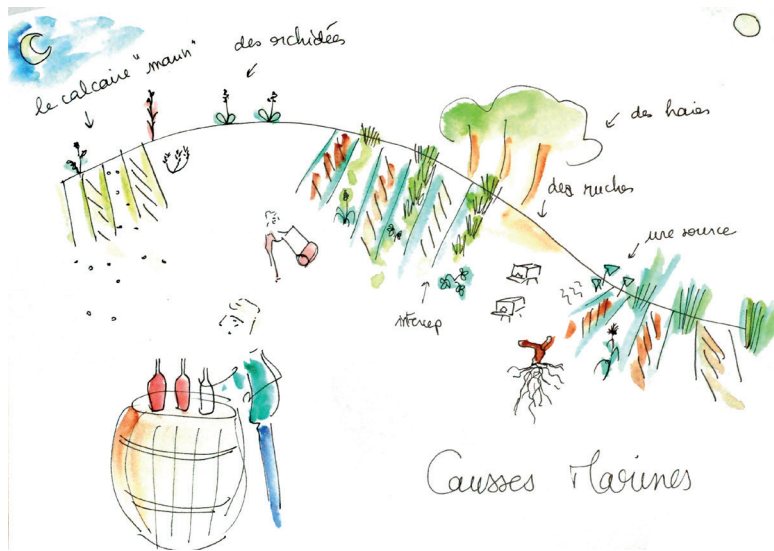
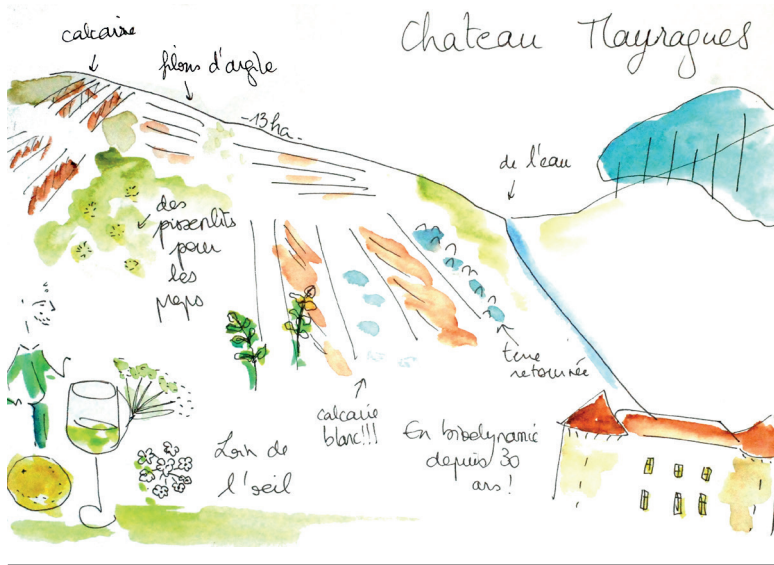


Figure 6. Portraits-paysages d'un vignoble en biodynamie, a : Château de Mayrages et b : Causse Marines (2017).

Les figures 6a et 6b illustrent les différences de pratiques dans un même terroir.

© Mélanie Roy

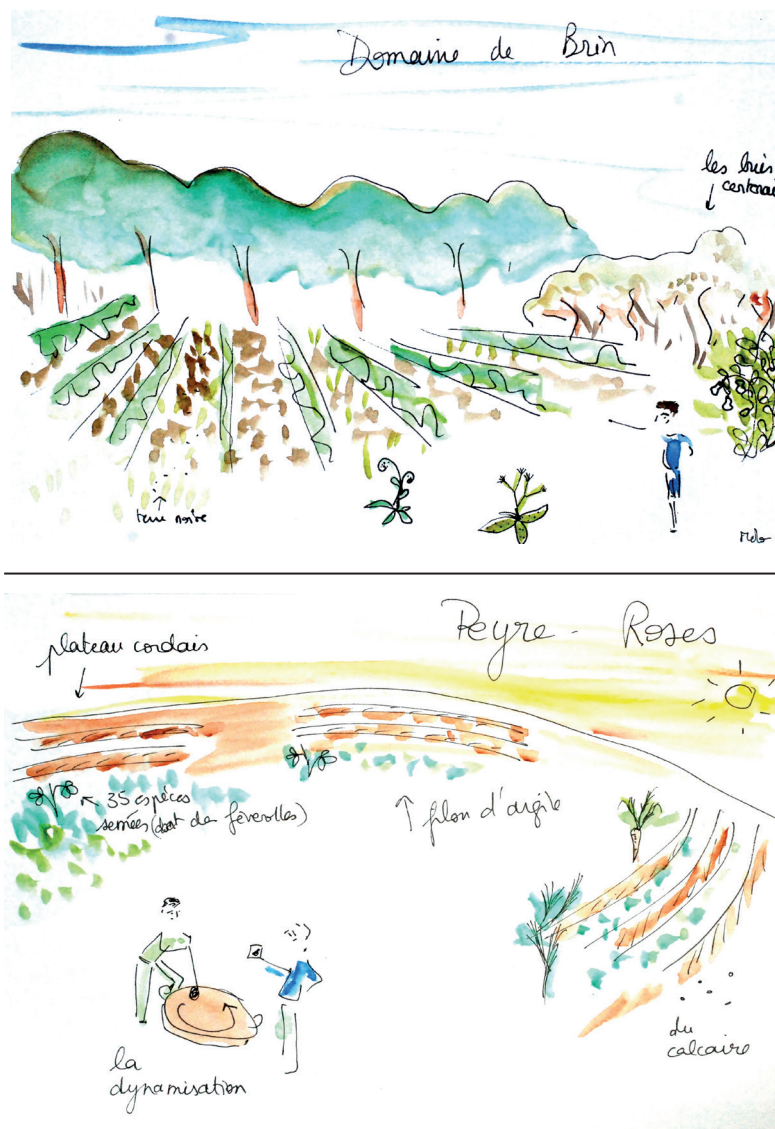


Figure 7. Portraits-paysages d'un vignoble, a : Domaine de Brin et b : Peyre-Roses (2017).

Les figures 7a et 7b illustrent la différence de rapport aux éléments du paysage.

© Mélanie Roy



ORIGINAL ARTICLE

Creating a space for place and multidimensional well-being: lessons learned from localizing the SDGs

Eleanor J. Sterling¹ · Pua‘ala Pascua¹ · Amanda Sigouin¹ · Nadav Gazit¹ · Lisa Mandle² · Erin Betley¹ · John Aini³ · Simon Albert⁴ · Sophie Caillon⁵ · Jennifer E. Caselle⁶ · Samantha H. Cheng¹ · Joachim Claudet^{7,8} · Rachel Dacks⁹ · Emily S. Darling¹⁰ · Chris Filardi^{1,11} · Stacy D. Jupiter¹² · Alexander Mawyer¹³ · Manuel Mejia¹⁴ · Kanoe‘ulalani Morishige⁹ · Winifereti Nainoca¹⁵ · John Parks¹⁶ · Jamie Tanguay¹⁷ · Tamara Ticktin¹⁸ · Ron Vave¹⁹ · Veronica Wase²⁰ · Supin Wongbusarakum^{21,22} · Joe McCarter^{1,12}

Received: 16 November 2019 / Accepted: 11 May 2020 / Published online: 25 May 2020
© The Author(s) 2020

Abstract

Achieving sustainable development globally requires multilevel and interdisciplinary efforts and perspectives. Global goals shape priorities and actions at multiple scales, creating cascading impacts realized at the local level through the direction of financial resources and implementation of programs intended to achieve progress towards these metrics. We explore ways to localize global goals to best support human well-being and environmental health by systematically comparing the UN Sustainable Development Goals (SDGs) with regionally-derived well-being dimensions that encompass components of social–ecological resilience across the Pacific Islands. Our research shows that, in the context of the Pacific, there are overlaps but also significant gaps between regional conceptions of well-being and the globally-derived SDGs. Some dimensions, related to human health and access to infrastructure and finances, are well represented in the SDGs. Other dimensions of high importance when localizing perspectives of well-being, such as those regarding connections between and across people and place and Indigenous and local knowledge, are not. Furthermore, internationally generated indicators may result in trade-offs and measurement challenges in local contexts. Creating space for place-based values in global sustainability planning aligns with international calls for transformational changes needed to achieve global goals. We identify challenges in applying SDG indicators at the local level and provide lessons learned to foster equitable and holistic approaches and outcomes for sustainability.

Keywords 2030 agenda · Place-based · Sustainable development · International development · Indigenous Peoples and local communities · Pacific Islands

Introduction

The 2030 Agenda for Sustainable Development, adopted by the United Nations in 2015, presents a shared vision for a more prosperous, equitable, and environmentally sustainable

world with no one left behind (United Nations 2015). The underlying Sustainable Development Goals (SDGs) are the result of a complex negotiation process (Kamau et al. 2018; Dodds et al. 2016) and encompass 17 broad and conceptually interlinked global goals, each with nested targets and indicators. Although the SDGs are presented as an indivisible whole, in practice there is little guidance regarding trade-offs and synergies between and across the goals (Nilsson et al. 2016; Singh et al. 2018) or across levels of implementation (Jiménez-Aceituno et al. 2019). Implementation that ignores complex interactions within and across social–ecological systems risks increased potential for misdiagnosis and design of interventions with unintended and negative outcomes, including natural resource degradation, perverse incentives, displacement of communities, or loss of food

Handled by Maria Tengo, Stockholms Universitet Stockholm Resilience Centre, Sweden.

Electronic supplementary material The online version of this article (<https://doi.org/10.1007/s11625-020-00822-w>) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Eleanor J. Sterling
sterling@amnh.org

Extended author information available on the last page of the article

security and sovereignty as just a few examples (Agrawal and Redford 2009; Ramalingam 2013; Waldmüller et al. 2019). Researchers further note that the process of prioritizing and translating goals and actions across implementation levels ultimately impacts local communities through the direction of financial resources and on-the-ground impact of development strategies (Ramalingam 2013; Schleicher et al. 2018). The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) reports that efforts to meet the SDGs could produce trade-offs for nature that in turn negatively affect human well-being and the achievement of interlinked goals (Díaz et al. 2019).

Thus, achieving the equitable and effective implementation of the interrelated SDGs will require systems approaches—explicitly considering the structure (elements and interactions), purpose, and emergent behavior of complex adaptive systems (Preiser et al. 2018). These approaches facilitate a better understanding of how: (i) various SDG goals, targets, and indicators interconnect (Nilsson et al. 2016; Costanza et al. 2016); (ii) SDGs are underpinned by biodiversity and ecosystem services or nature’s contributions to people (Díaz et al. 2019); and (iii) SDGs impact human well-being in different contexts.

As implementation of the SDGs progresses, there is an increasing focus on efforts to “localize the SDGs” at regional, national, and subnational levels. Currently, the term “localizing” emphasizes aggregate reporting that contributes to the 2030 Agenda (GTLRG 2016; UCLG 2019). However, ideally localizing should also encompass perspectives, knowledge systems, and agencies that address context-specific priorities and actions (Lucci 2015; Jiménez-Aceituno et al. 2019). The term “context-specific” or, a related term we use here, “context-relevant” can apply to different policy implementation levels and should include cultural, social, political, economic, environmental, and other realities (Nilsson et al. 2018; IGS 2019; Jiménez-Aceituno et al. 2019). Exploring context-specific nuances also resonates with a place-based approach, i.e., one that emphasizes planning and decision-making by groups of people who share cultural and social systems and make resource decisions within a common geography (McCarter et al. 2018). These approaches recognize that culturally grounded perspectives guide actors and activities within and across socially and geographically meaningful scales (Williams et al. 2013; Sterling et al. 2017b) and reveal contributions of place-based mechanisms and processes toward advancing global sustainability goals and transformations (Grenni et al. 2019).

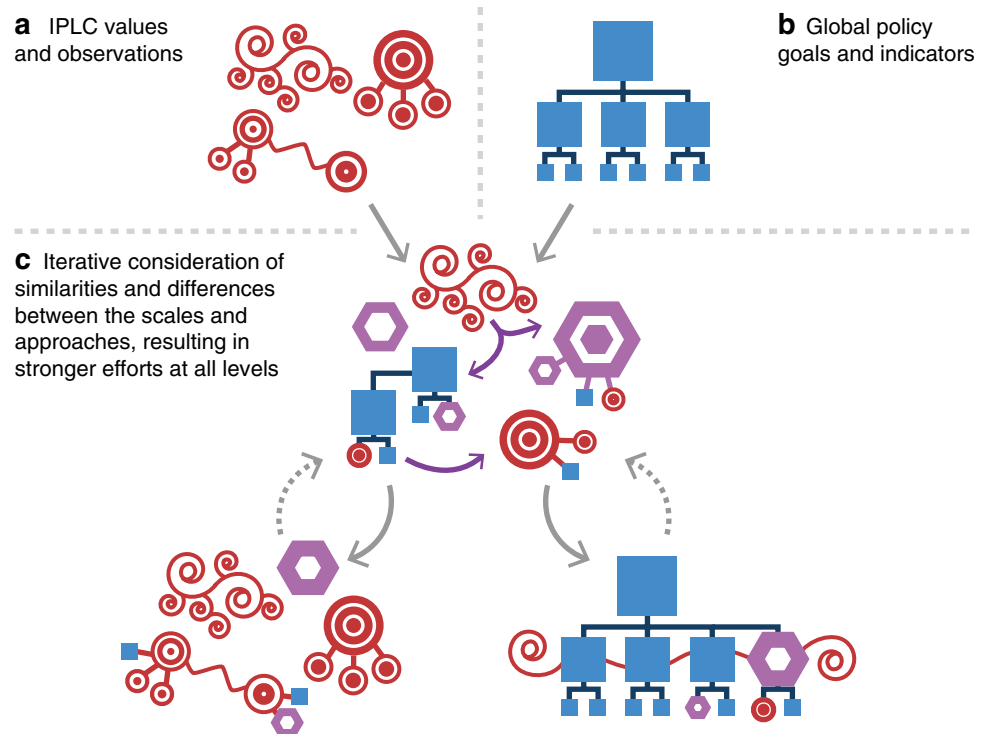
Assessing context-relevant progress towards disparate sustainable development goals depends in part on recognizing the worldviews and perspectives of Indigenous Peoples and local communities (IPLCs), especially given national government commitments to leave no one behind and the United Nations Declaration on the Rights of Indigenous

Peoples (UNPFII 2007). IPLCs manage or have tenure rights over more than a quarter of the world’s land surface and their participation and inclusion in environmental governance enhances not only their rights and self-determination but also environmental conservation and sustainable use (Garrett et al. 2018; Díaz et al. 2019; Yap and Watene 2019). In addition, IPLC values and observations drive action based on lived and experienced knowledges and expertise (Berkes 2018). Many IPLC perspectives are inherently systems oriented because they are based upon and highlight the inseparable interconnections between human and non-human parts of a system (Apgar et al. 2011; Jupiter 2017; Artelle et al. 2018) (Fig. 1a), in contrast to the often hierarchical, circumscribed structures of global policy goals and indicators (Fig. 1b). We argue that iterative consideration of similarities and differences between these levels and approaches could result in stronger efforts to promote well-being and measure sustainability at all levels (Fig. 1c).

The concept of multidimensional well-being can also contribute to a systems-perspective framing of interconnections between human and non-human parts of a system. Several decades of scholarship on well-being show an evolution from a focus on objective measures of material and social attributes of people’s lives toward more complex approaches, including subjective and ecological components, that comprise multiple dimensions of living well (King et al. 2014). This recent multidimensional well-being lens moves beyond single-factor human well-being toward including a more holistic and comprehensive set of economic, political, social, psychological, cultural, and environmental factors (Barrington-Leigh and Escande 2018). Using such a well-being lens can provide insights into the power dynamics among social groups, community decision-making, and the drivers of change (Dawson and Martin 2015), and allows social values and priorities to inform policies and management (Armitage et al. 2012). However, indicators of well-being need to be culturally attuned and are best articulated within the well-defined boundaries of a specific place or context (Sterling et al. 2017a, b), for instance among communities of practice in a particular geographic region who manage communal resources (cf. Dacks et al. 2019), or among cultural groups in one particular island nation (cf. McCarter et al. 2018).

To date, several organizations and initiatives have made significant progress in advancing the measurement of well-being in order to monitor societal progress and sustainable development in ways that are attuned to specific local and cultural contexts. For example, at the community level, Indigenous leaders in Tungurahua, Ecuador developed a governance process based on the norms stemming from “buen vivir” (good life), a well-being philosophy based on the vision that nature, community, and individuals all share the same material and spiritual dimensions (Guardiola and

Fig. 1 Approaches to development of goals and indicators: learning across levels. **a** Indigenous Peoples and local community values and observations that drive action result from lived and experienced knowledges and expertise that emphasize the interconnections between parts of a system (represented by red graphics) **b** Global policy goals and indicators are frequently derived using a consensus process and result in highly hierarchical systems where categorized overarching outcomes can be reached through achieving subgoals and targets (represented by blue boxes) **c** Iterative consideration of similarities and differences between these levels and approaches can result in stronger efforts at all levels (represented by hybrid colors and shapes)



García-Quero 2014). This governance system emphasized, for instance, collective rights over individualism; economic solidarity over economic growth; and sustainable management of resources, education, and health over protecting nature from human intervention (Kaufman and Martin 2014). Another example of the contextual development of indicators is the Vanuatu National Sustainable Development Plan 2016–2030 (also known as Vanuatu 2030: The People’s Plan), which characterizes policy objectives, targets, and indicators in relation to traditional and customary values and priorities including “access to land and natural resources, traditional knowledge and production skills, and community vitality” (Tanguay 2015; DSPPAC 2017 “Vanuatu 2030: The People’s Plan”). Other examples of the contextual development of well-being indicators include organization-specific efforts (i.e., NOAA’s California Current Integrated Ecosystem Assessment (Breslow et al. 2017)) and other national-focused plans (i.e., Bhutan’s Gross National Happiness Index (Meier and Chakrabarti 2016), the Aotearoa New Zealand Well-being Budget (New Zealand Government 2019 “Living Standards Framework”), the United Kingdom National Wellbeing Measures (Office for National Statistics 2018)).

Many of these efforts are focused on a single nation, or include several nations, but mostly address human well-being and not environmental components. Dacks et al. (2019) take a different tack with their explicitly multidimensional approach to conceptions of well-being (including human and environmental factors) undertaken at a regional scale. Dacks et al.’s regional approach both fills an expressed

need for context-specific definitions of development and provides an important potential scaffolding between internationally derived indicators like SDGs and local-scale impacts (Yap and Watene 2019).

In their regional analysis, Dacks et al. built on a conceptualization of resilience being iteratively related to well-being in social–ecological systems (Armitage et al. 2012). Resilience or the ability for systems to adapt or transform in the face of change in order to maintain overall function (Folke 2006) is a complex concept. McCrea et al. (2014) consider community resilience as a process “whereby community resources are mobilised in strategic ways by community agents in adaptive responses to change” (p. 270) and well-being is an end state impacted by the adaptive resilience strategies. In this analysis we focus on well-being as an end state, and acknowledge the importance of resilience and other sociocultural factors in achieving well-being outcomes.

The Pacific Islands region is distinguished by its high biological and cultural diversity, and by historical and contemporary resilience to environmental and social variability (McMillen et al. 2014; Kueffer and Kinney 2017). While specific aspects of well-being can manifest in different ways across the sizable region, Dacks et al. (2019) found commonalities that resonate across Pacific Island communities. They developed a list of regionally-derived factors as an adaptable road map and entry point for place-based communities in order to address the diverse needs and priorities in the Pacific Islands region. The iterative process used to develop the list involved biological and social scientists, community

members, and organizers, all of whom work with communities from across the Pacific Islands on resource management and/or cultural vitality, and is described in detail in Dacks et al. (2019). Collectively, the list encompasses a broad suite of critical components of well-being and social–ecological resilience across the Pacific.

Thus, in order to explore how the SDGs can support context-specific multidimensional well-being, we systematically compare the SDG indicators with Dacks et al.’s list of factors (Dacks et al. 2019; hereafter described as “Well-being Factors” or “Factors”) and resulting groupings of Factors (hereafter “Dimensions”) (Table 1, S1). We address three main questions: (i) what are the overlaps and gaps between the SDG indicators and the Pacific Islands Well-being Dimensions?; (ii) to what extent are the SDG indicators applicable for measuring well-being in the Pacific?, and (iii) based on the above, what are trade-offs or challenges in applying SDG indicators within place-based contexts? Our analysis of overlaps and differences between regional and global levels and approaches can assist decision-makers in navigating the synergies and trade-offs between the SDGs, facilitate localizing the SDGs, and result in better-informed efforts at different levels (Fig. 1).

Materials and methods

SDG indicators

We compiled the 232 SDG indicators from the list finalized by the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators in March 2017 (United Nations Economic and Social Council 2017). Many of these indicators are still under construction so we used the list that was available at the time of our analyses, recognizing the potential for our work to contribute to finalizing indicators. Our analyses examined whether the indicators are relevant and well-aligned with place-based decision-making needs in the Pacific; consequently, we eliminated from our analyses those indicators that are intended to be measured through comparisons at the national level only (e.g., SDG 1.5.3 Number of countries that adopt and implement national disaster risk reduction strategies in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030). The resulting list had 162 SDG indicators (Table S3).

Pacific Island well-being factors






Dacks et al. (2019) identified a list of 89 Well-being Factors and eight overarching Dimensions (including detailed descriptions and place-based examples of each Factor; Fig. 2) that encompass components of social–ecological resilience across the Pacific Islands. The list results from a

series of workshops, syntheses, reviews, and refinement—all conducted across the Pacific Islands region including Fiji, Hawai ‘i, the Marshall Islands, Solomon Islands, and French Polynesia—with cultural practitioners, government and non-government organization representatives, and university students and faculty. The iterative process used to develop the list carefully accounted for subject matter expert representation, consistency with related explorations, and theoretical saturation of responses; the process to develop and refine the list is outlined in full in Dacks et al. (2019).

Coding: cross-referencing SDG indicators and well-being factors

Comparisons of SDG Indicators and Well-Being Factors were undertaken to explore how the SDGs can support context-specific multidimensional well-being. In order to do so, we used a multistage expert elicitation approach with a multidisciplinary team of coders. Twenty-two coders undertook a pilot coding of all indicators and Well-being Factors using custom-tailored excel spreadsheets during a workshop in 2017 (see below for coding team description). We then developed a custom, web-based coding interface and eight coders practiced with the interface to determine ease of use. Subsequently we proceeded in two major stages of coding. First, a group of 15 coders conducted gap analysis coding between the SDG indicators and the Factors. At this stage, every indicator was coded by four individuals. Coders were asked to independently assess whether each indicator in their assigned subset could measure any of the 89 Factors. Coders had the ability to choose multiple Factors for an indicator; similarly, a Factor could be linked with multiple indicators. Coders noted if there were no corresponding Factors for an indicator. Second, coders evaluated indicator applicability, trade-off, and measurement challenges using the Pacific Islands context to determine whether indicators were relevant and well-aligned with place-based decision-making needs in the region. Coders considered if indicators would be applicable to measure the Factors for different contexts, and if there are any potential trade-offs or measurement challenges. If indicators were considered potentially problematic, coders identified the reason(s) using a basic typology of common indicator issues (Table 2); coders were able to select multiple issues or none at all. They provided detailed comments to clarify the ways in which indicators may not be aligned with Well-being Factors. This draft typology of trade-off and measurement challenges was developed, based on the initial coding trials, in working groups between 2015 and 2017; it aligns with the within-SDG interaction scores proposed by Nilsson et al. (2016) ranging from indivisible to consistent to cancelling. Lastly, a team of six coders further coded all 162 indicators to identify indicators with monetary economy-based components or measurement criteria.




Table 1 The eight Pacific Islands Well-being Dimensions, including the number of underlying Factors in each Dimension, an associated icon, and a brief description of each

| Pacific Islands Well-being Dimensions (abbreviations in parentheses) and No. of Factors | Description |
|--|---|
| Sustainability Management <i>19 Factors</i>  | Includes all processes and governance structures involved in extractive and non-extractive resource use, sustainability, and enforcement of rules, norms, and actions collectively involved in management of natural/cultural resources. Management coordinates, balances, and equitably accounts for multiple resource users and uses of a place. This is based on the best available knowledge, which may stem from multiple sources. Sustainability management encourages adaptability, accountability, prosperity, empowerment, and equitable access to resources and benefit sharing. |
| Access to Infrastructure, Civic Services, and Financial Resources (Infrastructure/Finance) <i>15 Factors</i>  | Equitable access to, and use of, infrastructure, civic services, and financial resources is critical to support activities that communities deem important for well-being. This could include the development of livelihood opportunities, microcredit schemes, and other community services. Where communities perceive a need, this may include proximity to roads, public transportation, water supplies, waste management, communication systems (phone networks, internet), access to civic infrastructure (clinics, schools, and government offices) and their corresponding civic services, and access to markets for trade and sustainable tourism. |
| Human Health <i>8 Factors</i>  | Physical, emotional, spiritual, and mental health are critical components of the well-being of individuals, families, and communities and may be reflected in adaptability or resourcefulness in response to change. Knowledge of what supports healthy people exists across multiple dimensions of wellness. |
| Access to Natural and Cultural Resources (Natural/Cultural Resources) <i>7 Factors</i>  | The ability to physically, appropriately, and equitably access a place for non-extractive or extractive sustainable use of natural and cultural resources. Access is sufficient to fulfill values and needs for subsistence, health, cultural, spiritual, aesthetic, emotional, or economic purposes. Recognition can be formalized by policy, law, or through customary practices. |
| Education <i>8 Factors</i>  | Access to knowledge, networks, and qualifications from both formal and informal educational systems includes appropriate and contextualized sources of knowledge, well-trained and supported educators, and clean, safe, and inclusive facilities. This Dimension also includes scientific and technical information that may be useful to communities, including for sustainable resource management, waste management, health, and wellness. Local forms of knowledge described in other categories also play a significant role in this category. |

Coders: A total of 22 individuals (all of whom are co-authors on this paper) participated in coding. This coding team belongs to a variety of academic disciplines and professional backgrounds, including natural sciences (both

terrestrial and marine), social sciences, and community-based natural resource management. Over 20% of coding participants self-identify as Pacific Islander, Native Hawaiian, or other native/Indigenous cultural background of the

Table 1 (continued)

| | |
|--|---|
| <p>Environmental State (Environment)</p> <p>9 Factors</p>  | <p>Includes the ecological, biological, physical, chemical, and human components of the environment and their interrelationships, functionalities, and resilience to change.</p> |
| <p>Connectedness to People and Place (People & Place)</p> <p>15 Factors</p>  | <p>Connectedness to place has a strong bearing on cultural identity, rootedness and belonging, sense of responsibility and stewardship, social engagement, and natural resource management. Connectedness to place encompasses historical, physical, emotional, and spiritual bonds between people and their local environment. It is often informed and driven by knowledge of events and history, and experiences of survival and thriving in place. Connection to people includes relationships based on material (e.g., food, resources, land) or immaterial (e.g., trust, labor, knowledge, time, kinship, social alliances) circulation among individuals and within and across households and communities.</p> |
| <p>Indigenous and Local Knowledge, Skills, Practice, Values, and Worldviews (Indigenous and Local Knowledge)</p> <p>8 Factors</p>  | <p>Indigenous and local knowledge, skills, practices, values, and worldviews are dynamic, adaptive, and transmitted across and between generations. They are embedded within a worldview and ethos, and often include spiritual connections to place, including to specific species, landscapes, and ancestors.</p> |

A complete list of Factors can be found in Table S1 and in Dacks et al. (2019)

Pacific Islands region. Collectively the coding team possesses considerable professional and lived experience spanning diverse areas of the Pacific. Coders were assigned indicators that align to their expertise wherever possible and were encouraged to opt out of coding a particular indicator if they felt it to be outside their expertise, in which case the indicator was reassigned to another coder.

Analyses

To assess our question on what are the overlaps and gaps between the SDG indicators and the Pacific Islands Well-being Dimensions, we only included links that were noted by two or more of a total of four coders. As previously mentioned, a unique characteristic of the coding team was that all have key experience in one or more Pacific Islands and collectively they represent highly diverse academic disciplines and professional backgrounds. These diverse perspectives were valuable in providing an interdisciplinary and holistic frame of reference for our analyses. It also means that it would be unrealistic to expect unanimous consensus across replicates. This agreement between a minimum of two allowed for inclusion of plausible connections without

being too restrictive. We extracted basic descriptive statistics from the resulting database. After determining that the indicator linkages were unevenly distributed across Dimensions, we took a more granular look to understand which specific Factors were and were not well-represented by the SDG indicators (Table S2; Fig. S3). Table S2 provides a full list of specific Factors with a high number of linkages to the SDG indicators, and those with no linkages.

To assess our questions, to what extent are the SDG indicators applicable for measuring well-being in the Pacific, and what are trade-offs or challenges in applying SDG indicators within place-based contexts, we used methods in qualitative data analysis including inductive as well as deductive content analysis (Elo et al. 2014). When coders disagreed on categorization, we met to discuss the discrepancies and came to consensus decisions. We ensured that the coding results were discussed amongst at least four people and undertook member checks (where manuscript authors reviewed the results and analyses at multiple stages) to validate the qualitative data and analysis (Merriam 2009). We extracted all coder assessments and conducted a qualitative three-stage analysis. In the first stage, three coders used inductive logic (Charmaz and

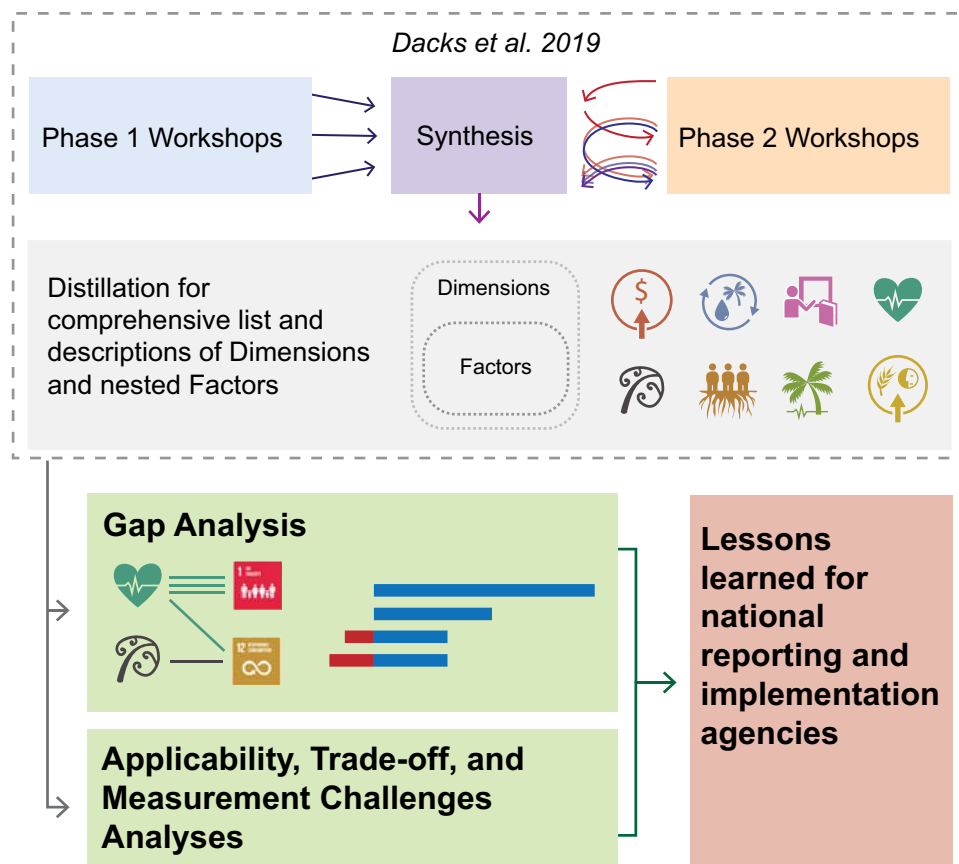


Fig. 2 Iterative process used to develop dimensions and nested factors, and subsequent analyses. As noted in Dacks et al. (2019), during Phase 1 workshops across multiple locations, a team identified and conceptually grouped characteristics of well-being and resilience in Pacific Island communities, including people and biodiversity. Through an iterative process the team synthesized the results and brought versions of the synthesis to Phase 2 workshops to generate additional characteristics and to review organization of groupings. A subset of the team then distilled the results into a comprehensive

list with descriptions of the Dimensions and nested Factors. This was all published in Dacks et al. 2019 (box with dotted lines). The current paper compares the Dacks et al. list with 162 SDG indicators (Table S3) to undertake a suite of analyses: gaps between SDG indicators and Pacific Well-being factors; and applicability, trade-off, and measurement challenges analyses of linked indicators and factors. These resulted in lessons learned for SDG national reporting and implementation agencies

Belgrave 2007) to review the assessments, test against the draft typology, and identify patterns within categories. In the second stage a team of four coders reviewed every assessment against the categories, detailing assessment comments where category descriptions were not sufficient and recommending greater detail. This resulted in rich descriptions of the trade-offs and measurement challenges between the international metrics and the Well-being Factors. In the third stage, four individuals conducted a detailed scan and meta-synthesis (Finfgeld 2003) of the second-stage assessment comments to extract examples to illustrate the categories, including comments that noted the emphasis on monetary economy-based aspects (i.e., monetary transactions for goods and services). We also undertook an additional analysis to assess the extent to which indicators rely on “monetary economy-based” metrics to denote success.

Results

Gap analysis

We coded linkages between SDG indicators and Well-being Factors (meaning the SDG indicator might be an effective and accurate measure for that Factor) and identified 447 linkages that were made by at least two individual coders. The greatest number of linkages to the SDGs were from Factors within two Dimensions: *Human Health* ($n = 140$) and *Access to Infrastructure, Civic Services, and Financial Resources (Infrastructure/Finance)* ($n = 126$) (Fig. 3, S1). Within *Human Health*, the Factors with the greatest number of linkages related to physical health ($n = 47$) and individual and/or collective security and safety ($n = 26$). For *Infrastructure/Finance*, the Factors with the highest number of linkages were related to access to and use of health

Table 2 Trade-off or measurement challenge categories and descriptions, including the number of indicators classified under each category; this reflects responses for the 160 indicators (out of 162 analyzed) considered to have trade-off or measurement challenges

| Trade-off or measurement challenge | Description of trade-off or measurement challenge | No. of indicators |
|------------------------------------|--|-------------------|
| Focus/bias | The indicator may focus on one value system at the expense of locally-important criteria, or exhibit bias towards one system, strategy, priority, or agenda to the exclusion of others. This could include, for instance, lack of recognition of different management, governance, education, or health systems and strategies | 120 |
| Feasibility | Globally relevant indicators may not be feasible to measure at the local level, due to lack of supporting personnel, technical skills, and/or opportunities for capacity development. There may also be challenges with data collection/analysis methods, such as social norms that preclude accurate responses to queries | 90 |
| Links to target | The indicator may not be sufficient to address progress towards the target and may not adequately account for additional components. The indicator may also have poor or weak links to the intended target | 79 |
| Scale | The indicator is set at a scale or unit of measurement that may be meaningful at the national or global level, but is not so at the local level, making it challenging to accurately or appropriately ascertain local progress | 67 |
| Disaggregation | The indicator itself may be appropriate at the local level, but the suggested element measured does not adequately convey locally-important characteristics | 67 |
| Social harm trade-off | The indicator may be inappropriate to local contexts and measuring this indicator has the potential to cause social or cultural harm | 83 |
| Environmental harm trade-off | The indicator may not adequately account for negative environmental externalities and making decisions based mainly on this indicator has the potential to cause environmental harm | 24 |

Note: A single indicator can be listed under multiple categories

infrastructure and services ($n=25$) and equitable access to and use of financial resources and services in vulnerable populations ($n=18$) (for further detail see Table S2). Only a handful of SDG indicators were associated with the Dimensions *Connectedness to People and Place (People & Place)* ($n=3$) and *Indigenous and Local Knowledge, Skills, Practice, Values, and Worldviews (Indigenous and Local Knowledge)* ($n=2$). The greatest number of linkages were found with those SDG indicators within SDG 3—Good Health and Well-being ($n=101$) (Fig. S2).

To understand how effectively each Dimension was represented by the SDGs, we calculated the percentage of Factors in each Dimension that were linked to at least one indicator (Fig. 4). Of the 89 Factors scored (Table S1), 62 (70%) have linkages with at least one SDG indicator. All individual Factors within three Dimensions, *Sustainability Management*, *Infrastructure/Finance*, and *Human Health* were linked to at least one SDG indicator, as shown in Fig. 4. Only 20% of the Well-being Factors in the Dimension *People & Place* and 25% of the *Indigenous and Local Knowledge* Factors were linked with an SDG indicator.

Through the coding activity and subsequent small working group discussions, we identified concepts present in the SDG indicators that had strong bearing on well-being but were not clearly articulated in the regionally-derived Factors. These topics were woven into an updated iteration of the Well-being Factors (Table S1, new additions in bold)

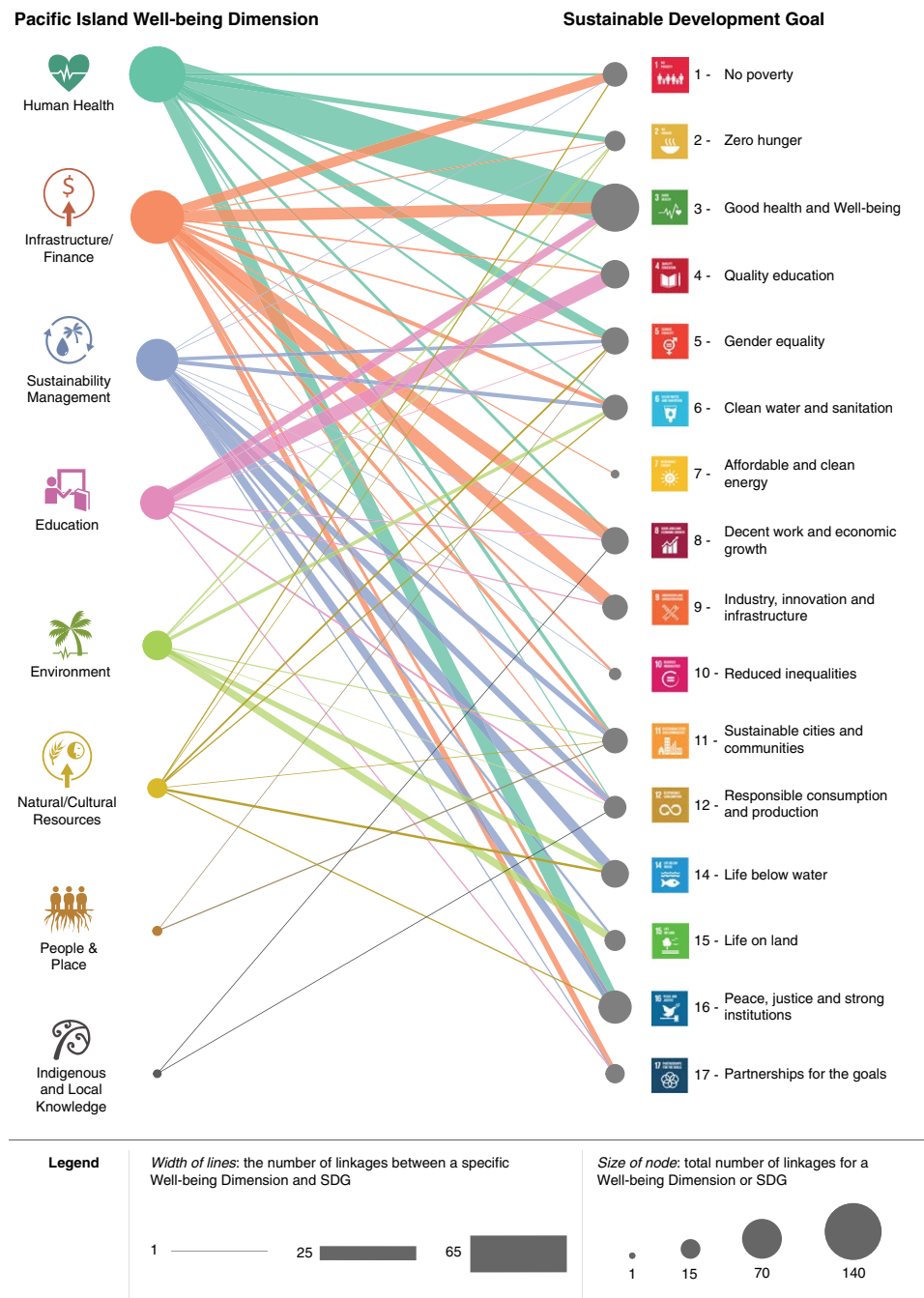
through the creation of four new Factors (e.g., Access to and use of education-related infrastructure and services), strengthening of existing Factors (e.g., expanding the Factor on individual or collective security to focus on social and economic risks in addition to environmental risk), and in revisions to the framing and language used. An updated iteration of the Factors were presented, individually as well as during workshops, back to Pacific Islanders who previously provided contributions to the list, particularly targeting regional-level decision-makers for feedback.

Applicability, trade-off, and indicator measurement challenges analyses

We deemed 160 SDG indicators, or 99% of the 162 indicators analyzed (see Materials and Methods, Table S3), to have context-specific trade-off and applicability issues in some way, encapsulated in 913 coder assessment comments in total from across the coders. We summarized the comments into seven categories that describe the nature of trade-offs and measurement challenges (Table 2).

Perceived practical challenges to indicator measurement encompassed issues, such as ‘Disaggregation’, ‘Feasibility’, ‘Links to Target’, and ‘Scale’. For instance, in terms of ‘Disaggregation’, SDG indicator 14.5.1: “protected area in relation to marine areas” could become more applicable with greater specificity in detail on governance type or

Fig. 3 Gap analysis of the number of linkages (selected by two or more coders) between Well-being Dimensions and the SDGs, encompassing each linkage made between an underlying Well-being Factor and an SDG indicator. The corresponding circle size and line width are proportional to the number of linkages; larger circles and thicker lines represent Dimensions or SDGs with a greater number of linkages. Of note, due to the removal of redundant and national level indicators, we did not include any indicators under SDG 13: Climate Action

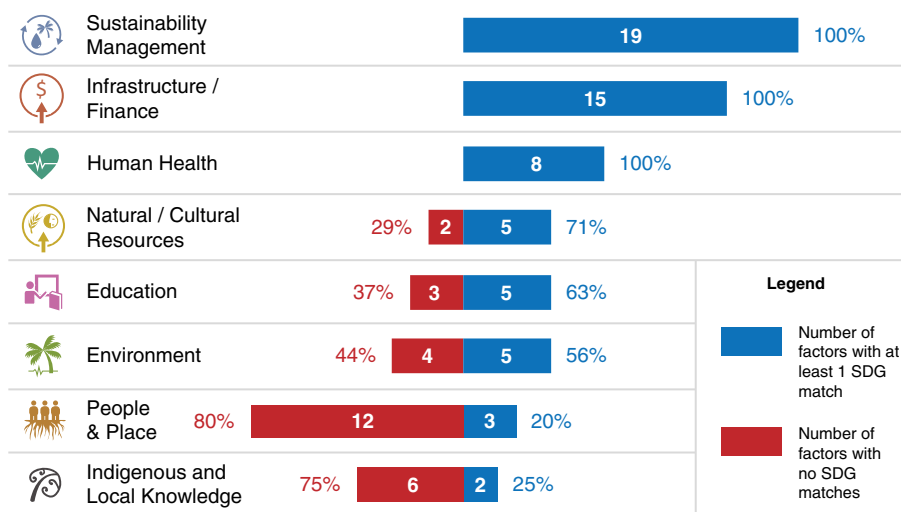


spatial measures. Details could include the proportion of protected area covered by customary marine tenure, which is not traditionally counted under “protected areas” but is increasingly being considered via categories such as Other Effective Area-Based Conservation Measures promulgated by the International Union for Conservation of Nature. Further, the spatial extent itself is arbitrary if it does not account for ecological characteristics, such as habitat type (e.g., sand flat, seagrass, mangrove, reef, etc.) and the life histories of species that may inhabit the protected area (Visconti et al. 2019). Several SDG indicators pose potential ‘Feasibility’

issues, which can arise from lack of technical capacity and/or insufficient methodologies to meaningfully and accurately collect data. For example, different localities may have limited technical ability and resources to comprehensively track financial flows, and flows of goods and services (e.g., indicators 16.4.1, 16.4.2), which can result in large data gaps.

In ‘Links to Target’ challenges, an existing indicator might measure one link to a target and overlook other important aspects of the target. For instance, SDG indicator 15.c.1 on the proportion of traded wildlife that was poached or illicitly trafficked is currently the only available indicator

Fig. 4 Analysis of Well-being Dimensions and linkages between the underlying Factors and at least one SDG indicator. Bar length represents the total number of Pacific Island Well-being Factors in each Dimension; percentages represent proportion of Factors within each Dimension that have at least one SDG linkage (blue) or no SDG linkages (red)



for SDG target 15.c, which aims to enhance global support to combat poaching, including through increased capacity of local communities to pursue sustainable livelihood opportunities. Regarding ‘Scale’ challenges, as one example, SDG indicator 2.5.1 measures the number of genetic resources for food and agriculture saved in medium-term or long-term conservation facilities. These facilities tend to be ex situ and are often difficult for communities to access when needed. This could impede food security at the local level if local conservation facilities, such as community seed banks, do not receive attention.

In the ‘Focus/Bias’ category, coders characterized the greatest number of indicators as exhibiting cultural biases towards a particular knowledge system to the exclusion of other ways of knowing. In the ‘Social Harm Trade-off’ category, these biases translated into the potential for unfavorable and unintended consequences of, for instance, overlooking social–cultural values and norms surrounding concepts such as poverty, food security, or livelihoods. The Focus/Bias and Social Harm Trade-off categories were often interrelated; for example, coders identified a Focus/Bias towards formal employment, which could promote the uptake of low-wage employment at the expense of traditional subsistence livelihoods (Social Harm Trade-off). In addition, SDG indicator 8.3.1 measures the proportion of informal employment in non-agriculture sectors with the intent to identify informal labor markets that take advantage of marginalized individuals where legal and social protection is limited. However, intent does not always equal impact—the idea that work within the informal economy is inherently problematic could lead to degradation of subsistence labor (ILO 2018). In the ‘Environmental Harm Trade-off’ category, coder assessments identified indicators that could encourage environmental degradation. For instance, SDG indicator 9.2.1 (concerning manufacturing value as a proportion of GDP) could promote non-environmentally friendly

manufacturing practices and encourage unsustainable use of natural resources over their conservation or availability for IPLC livelihoods.

Across all categories of challenges, many coders identified trade-offs and measurement challenges with indicators that emphasize monetary transactions for goods and services. Out of 162 indicators, 25 (15%) included components focusing on or directly relating to the monetary economy. Coder assessments encompassing monetary transactions fell into one or both of two groupings: failure to convey the full breadth of well-being and diversity of local perspectives, and failure to encompass the nature and quality of economic growth. In the first grouping, indicators related to monetary compensation (e.g., indicator 8.5.1 regarding hourly earnings of employees) may overlook other aspects of an individual’s livelihood that may be key in place-based and subsistence communities. In the second grouping, failure to encompass the nature and quality of economic growth, coders found that a focus on measuring changes in monetary economy-based indicators fails to consider other important factors, such as potential negative social or cultural impacts related to growth. For instance, coder assessments regarding indicator 8.4.2 (related to domestic material consumption) pointed out that this indicator encourages material consumption growth, which could lead to greater use of natural resources. It does not measure other factors, such as the sustainability of such growth, including its environmental impact and potential for social harm, especially within place-based communities. Coders also raised the point that focusing on expenditures for activities intended to promote sustainable development overlooks the potential negative impacts of these activities—more funds being spent does not necessarily imply success or beneficial impacts. For example, coder assessments regarding indicator 17.17.1 (concerning the amount of dollars committed to public–private and civil society partnerships) does not lend any insight into

the effectiveness or equity of these partnerships. Monetary indicators are relatively easily measured, but may not be meaningful on their own.

Overall, coder assessments underscored that very few indicators, or sets of indicators under a target, adequately addressed the potential for trade-offs or other feedbacks between goals. The assessments also noted that some indicators could better reflect trade-offs with minor modifications, such as greater disaggregation, whereas others might be best addressed through significantly revised or new indicators. Coders highlighted existing language that could be applied more often to address these problems, such as SDG indicator 1.2.2: Proportion of men, women and children of all ages living in poverty in all its dimensions *according to national definitions (emphasis added)*.

Discussion

Meeting the interconnected SDGs at a global level, while also supporting context-specific sustainable development across levels, entails a careful framing of what transformative development and success look like (Díaz et al. 2019). Our research shows that, in the context of the Pacific, there are overlaps but also significant gaps between regional conceptions of well-being and the globally-derived SDGs. Furthermore, internationally generated indicators may result in trade-offs and measurement challenges at other levels. While the SDGs themselves result from extensive negotiations and represent fixed global commitments, the implementation of the global sustainability agenda hinges on regional, national, and local sustainable development policies, plans, and programs. Localizing the SDGs requires systems-oriented approaches encompassing both human and ecological dimensions—underscoring the need for measures of multidimensional well-being. Building on a multidimensional well-being focus, efforts to localize the SDGs should consider ways diverse values and perspectives on well-being ultimately drive action (cf. Gasper 2010) as well as the ways generation-oriented planning timelines, such as those of IPLCs, may ultimately impact goals and actions (cf. Yap and Watene 2019). National-level reporting agencies (such as National Statistics Offices) and sub-national actors (e.g., local and provincial governments, municipalities, associations and networks: GTLRG 2016) are in a unique position to set national priorities, programs, targets, and associated indicators relevant to people of that nation's varied viewpoints, aspirations, and environmental and cultural settings (Nilsson et al. 2016). Thus, in addition to aggregating existing information across scales, reporting organizations can create a space for place by describing and monitoring progress toward goals and targets in ways attuned to place-based contexts. Ideally, as multiple nations

report on context-relevant factors and dimensions that are not currently present in global metrics systems, additional consideration could be given to common themes that arise across these factors and dimensions.

Assessing the overlaps and gaps

Cross-referencing the Pacific Island Well-being Factors with SDG indicators yielded important insights regarding overlaps and gaps between regional and global levels. Our analysis shows that some Well-being Dimensions are very well-represented in global metrics: all individual Factors within three Dimensions, *Sustainability Management*, *Infrastructure/Finance*, and *Human Health*, were linked to at least one SDG indicator.

However, other Dimensions of well-being important in the Pacific, including *People & Place* and *Indigenous & Local Knowledge*, are under-represented or are only obliquely referenced in the SDG indicators. These findings resonate with gaps revealed in other social–ecological explorations (McKinnon et al. 2016; Dacks et al. 2019), and represent problematic omissions for the SDGs. These findings also coincide with calls for stronger representations of culture and community across the SDGs (Poole 2018). The *People & Place* Dimension encompasses important reciprocal relationships humans maintain with one another and with the environment (McGregor 2007; Kimmerer 2011; Díaz et al. 2019). There is growing evidence that the connections between and across people and place are critical to support and sustain the well-being of both human and natural systems (Chan et al. 2016; Masterson et al. 2017; Dacks et al. 2019). While these relationships exist all around the world (just to list a few examples, see Murray 2014 for Scottish Highlands and Wynne-Jones et al. 2018 for Welsh examples of experiential knowledge of and interconnections between people and place), they are especially well-documented among Indigenous Peoples and local communities (Whyte et al. 2016). The latter research spans disciplines and geographies, including via ecology-centered explorations of human and non-human relationships among Heiltsuk and Herring in coastal British Columbia (Gauvreau et al. 2017) and among Dene, Métis, and Caribou in the Northwest Territories of Canada (Polfus et al. 2016). The research also encompasses planning and policy-centered work on relationships in Aotearoa New Zealand among the Whanganui tribe and Whanganui river (Magallanes 2015), in Japan among rural communities and *satoyama* and *satoumi* social–ecological production land and seascapes (Takeuchi 2012; Duraiappah et al. 2012), and in Australia, Brazil, and Canada among Indigenous Peoples, their territories, and species listed as threatened under the IUCN Red List (Schuster et al. 2019).

Connections and networks within communities can facilitate knowledge transfer and learning as well as exchange of

resources, particularly in times of need, and their composition can have an outsized impact on support, self-organization, and resilience in the face of challenges (Ramalingam 2013; Dacks et al. 2018). For instance, *varivagana* is an important cultural concept in Simbo, Solomon Islands, centered on generosity and reciprocal obligations across social networks (Lauer et al. 2013); in Hawai‘i *laulima* emphasizes collective action supported by strong social networks (McGregor 2007). A growing number of international efforts aim to articulate and evaluate these types of connections, such as the Organization for Economic Co-operation and Development’s Better Life Initiative metrics on support networks (OECD 2017). These could serve as models for reporting on these critical connections in context-relevant ways.

In many places around the world, connections between people cannot be discussed in the absence of connections to place (Cuerrier et al. 2015). Moreover, in many IPLC groups across the Pacific and around the world there is no distinction between human and non-human elements of an ecosystem (Dacks et al. 2019)—reciprocal relationships across human and non-human elements of an ecosystem are reflected in cosmologies, place names, sayings, songs, and ceremonies (Liljeblad and Verschuuren 2018). In developing the Pacific Well-being Factors (Dacks et al. 2019), community visioning workshop participants emphasized that relationships between people and their related connections to a place are fundamental to healthy communities. These relationships dictate behavior grounded in deep reverence and respect (Artelle et al. 2018; Yap and Watene 2019). For instance, the Fijian term *vanua* (lit. land) encompasses the interconnectedness of all living things (including people) and their surrounding environment as well as the associated knowledge, practices, and skills that maintain those interactions (Nainoca 2011), a concept mirrored throughout the Pacific (e.g., *fanua* in Samoan, *whenua* in Māori; Huffer and Rakuita 2008). For the Māori of Aotearoa New Zealand, *whenua* is also the term for placenta, creating parallel relationships between mother and child and people and land (Timoti et al. 2017). The conceptualizations of these familial relationships, shared origins, and interdependent futures can provide important context for strong opposition to environmental or development actions, plans, or policies that are perceived to result in adverse impacts to non-human relatives or to lands viewed as maternal entities (Yap and Watene 2019). While there are noteworthy efforts to acknowledge connections between and across people and place in environmental policy and management (cf. Liljeblad and Verschuuren 2018), when reciprocal and familial relationships are omitted from decision-making, tensions can flare. As an example, Mauna Kea (or Mauna a Wākea) is the highest summit of the Hawaiian Islands and is of high cultural significance—described in one Native Hawaiian

cosmology as a sacred mountain birthed from the union of Wākea (Sky Father) and Papaowalinu‘u (Earth Mother). Yet, the current governance structure for Mauna Kea is highly criticized for neglecting this cultural importance in land use and land planning decisions. For example, in 2019 heightened public discourse surrounding environmental and development actions on Mauna Kea stalled a billion dollar, international project amidst significant concerns surrounding scientific research ethics and the importance of free, prior, and informed consent from Indigenous Peoples and local communities (c.f. Alegado 2019, Huth 2019).

Reciprocal relationships between humans and the environment are often paired with corresponding social and cultural norms, codes of conduct, and responsibilities, which manifest in different ways based on the social–cultural setting. For example, some IPLCs view marine mammals as living relatives and foundational sources of cultural identity; therefore, human interactions with those species (including harvest when appropriate) are guided by strict cultural guidelines and protocols that limit not only ecological, but also spiritual impacts on the non-human kin (Borré 1991). Ecosystem health and community generosity are also linked through details such as the quality and quantity of specific resources being exchanged, and characteristics like where, when, and how resources are grown or harvested (Lindstrom 2004; Yap and Watene 2019). When considering long-term relationships across people and place, maintaining social exchange networks requires maintaining relationships with the resources themselves (Artelle et al. 2018).

The value systems associated with “alternative” economies, such as those that draw heavily on subsistence and other place-based practices, often inform cultural norms oriented around long-term sustainable interactions between humans and their environment (Kimmerer 2011). There is also an emerging literature on the concept of “solastalgia”—the sense of loss when people’s connection to place is disrupted because of changes to that place that can lead to grief, anguish, and ill-health (Connor et al. 2004; Albrecht 2007). Synthesis of these important values into global goals and policies and the full and effective participation of IPLCs in environmental governance is crucial to sustaining well-being in place-based communities and broader society (Díaz et al. 2019), particularly those communities facing relocation in the face of climate change.

The *Indigenous and Local Knowledge* Dimension concerns the processes by which IPLCs develop, refine, and transmit knowledge. Traditional occupations based on Indigenous and local knowledge (ILK), such as subsistence fishing and farming, relate directly to food security and sovereignty and are also crucial for social cohesion, the perpetuation of place-based practices and the maintenance of knowledge, values, and cultural protocols associated with those practices (Pascua et al. 2017). ILK also provides the

situational context for IPLC perspectives on resource health, abundance, and relationships between living and non-living elements of an ecosystem (Dacks et al. 2019). However, the development, refinement, and subsequent transmission of ILK is impacted by a number of factors, including government policy. For example, some governments have legislation prohibiting specific wildlife harvest practices (e.g., subsistence hunting and fishing), even when sustainably practiced by Indigenous Peoples on Indigenous territories (cf. Lyver et al. 2018). An absence of ILK consideration in resource management planning can result in cascading negative impacts on communities involved in environmental management (Berkes 2018; Lyver et al. 2018; Dacks et al. 2019), which underscores their significance in sustainability planning and interventions.

Our comparison between the SDGs and Pacific Well-being Factors also uncovered gaps in the latter, specifically related to labor rights, education-related infrastructure, corruption, and harassment (Table S1, new additions in bold). While gender and other forms of social equity are considered to be cross-cutting issues and feature in several Well-being Factors, gender equity does not have separate Dimensions or Factors because of its broadly applicable relevance (Gupta and Vegelin 2016). In practice this made it difficult to undertake the gap analysis with specific SDG gender–equity indicators, and underscores the challenges in grappling with cross-cutting concepts that can be unintentionally omitted.

Gauging applicability, trade-offs, and measurement challenges of localizing globally developed indicators

Our analyses revealed not just gaps in connections between the regional Well-being Factors and SDG indicators; we also found that 99% of assessed indicators presented potential trade-offs or measurement challenges that could be problematic in some way for use in the Pacific Islands. The implementation process established for the SDGs anticipates this outcome, which is why countries have the freedom to develop tailored reporting tools for their Voluntary National Reporting that are built on indicators that are most relevant to their situations (Nilsson et al. 2016; Global Task Force 2016; UN HLPF 2017). We identified measurement challenges that range from relatively minor issues (e.g., concerns about interpretation) to more fundamental issues, including troubling trade-offs. With the former, small changes to some indicators (e.g., providing greater disaggregation information on governance type) might result in increased relevance at the regional to regional to local level. However, significant trade-offs arise when there are differing values across levels.

Many indicators are based on social norms that may not be applicable in all cultural contexts, and good intentions about navigating tensions between policy priorities, power

structures, and principles of equity can actually lead to trade-offs within a system that result in social harm (Fisher and Fukuda-Parr 2019; Kulonen et al. 2019). For example, existing SDG education indicators emphasize formal schooling at the expense of informal learning opportunities (Béné et al. 2016). The latter includes situations in which children learn from helping their parents with work, where they can gain local knowledge to enhance productivity, adaptation, and resilience over the long term (e.g., McCarter and Gavin 2014). Similarly, we note that prioritizing formal employment in order to improve social and legal protections for workers creates a trade-off for subsistence-oriented traditional occupations. This can perpetuate the systematic disenfranchisement and further marginalization of IPLCs and the ILK systems that underpin aspects of resilience, particularly in rural areas. As an alternative, the International Labour Organization recognizes traditional occupations, such as subsistence farming and fishing, within the scope of “productive employment” and “decent work” (ILO 2018).

Furthermore, we found that some indicators could drive activities that harm rights and access for IPLCs. For instance, several SDG indicators imply that central and national governments should safeguard natural or cultural heritage, when in many regions such maintenance is more likely to be supported at the community level (e.g., Melanesia; McCarter and Gavin 2014). Instead, natural and cultural heritage sites should not only encompass areas of particular importance held by national governments, but also include those held by IPLCs (Liljeblad and Verschuuren 2018), which is consistent with UN development guidelines involving sacred sites, lands, and waters (SCBD 2004).

Similarly, some indicators (e.g., ownership or secure rights of land as outlined in SDG 1.4.2, relying on legally recognized documentation to land) are based on privatization and individual land rights, ideas that may clash with culturally-mediated relationships to and interactions with place (Carothers 2015). Legally recognized documentation is not standard for land tenure systems in all communities and there may be other ways to articulate that communities “perceive their rights to land as secure”. Resource privatization (for example, with the introduction of individual fishing quotas in Kodiak Alaska as described in Carothers 2015), can have divisive, negative impacts on the cultural norms, values, and lifestyles that contribute to maintaining reciprocal relationships and well-being across people and place. Moreover, in many Indigenous communities around the world the term “rights” is often paired with the term “responsibilities” (Kimmerer 2011; Vaughan and Vitousek 2013; Artelle et al. 2018). Placing emphasis on property or access rights without reference to responsibility could break down existing stewardship structures, for example collective or communal resource management systems (Filer 2017; Berkes 2018). Adaptive understandings of access and

ownership will be increasingly important as communities around the world begin to experience the impacts of global climate change (e.g., those losing their ancestral lands to sea-level rise).

Our analysis also indicated that SDG indicators tend to center on the monetary economy, which may fail to align with local norms and values and reflects a lack of a systems approach and consideration for multidimensional well-being. Our observations regarding the monetary economy focus seem to coincide with biases observed by other researchers; for example in a review of well-being assessments, McKinnon et al. (2016) identified a bias toward using economic constructs as the primary assessment tool. An overemphasis on the monetary economy can cause social or cultural harm by devaluing other important forms of reciprocity-oriented social norms (Giannetti 2015; Artelle et al. 2018). One such imperiled value encompasses the knowledge and practice of growing and sharing food within and across communities, which ultimately impacts food security and sovereignty (Nanau 2011; Vaughan et al. 2017).

Economic assumptions, such as individual maximization, are often at odds with Indigenous and local perspectives on collective well-being and with long-standing community practices in which the non-monetary benefits of reciprocal human and environmental interactions may outweigh financial incentives or returns (Winthrop 2014). Economic models that commodify natural resources and prioritize optimization and utility can lead to unsustainable resource use, which, in turn, can result in both environmental and social harm (Costanza et al. 2014a, b; Gupta and Vegelin 2016). This may also lead to policies, regulations, and management actions that prioritize individualistic pursuits of benefits (i.e., individual wealth). Individual benefits that accrue at the expense of social norms, community cohesion, and community trust, can drive political and social instability (Vaughan et al. 2017). In addition, prioritizing ecosystem services that are the most easily assessed using monetary valuation techniques can diminish the importance of other values of nature, for example relational, intrinsic, cultural heritage, and subsistence values (Tanguay 2015; Pascua et al. 2017; Ban et al. 2019). Indicators that run counter to social norms potentially limit the ability to collect accurate data, and may also have long term impacts on communities such as “deficit thinking” in response to vulnerability frameworks (Maru et al 2014; Sterling et al. 2017a; Yap and Watene 2019). Moreover, monetary prioritization can facilitate negative trade-offs with other aspects of well-being and it is important to focus on the nature and quality of growth, rather than volume of growth alone (Costanza et al. 2016). A disproportionate focus on economic growth also fails to take into account that above a certain income level more growth does not necessarily lead to greater well-being (Costanza et al. 2014b).

Key lessons learned

Our analyses highlight opportunities to enable and support reporting organizations to describe and achieve progress toward goals and targets in ways attuned to place-based contexts. Building on the remarkable work already undertaken in the context of SDGs, we offer five lessons learned, of relevance to localizing the SDGs.

1. *Enhance systems-based approaches to designing and evaluating policy and management.* A growing literature is acknowledging and investigating the interrelationships among the SDGs, and within other policies that impact well-being sectors (Jenkins et al. 2018; Díaz et al. 2019). This systems approach allows for identifying, mapping, and leveraging synergies between and across multidimensional measures of sustainability and well-being. Seeking to understand the cross-sectoral synergies for policy and action can produce co-benefits across goals and targets, and improve indicators and datasets for localizing the SDGs. At the same time, intent does not equal impact. People developing or choosing to use an indicator should carefully consider context specificity and anticipate the dynamic interactions within complex adaptive systems that might lead to negative consequences for human well-being and environmental health.
2. *Draw on context-relevant definitions of well-being to develop monitoring and evaluation indicators.* Given the importance of multidimensional well-being and context specific factors that contribute to well-being, decision-makers should spend more effort and attention on understanding what well-being means to their constituents in order to collectively move towards sustainability. Similarly, reporting bodies should be attentive to context-specific priorities and values and recognize the importance of place-based approaches that lead to co-created knowledge and action. This may help decision-makers avoid unintended harmful consequences in complex adaptive systems, especially when development interventions are based on globally defined standards or approaches. In locations with high cultural diversity and/or low social cohesion, identifying commonalities, and focusing on indicators around those is a good starting point.
3. *Foster identification and use of meaningful indicators on the connections between both people and place, and on Indigenous and local knowledge.* Creating a space for place, which involves understanding the ways people connect with place and with one another, is essential for sustainable outcomes. Small changes to some indicators (e.g., providing greater disaggregation information on governance type such as recognizing community-conserved areas as well as government-led protected areas)

can be a strong start and supports increased relevance at the local level. Larger efforts need to be made where there are significant disconnects in values (e.g., developing indicators that measure collective well-being and not just individual well-being).

4. *Recognize potential biases towards easy-to-measure metrics.* To paraphrase a common saying, not everything that is easily measurable is important and not everything that is important is easily measured (Eisner 2004, p. 178). For instance, focusing sustainability efforts on data-rich areas to the exclusion of other biologically and culturally important areas may unintentionally contribute to the continued marginalization of IPLCs and their ability to determine their own development priorities (Yap and Watene 2019). Furthermore, reporting agencies should consider options beyond existing standardized quantitative metrics that may miss important context-specific nuances (Hicks et al. 2016) and opt for a combination of qualitative and quantitative metrics. This may include a focus on not just endpoints, like population sizes of species, but also on the processes that contribute to effective population management, such as local knowledge and social relationships (Dacks et al. 2019).
5. *Carefully consider how data are collected.* Global goals shape national-level priorities and actions, creating cascading impacts realized at the local level through international aid and implementation of programs intended to achieve progress towards these metrics. Consequently, data collection should be conducted with empathy, follow place-based cultural protocols, align with standards of Free, Prior, and Informed Consent, and be mindful of power dynamics within and across levels. Example guidelines include the Code of Ethics developed by the International Society of Ethnobiology (2006) and international guidelines established by the Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2019). Ultimately the successful implementation of indicators may depend more on how and in what context data are collected than on the specifics of the indicators themselves.

Conclusions

Despite differences in framing or intention, efforts at global, regional, national, and subnational levels have significant potential to draw inspiration from one another to enable adaptive learning and evaluation. Transformative sustainable development requires interlinked policy objectives across sectors such that synergies can emerge during planning and implementation (Ramalingam 2013; Schleicher et al. 2018). Identifying synergies and differences between metrics used at different levels and related approaches can

result in stronger conceptualization and implementation at each level (Fig. 1). Cross-level comparison is not without its challenges. However, as we have shown, coordinated efforts can identify common ground leading to complementary metrics tailored to each level. The critical role of international frameworks like the SDGs in national-level priority settings underscores the importance of indicators that acknowledge and address diverse perspectives and cultural contexts. In the face of increasing calls for coordination across sectors to link goals and interventions and for localizing SDGs, a systems approach that addresses potential synergies and trade-offs across the SDGs is key. Our analysis points to areas of focus for further work, e.g., on metrics connecting between and across people and place.

Lessons learned from our analyses can inform efforts to localize the SDGs and are especially applicable for actors involved in monitoring and reporting on metrics developed by international funders and decision-makers, and on new agreements under negotiation (e.g., post-2020 biodiversity agenda discussions). While our work focuses on the Pacific Islands, the participatory process, the expert elicitation approach, and analytical method we used, as well as the key lessons learned, are transferable to other geographic regions with existing context-specific well-being frameworks. We recommend complementary regionally-focused analyses to further clarify and weave local values, cultural practices, and Indigenous priorities into monitoring and evaluation programs across levels.

Acknowledgements The material is based upon work conducted by the Assessing Biocultural Indicators Working Group supported in part by SNAPP: Science for Nature and People Partnership, a collaboration of The Nature Conservancy, the Wildlife Conservation Society and the National Center for Ecological Analysis and Synthesis (NCEAS) at the University of California, Santa Barbara. Additional support came from the National Science Foundation (NSF) under Grants No. EF-1427091, EF-1427453, and 1444184. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation. SC received support from the InSHS-CNRS program “Soutien à la Mobilité Internationale-2018”. We thank Ana Porzecanski for comments on drafts of the manuscript and members of the SNAPP working group for input. We also thank Peter Ersts for developing the custom, web-based coding interface used in this study.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.


References

- Agrawal A, Redford K (2009) Conservation and displacement: an overview. *Conserv Soc* 7:1
- Albrecht G, Sartore GM, Connor L, Higginbotham N, Freeman S, Kelly B, Stain H, Tonna A, Pollard G (2007) Solastalgia: the distress caused by environmental change. *Australas Psychiatry* 15:S95–S98
- Alegado R (2019) Telescope opponents fight the process, not science. *Nature* 572:7–7
- Apgar JM, Ataria JM, Allen WJ (2011) Managing beyond designations: supporting endogenous processes for nurturing biocultural development. *Int J Herit Stud* 17:555–570
- Armitage D, Bene C, Charles AT, Johnson D, Allison EH (2012) The interplay of well-being and resilience in applying a social–ecological perspective. *Ecol Soc* 17:15
- Artelle K, Stephenson J, Bragg C, Housty J, Housty W, Kawharu M, Turner N (2018) Values-led management: the guidance of place-based values in environmental relationships of the past, present, and future. *Ecol Soc* 23:44–58
- Ban NC, Gurney GG, Marshall NA, Whitney CK, Mills M, Gelcich S, Bennett NJ, Meehan MC, Butler C, Ban S, Tran TC, Cox ME, Breslow SJ (2019) Well-being outcomes of marine protected areas. *Nat Sustain* 2:524–532
- Barrington-Leigh C, Escande A (2018) Measuring progress and well-being: a comparative review of indicators. *Soc Indic Res* 135:893–925
- Béné C, Al-Hassan RM, Amarasinghe O, Fong P, Ocran J, Onumah E, Ratuniata R, Tuyen TV, McGregor JA, Mills DJ (2016) Is resilience socially constructed? Empirical evidence from Fiji, Ghana, Sri Lanka, and Vietnam. *Glob Environ Change* 38:153–170. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.03.005>
- Berkes F (2018) *Sacred ecology*. Routledge, New York
- Borré K (1991) Seal blood, inuit blood, and diet: a biocultural model of physiology and cultural. *Identity* 5:48–62
- Breslow SJ, Allen M, Holstein D, Sojka B, Barnea R, Basurto X, Carothers C, Charnley S, Coulthard S, Dolšák N (2017) Evaluating indicators of human well-being for ecosystem-based management. *Ecosyst Health Sustain* 3:1–18
- Carothers C (2015) Fisheries privatization, social transitions, and well-being in Kodiak, Alaska. *Marine Policy* 61:313–322
- Chan KM, Balvanera P, Benessaiah K, Chapman M, Díaz S, Gómez-Baggethun E, Gould R, Hannahs N, Jax K, Klain S (2016) Opinion: why protect nature? Rethinking values and the environment. *Proc Natl Acad Sci* 113:1462–1465
- Charmaz K, Belgrave LL (2007) *The blackwell encyclopedia of sociology*. Sage Publications, London
- Connor L, Albrecht G, Higginbotham N, Freeman S, Smith W (2004) Environmental change and human health in upper hunter communities of New South Wales, Australia. *EcoHealth* 1:SU47–SU58
- Costanza R, Daly L, Fioramonti L, Giovannini E, Kubiszewski I, Mortensen LF, Pickett KE, Ragnarsdóttir KV, De Vogli R, Wilkinson R (2016) Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecol Econ* 130:350–355
- Costanza R, Hart M, Kubiszewski I, Talberth J (2014a) A short history of GDP: moving towards better measures of human well-being. *Solutions* 5:91–97
- Costanza R, Kubiszewski I, Giovannini E, Lovins H, McGlade J, Pickett K, Vala Ragnarsdóttir K, Roberts D, De Vogli R, Wilkinson R (2014b) Time to leave GDP behind. *Nature* 505:283–285
- Cuerrier A, Turner NJ, Gomes TC, Garibaldi A, Downing A (2015) Cultural keystone places: conservation and restoration in cultural landscapes. *J Ethnobiol* 35(427–448):422
- Dacks R, Ticktin T, Mawyer A, Caillon S, Claudet J, Fabre P, Jupiter SD, McCarter J, Mejia M, Pascua P (2019) Developing biocultural indicators for resource management. *Conserv Sci Pract* 1:e38
- Dacks R, Ticktin T, Jupiter S, and Friedlander A. (2018) Drivers of fishing at the household scale in Fiji. *Ecol Soc* 23:38–49
- Dawson N, Martin A (2015) Assessing the contribution of ecosystem services to human wellbeing: a disaggregated study in western Rwanda. *Ecol Econ* 117:62–72
- Department of Strategic Policy Planning and Aid Coordination (DSP-PAC) (2017) *Vanuatu 2030 The People’s Plan*. Port Vila, Republic of Vanuatu: Department of Strategic Policy, Planning and Aid Coordination. https://www.gov.vu/attachments/article/26/NSDP_M_E_Framework.pdf
- Díaz S, Settele J, Brondizio E, Ngo HT, Guèze M, Agard J, Arneith A, Balvanera P, Brauman K, Butchart S, Chan K, Garibaldi L, Ichii K, Liu J, Subramanian SM, Midgley G, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razzaque J, Reyers B, Chowdhury RR, Shin Y-J, Visseren-Hamakers I, Willis K, Zayas C (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_global_unedited_advance.pdf?file=1&type=node&id=35245
- Dodds F, Donoghue AD, Roesch JL (2016) *Negotiating the sustainable development goals: a transformational agenda for an insecure world*. Routledge, London, New York
- Duraiappah AK, Nakamura K, Takeuchi K, Watanabe M, Nishi M (2012) *Satoyama–satoumi ecosystems and human well-being: Socio-Ecological Production Landscapes of Japan*. United Nations University Press, Tokyo
- Eisner E (2004) *The arts and the creation of mind*. Yale University Press, New Haven
- Elo S, Kääriäinen M, Kanste O, Pölkki T, Utriainen K, Kyngäs H (2014) Qualitative content analysis: a focus on trustworthiness. *SAGE Open* 4:1–10
- Filer C (2017) The formation of a land grab policy network in Papua New Guinea. In: McDonnell S, Allen M, Filer C (eds) *Kastom, property and ideology: land transformations in Melanesia*. ANU Press, Canberra
- Fingfeld DL (2003) *Metasynthesis: the state of the art—so far*. *Qual Health Res* 13:893–904
- Fisher A, Fukuda-Parr S (2019) Introduction—data, knowledge, politics and localizing the SDGs. *J Hum Dev Capab* 20:375–385
- Folke CS (2006) Resilience: the emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Glob Environ Change* 16:253–267
- Garnett ST, Burgess ND, Fa JE, Fernández-Llamazares Á, Molnár Z, Robinson CJ, Watson JEM, Zander KK, Austin B, Brondizio ES, Collier NF, Duncan T, Ellis E, Geyle H, Jackson MV, Jonas H, Malmer P, McGowan B, Sivongxay A, Leiper I (2018) A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nat Sustain* 1:369–374
- Gaspar D (2010) Understanding the diversity of conceptions of well-being and quality of life. *J Socio Econ* 39:351–360
- Gauvreau AM, Lepofsky D, Rutherford M, Reid M (2017) Everything revolves around the herring: the Heiltsuk–herring relationship through time. *Ecol Soc* 22
- Giannetti BF, Agostinho F, Almeida CMVB, Huisingh D (2015) A review of limitations of GDP and alternative indices to monitor human wellbeing and to manage eco-system functionality. *J Clean Prod* 87:11–25
- Global Taskforce of Local and Regional Governments (2016) *Roadmap for localizing the sdgs: implementation and monitoring at subnational level*. Global Taskforce of Local and Regional

- Governments. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/commitments/818_11195_commitment_ROADM/AP%20LOCALIZING%20SDGS.pdf
- Grenni S, Soini K, Horlings LG (2019) The inner dimension of sustainability transformation: how sense of place and values can support sustainable place-shaping. *Sustain Sci*. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00743-3>
- Guardiola J, García-Quero F (2014) Buen Vivir (living well) in Ecuador: community and environmental satisfaction without household material prosperity? *Ecol Econ* 107:177–184
- Gupta J, Vegelin C (2016) Sustainable development goals and inclusive development. *Int Environ Agreem Politics Law Econ* 16:433–448
- Hicks CC, Levine A, Agrawal A, Basurto X, Breslow SJ, Carothers C, Charnley S, Coulthard S, Dolsak N, Donatuto J, Garcia-Quijano C, Mascia MB, Norman K, Poe MR, Satterfield T, St. Martin K, Levin PS (2016) Engage key social concepts for sustainability. *Science* 352:38–40
- Huffer E, Rakuita T (2008) Land and people as the measure: a Pacific ethic of place and prudence. In: Calderbank D, Macer DRJ (eds) *Asia Pacific perspectives on environmental ethics*. UNESCO Asia and Pacific Regional Bureau for Education, Bangkok, pp 7–21
- Huth JE (2019) The Thirty Meter Telescope Can Show Us the Universe. But at What Cost? *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2019/11/06/opinion/mauna-kea-telescope.html> Accessed 20 Mar 2020
- Independent Group of Scientists (IGS) appointed by the Secretary-General, *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now—Science for Achieving Sustainable Development* (2019) United Nations, New York
- International Labour Organization (ILO) (2018) *Decent Work and the Sustainable Development Goals: A Guidebook on SDG Labour Market Indicators*. Department of Statistics: ILO, Geneva
- International Society of Ethnobiology (2006) *International Society of Ethnobiology Code of Ethics* (with 2008 additions)
- Jenkins A, Horwitz P, Arabena KJEC (2018) My island home: place-based integration of conservation and public health in Oceania. *Environ Conserv* 45:125–136
- Jiménez-Aceituno A, Peterson GD, Norström AV, Wong GY, Downing AS (2019) Local lens for SDG implementation: lessons from bottom-up approaches in Africa. *Sustain Sci*. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00746-0>
- Jupiter S (2017) Culture, kastom and conservation in Melanesia: what happens when worldviews collide. *Pac Conserv Biol* 23:139–145
- Kamau M, Chasek P, O'Connor D (2018) *Transforming multilateral diplomacy: the inside story of the sustainable development goals*. Routledge, Taylor & Francis Group, London
- Kauffman CM, Martin PL (2014) Scaling up Buen Vivir: globalizing local environmental governance from Ecuador. *Glob Environ Politics* 14:40–58
- Kimmerer R (2011) Restoration and reciprocity: the contributions of traditional ecological knowledge. In: Egan D, Hjerpe EE, Abrams J (eds) *Human dimensions of ecological restoration: integrating science, nature, and culture*. Springer, Washington, DC, pp 257–276
- King MF, Renó VF, Novo EMLM (2014) The concept, dimensions and methods of assessment of human well-being within a socioecological context: a literature review. *Soc Indic Res* 116:681–698. <https://doi.org/10.1007/s11205-013-0320-0>
- Kueffer C, Kinney KJEC (2017) What is the importance of islands to environmental conservation? *Environ Conserv* 44:311–322
- Kulonen A, Adler C, Bracher C, S. W. v. Dach. (2019) Spatial context matters in monitoring and reporting on sustainable development goals: reflections based on research in mountain regions. *GAIA Ecol Perspect Sci Soc* 28:90–94
- Lauer M, Albert S, Aswani S, Halpern BS, Campanella L, La Rose D (2013) Globalization, Pacific Islands, and the paradox of resilience. *Glob Environ Change* 23:40–50
- Liljebld J, Verschuuren B (2018) *Indigenous perspectives on sacred natural sites: culture, governance and conservation*. Routledge, Abingdon, Oxtou, New York, NY
- Lindstrom L (2004) *History, folklore, traditional and current uses of kava*. In: Singh YN (ed) *Kava*. CRC Press, Boca Raton, pp 17–35
- Lucci P (2015) 'Localising' the post-2015 agenda: what does it mean in practice. Overseas Development Institute, London. <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9395.pdf>
- Lyver POB, Ruru J, Scott N, Tylianakis JM, Arnold J, Malinen SK, Bataille CY, Herse MR, Jones CJ, Gormley AM, Peltzer DA, Taura Y, Timoti P, Stone C, Wilcox M, Moller H. (2018). Building biocultural approaches into Aotearoa – New Zealand's conservation future. *J R Soc N. Z.* 49:1–18
- Magallanes CJI (2015) Nature as an ancestor: two examples of legal personality for nature in New Zealand. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.16199>
- Maru YT, Stafford Smith M, Sparrow A, Pinho PF, Dube OP (2014) A linked vulnerability and resilience framework for adaptation pathways in remote disadvantaged communities. *Glob Environ Change* 28:337–350
- Masterson VA, Stedman RC, Enqvist J, Tengo M, Giusti M, Wahl D, Svedin U (2017) The contribution of sense of place to social-ecological systems research: a review and research agenda. *Ecol Soc* 22:49
- McCarter J, Gavin MC (2014) In situ maintenance of traditional ecological knowledge on Malekula Island, Vanuatu. *Soc Nat Resour* 27:1115–1129
- McCarter J, Sterling EJ, Jupiter SD, Cullman GD, Albert S, Basi M, Betley E, Boseto D, Bulehite ES, Harron R, Holland PS, Horning N, Hughes A, Jino N, Malone C, Mauli S, Pae B, Papae R, Rence F, Revo O, Taqala E, Taqu M, Woltz H, Filardi CE (2018) Biocultural approaches to developing well-being indicators in Solomon Islands. *Ecol Soc* 23:32–44
- McCrea R, Walton A, Leonard R (2014) A conceptual framework for investigating community wellbeing and resilience. *Rural Society* 23:270–282
- McGregor D (2007) *Na kua'aina: living Hawaiian culture*. University of Hawai'i Press, Honolulu
- McKinnon MC, Cheng SH, Dupre S, Edmond J, Garside R, Glew L, Holland MB, Levine E, Masuda YJ, Miller DC, Oliveira I, Revanaz J, Roe D, Shamer S, Wilkie D, Wongbusarakum S, Woodhouse E (2016) What are the effects of nature conservation on human well-being? A systematic map of empirical evidence from developing countries. *Environ Evid* 5:8
- McMillen HL, Ticktin T, Friedlander A, Jupiter SD, Thaman R, Campbell J, Veitayaki J, Giambelluca T, Nihmei S, Rupeni E, Apis-Overhoff L, Aalbersberg W, Orcherton DF (2014) Small islands, valuable insights: systems of customary resource use and resilience to climate change in the Pacific. *Ecol Soc* 19:1–17
- Meier BM, Chakrabarti A (2016) The paradox of happiness: health and human rights in the kingdom of Bhutan. *Health Hum Rights* 18:193
- Merriam SB (2009) *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation*. Jossey-Bass, San Francisco
- Murray J (2014) *Reading the Gaelic landscape: Leughadh aghaidh na tìre*. Whittles Publishing, Dunbeath
- Nainoca WU (2011) *The influence of the Fijian way of life (bula vakavanua) on community-based marine conservation (CBMC) in Fiji, with a focus on social capital and traditional ecological knowledge (TEK)*. Massey University, Palmerston North

- Nanau GL (2011) The wantok system as a socio-economic and political network in Melanesia. *OMNES J Multicult Soc* 2:31–55
- New Zealand Government (2019). The Wellbeing Budget. 147 in editors. New Zealand Treasury. Wellington. <https://treasury.govt.nz/publications/wellbeing-budget/wellbeing-budget-2019>
- Nilsson M, Griggs D, Visbeck M (2016) Policy: map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nat News* 534:320
- Nilsson M, Chisholm E, Griggs D, Howden-Chapman P, McCollum D, Messerli P, Neumann B, Stevance A-S, Visbeck M, Stafford-Smith M (2018) Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward. *Sustain Sci* 13:1489–1503. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z>
- Office for National Statistics (2018) Measuring National Well-being: Quality of Life in the UK, 2018. Office for National Statistics, Newport
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2017) How's Life? 2017: Measuring Well-being. OECD Publishing. Paris. <https://read.oecd-ilibrary.org/economics/how-s-life-2017-how-life-2017-en#page21>
- Pascua PA, McMillen H, Ticktin T, Vaughan M, Winter K (2017) Beyond services: a process and framework to incorporate cultural, genealogical, place-based, and indigenous relationships in ecosystem service assessments. *Ecosyst Serv* 26:465–475
- Polfus J, Manseau M, Simmons D, Neyelle M, Bayha W, Andrew F, Andrew L, Klütsch C, Rice K, Wilson PJE, Society (2016) Łeghągots' enetę (learning together): the importance of indigenous perspectives in the identification of biological variation 21:18–53
- Poole AK (2018) Where is goal 18? The need for biocultural heritage in the sustainable development goals. *Environ Values* 27:55–80
- Preiser R, Biggs R, De Vos A, Folke C (2018) Social–ecological systems as complex adaptive systems: organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecol Soc* 23:46
- Ramalingam B (2013) Aid on the edge of chaos: rethinking international cooperation in a complex world. Oxford University Press, Oxford
- Schleicher J, Schaafsma M, Vira B (2018) Will the Sustainable Development Goals address the links between poverty and the natural environment? *Curr Opin Environ Sustain* 34:43–47
- Schuster R, Germain RR, Bennett JR, Reo NJ, Arcese P (2019) Vertebrate biodiversity on indigenous-managed lands in Australia, Brazil, and Canada equals that in protected areas. *Environ Sci Policy* 101:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.07.002>
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD) (2004) Akwé: Kon Voluntary Guidelines for the Conduct of Cultural, Environmental and Social Impact Assessment regarding Developments Proposed to Take Place on, or which are Likely to Impact on, Sacred Sites and on Lands and Waters Traditionally Occupied or Used by Indigenous and Local Communities Montreal (CBD Guidelines Series). <https://www.cbd.int/traditional/guidelines.shtml>
- Singh GG, Cisneros-Montemayor AM, Swartz W, Cheung W, Guy JA, Kenny T-A, McOwen CJ, Asch R, Geffert JL, Wabnitz CCC, Sumaila R, Hanich Q, Ota Y (2018) A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy* 93:223–231
- Sterling E, Ticktin T, Morgan TKK, Cullman G, Alvira D, Andrade P, Bergamini N, Betley E, Burrows K, Caillon S, Claudet J, Dacks R, Eyzaguirre P, Filardi C, Gazit N, Giardina C, Jupiter S, Kinney K, McCarter J, Mejia M, Morishige K, Newell J, Noori L, Parks J, Pascua PA, Ravikumar A, Tanguay J, Sigouin A, Stege T, Stege M, Wali A (2017a) Culturally grounded indicators of resilience in social-ecological systems. *Environ Soc* 8:63
- Sterling EJ, Filardi C, Toomey A, Sigouin A, Betley E, Gazit N, Newell J, Albert S, Alvira D, Bergamini N, Blair M, Boseto D, Burrows K, Bynum N, Caillon S, Caselle JE, Claudet J, Cullman G, Dacks R, Eyzaguirre PB, Gray S, Herrera J, Kenilorea P, Kinney K, Kurashima N, Macey S, Malone C, Mauli S, McCarter J, McMillen H, Pascua P, Pikacha P, Porzecanski AL, de Robert P, Salpeteur M, Sirikolo MQ, Stege MH, Stege K, Ticktin T, Vave R, Wali A, West P, Winter KB, Jupiter SD (2017b) Biocultural approaches to well-being and sustainability indicators across scales. *Nat Ecol Evol* 1:1798–1806
- Takeuchi K, Brown RD, Washitani I, Tsunekawa A, Yokohari M (2012) Satoyama: the traditional rural landscape of Japan. Springer, Berlin
- Tanguay J (2015) pp. In: MacDowall L, Badham M, Blomkamp E, Dunphy K (eds) Making culture count: the politics of cultural measurement. Palgrave Macmillan, London, pp 162–172
- Timoti P, Lyver P, Matamua R, Jones C, Tahī B (2017) A representation of a Tuawhenua worldview guides environmental conservation. *Ecol Soc* 22:20–31
- United Cities and Local Governments (UCLG) (2019) Towards Localization of the SDGs: Local and Regional Governments' Report to the 2019 HLPF, 3rd report. United Cities and Local Governments (UCLG). <https://www.global-taskforce.org/sites/default/files/2019-07/Towards%20the%20localization%20of%20the%20SDGs.pdf>
- United Nations (2015) General Assembly resolution 70/1, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1
- United Nations Economic and Social Council (2017) Report of the Inter-agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators E/CN.3/2017/2*. <https://unstats.un.org/unsd/statcom/48th-session/documents/2017-2-IAEG-SDGs-E.pdf>
- United Nations High-Level Political Forum on Sustainable Development (UN HLPF) (2017) Voluntary common reporting guidelines for voluntary national reviews at the high-level political forum for sustainable development. United Nations. <https://sustainabledevelopment.un.org/vnrs/>
- United Nations Permanent Forum for Indigenous Issues (UNPFII) (2007) United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples
- Vaughan MB, Thompson B, Ayers AL (2017) Pāwehe Ke Kai a 'o Hā 'ena: creating state law based on customary indigenous norms of coastal management. *Soc Nat Resour* 30:31–46
- Vaughan MB, Vitousek PM (2013) Mahele: Sustaining communities through small-scale inshore fishery catch and sharing networks. *Pac Sci* 67(329–344):316
- Visconti P, Butchart SHM, Brooks TM, Langhammer PF, Marnewick D, Vergara S, Yanosky A, Watson JEM (2019) Protected area targets post-2020. *Science* 364:239–241
- Waldmüller JM, Jamali H, Nogales N (2019) Operationalizing sustainable development goals in vulnerable coastal areas of Ecuador and Pakistan: marginalizing human development? *J Hum Dev Capab* 20:468–485
- Whyte KP, Brewer JP, Johnson JT (2016) Weaving Indigenous science, protocols and sustainability science. *Sustain Sci* 11:25–32
- Williams DR, Stewart WP, Kruger LE (2013) The emergence of place-based conservation. In: Stewart WP, Williams DR, Kruger LE (eds) Place-based conservation: perspectives from the social sciences. Springer, Dordrecht, pp 1–17
- Winthrop RH (2014) The strange case of cultural services: limits of the ecosystem services paradigm. *Ecol Econ* 108:208–214
- Wynne-Jones S, Strouts G, Holmes G (2018) Abandoning or reimagining a cultural heartland? Understanding and responding to rewilding conflicts in wales—the case of the cambrian wildwood. *Environ Values* 27:377–403
- Yap ML-M, Watene K (2019) The Sustainable Development Goals (SDGs) and indigenous peoples: another missed opportunity? *J Hum Dev Capab* 20:451–467

Affiliations

Eleanor J. Sterling¹  · Pua‘ala Pascua¹ · Amanda Sigouin¹ · Nadav Gazit¹ · Lisa Mandle² · Erin Betley¹ · John Aini³ · Simon Albert⁴ · Sophie Caillon⁵ · Jennifer E. Caselle⁶ · Samantha H. Cheng¹ · Joachim Claudet^{7,8} · Rachel Dacks⁹ · Emily S. Darling¹⁰ · Chris Filardi^{1,11} · Stacy D. Jupiter¹² · Alexander Mawyer¹³ · Manuel Mejia¹⁴ · Kanoe‘ulalani Morishige⁹ · Winifereti Nainoca¹⁵ · John Parks¹⁶ · Jamie Tanguay¹⁷ · Tamara Ticktin¹⁸ · Ron Vave¹⁹ · Veronica Wase²⁰ · Supin Wongbusarakum^{21,22} · Joe McCarter^{1,12}

¹ Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History, 200 Central Park West, New York, NY 10024, USA

² Natural Capital Project, Woods Institute for the Environment and Department of Biology, Stanford University, 371 Serra Mall, Stanford, CA 94305, USA

³ Ailan Awareness, New Ireland, Papua New Guinea

⁴ School of Civil Engineering, The University of Queensland, Brisbane, QLD 4072, Australia

⁵ CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Univ Paul Valéry Montpellier 3, Montpellier, France

⁶ Marine Science Institute, University of California Santa Barbara, Santa Barbara, CA 93106, USA

⁷ National Center for Scientific Research, PSL Université Paris, CRILOBE, USR 3278, CNRS-EPHE-UPVD, Maison des Océans, 195 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France

⁸ Laboratoire d'Excellence CORAIL, Moorea, French Polynesia

⁹ Department of Biology, University of Hawai‘i at Mānoa, 2538 McCarthy Mall, Edmondson Hall, Honolulu, HI 96822, USA

¹⁰ Wildlife Conservation Society, Marine Program, Bronx, NY 10460, USA

¹¹ Department of Ornithology, American Museum of Natural History, 200 Central Park West, New York, NY 10024, USA

¹² Wildlife Conservation Society, Melanesia Program, 11 Ma‘afu Street, Suva, Fiji

¹³ Center for Pacific Islands Studies, University of Hawai‘i at Mānoa, 1890 East-West Rd., Moore 210, Honolulu, HI 96822, USA

¹⁴ The Nature Conservancy, Hawai‘i, 923 Nu‘uanu Avenue, Honolulu, HI 96817, USA

¹⁵ Bureonoco Yaubula Conservation, Box 12329, Suva, Fiji

¹⁶ USAID Oceans and Fisheries Partnership, 208 Wireless Road, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand

¹⁷ Melanesian Wellbeing Indicators Project, Vanuatu National Statistics Office, PO Box 6473, Port Vila, Vanuatu

¹⁸ Botany Department, University of Hawai‘i at Mānoa, 3190 Maile Way St John Room 101, Honolulu, HI 96822, USA




¹⁹ Fisheries Ecology Research Lab, University of Hawai‘i at Mānoa, 1960 East-West Road, Honolulu, HI 96822, USA

²⁰ PO Box 1156, Majuro, Marshall Islands 96960

²¹ Joint Institute for Marine and Atmospheric Research, University of Hawai‘i, Honolulu, HI, USA

²² Ecosystem Sciences Divisions, Pacific Islands Fisheries Science Center, National Oceanic and Atmospheric Administration, Honolulu, HI, USA

Agricultural innovation and environmental change on the floodplains of the Congo River

Marion Comptour¹  | Ariane Cosiaux² | Oliver T. Coomes³ | Jean-Claude Bader⁴ | Pierre-Olivier Malaterre⁵ | Joseph Yoka⁶ | Sophie Caillon¹  | Doyle McKey^{1,7} 

¹UMR CEFE, Université de Montpellier, CNRS, Université Paul Valéry Montpellier 3, EPHE, IRD, Montpellier, France

²UMR DIADE, IRD, Université de Montpellier, Montpellier, France

³Department of Geography, McGill University, Montreal, Quebec, Canada

⁴UMR G-EAU, IRD, Montpellier, France

⁵UMR G-EAU, IRSTEA, Montpellier, France

⁶Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo

⁷Institut Universitaire de France, Paris, France

Correspondence

Marion Comptour

Email: marion.comptour@cnrs.fr

Sophie Caillon and Doyle McKey contributed equally to this study.

Funding information

Institut Universitaire de France; CNES (Centre Nationale d'Etudes Spatiales); Groupement de Recherche "Mosaïque," Grant/Award Number: GDR 3353 INEE/CNRS; French Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Climate-driven environmental changes bring new risks but also opportunities to populations living along the world's major rivers. Based on ethnoecological fieldwork, in this paper we examine how people living in the *cuvette centrale* of the Congo basin have adopted flood-recession agriculture on islands in the Congo River, taking advantage of a secular shift since the 1980s in the hydrological regime of the Congo River. Analyses of the hydrological data reveal that this shift decreased flood risk and significantly extended the growing season on the islands, long enough to enable cultivation of fast-maturing varieties of manioc and other crops. Flood-recession farming on islands in the river is today not only an important source of food, but also a source of income for women, who are primarily responsible for seasonal cultivation of fields during the low-water season. Hydrological changes alone are insufficient to explain the adoption of the new agricultural practice; adoption also arose as a result of dynamic interactions among river fishing, trading, and broader socio-economic forces. Climate-change models project an increased frequency of extreme floods. Our results suggest that this change may limit island cultivation in the future. More generally, our findings point to the importance of looking beyond single-factor, solely environmental explanations in studies of climate-change adaptation.

KEYWORDS

adaptation, climate change, Congo Basin, ethnoecology, flood-recession farming, social-ecological system

1 | INTRODUCTION

Recognition of the challenges of climate change mitigation has led to increasing attention to how people will adapt to future environmental conditions (Kelly & Adger, 2000). A large body of literature assesses climate-related risks and the vulnerability of people in the face of climate change (McDowell et al., 2016; Wang et al., 2014). Vulnerability is often defined in negative terms as the degree to which a system becomes unable to cope with adverse effects (Adger, 2006).

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The information, practices and views in this article are those of the author(s) and do not necessarily reflect the opinion of the Royal Geographical Society (with IBG).

© 2019 The Authors. *The Geographical Journal* published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers).

Agriculture is among the sectors most impacted by climate change and many studies warn of the vulnerability of rural populations in terms of food security, mainly in developing countries (Adger et al., 2003; Eakin, 2012; Schmidhuber & Tubiello, 2007). A smaller, parallel literature addresses the capacity of people to adapt to the new climatic conditions. Scholars argue that, despite their frequent portrayal as “vulnerable” and “passive actors,” communities in the developing world are in fact fundamentally proactive and creative thanks to highly dynamic local knowledge systems, and a long history of adaptation to environmental variation and risks. While recognising that climate-driven environmental change will likely have adverse effects on populations, they insist that it can also bring new opportunities, opening new windows for innovation and the emergence of latent capacities (Boillat & Berkes, 2013; Gómez-Baggethun et al., 2013; McSweeney & Coomes, 2011; Nelson et al., 2007). A recent analysis of literature (McDowell et al., 2016) shows that only 15% of climate-change studies recognise the potential positive impacts of climate change on social or ecological systems. More emphasis is thus needed on investigating opportunities that may arise with climate change and on recognising the agency of people and their ability to cope with environmental changes.

Another major challenge facing researchers working on climate change is the need to consider the multiple drivers of adaptation, beyond environmental factors. Climate change impacts and adaptations cannot be isolated from the broader social, economic, political, institutional, and technological context (Morton, 2007; Shinn, 2017). Social-economic and ecological factors interact to form a complex and dynamic system (Berkes & Folke, 2002). Despite recognition of the complexity of social-ecological systems, however, most studies on climate change vulnerability analyse only biophysical drivers (McDowell et al., 2016).

Moreover, rural producers in the developing world often practise a wide range of activities; some of these rely on natural resources (e.g., farming, fishing, hunting), whereas others do not (off-farm employment). This diversification of livelihoods allows people to benefit from the different natural resources, and to decrease the risks by spreading income sources. It also increases their flexibility and adaptive capacity in the face of change (Ellis, 2000; Thornton & Manasfi, 2010). Understanding future adaptations requires us to characterise the complexity of livelihood systems, the interactions between the different activities, and the myriad of intertwined climatic and non-climatic determinants of change.

Floodplains of major tropical rivers are good examples for addressing these challenges. These ecosystems will be heavily impacted by future climate change through altered precipitation and flow regimes, and the increased frequency of extreme flood events (Alcamo et al., 2007; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014). Populations living in floodplains are considered to be especially vulnerable. Yet, these ecosystems can also offer opportunities for people to adapt (Capon et al., 2013). Periodically shifting between a terrestrial and an aquatic phase, floodplains are rich and dynamic ecosystems that particularly favour a multi-activity livelihood system, that is, one combining agriculture and fishing with pastoralism, hunting, gathering – or all of these. Such pluri-activity smooths the effects of fluctuating resource variability and reduces the risks due to flooding (Coomes et al., 2010; Duvail & Hamerlynck, 2007; Raimond et al., 2014).

In this paper, we report on a case of agricultural innovation made possible by environmental change on the floodplains in the *cuvette centrale* of the Congo River Basin. In this vast wetland, people practise a variety of livelihood activities, including farming on raised fields in the floodplain and fishing. Since the 1980s farmers have adopted flood-recession agriculture on the islands of the Congo River, a change that was enabled by a shift in the flood regime of the river in a context of broad changes in socio-economic conditions. Our study aims to investigate the drivers and processes that led to this innovation. We adopted a systemic and pluri-disciplinary approach based on ethnoecological fieldwork conducted over eight months in the city of Mossaka, in Republic of Congo, during the years 2014 and 2015. Along with participant observation, we conducted a total of 179 semi-structured interviews with 53 inhabitants of Mossaka of diverse geographic origin, duration of residence in Mossaka, age, and gender. The interviews focused on understanding the practices in subsistence activities, how and why these practices and activities have changed, and more particularly the reasons for the adoption of flood-recession agriculture. Environmental change and flooding dynamics were assessed through the analysis of historical series of data on the water level of the Congo River at Mossaka. To evaluate the agronomic advantages of flood-recession agriculture compared with raised-field farming, we analysed soil samples and measured the harvests in both agricultural systems. More information on the interviews, surveys, and analyses is provided in the Supporting Information.

2 | THE SOCIAL-ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MOSSAKA AND THE CUVETTE CENTRALE

The Congo River Basin, covering some 3.7 million km², is the world's second largest river basin after the Amazon. The *cuvette centrale*, situated in the centre of the Congo Basin, consists of a vast wetland extending over almost 200,000 km², shared by the Republic of Congo and the Democratic Republic of Congo (DRC) (Campbell, 2005). The *cuvette* is characterised by low elevation and by a dense hydrographic network. It is covered by a mosaic of seasonally inundated forest and

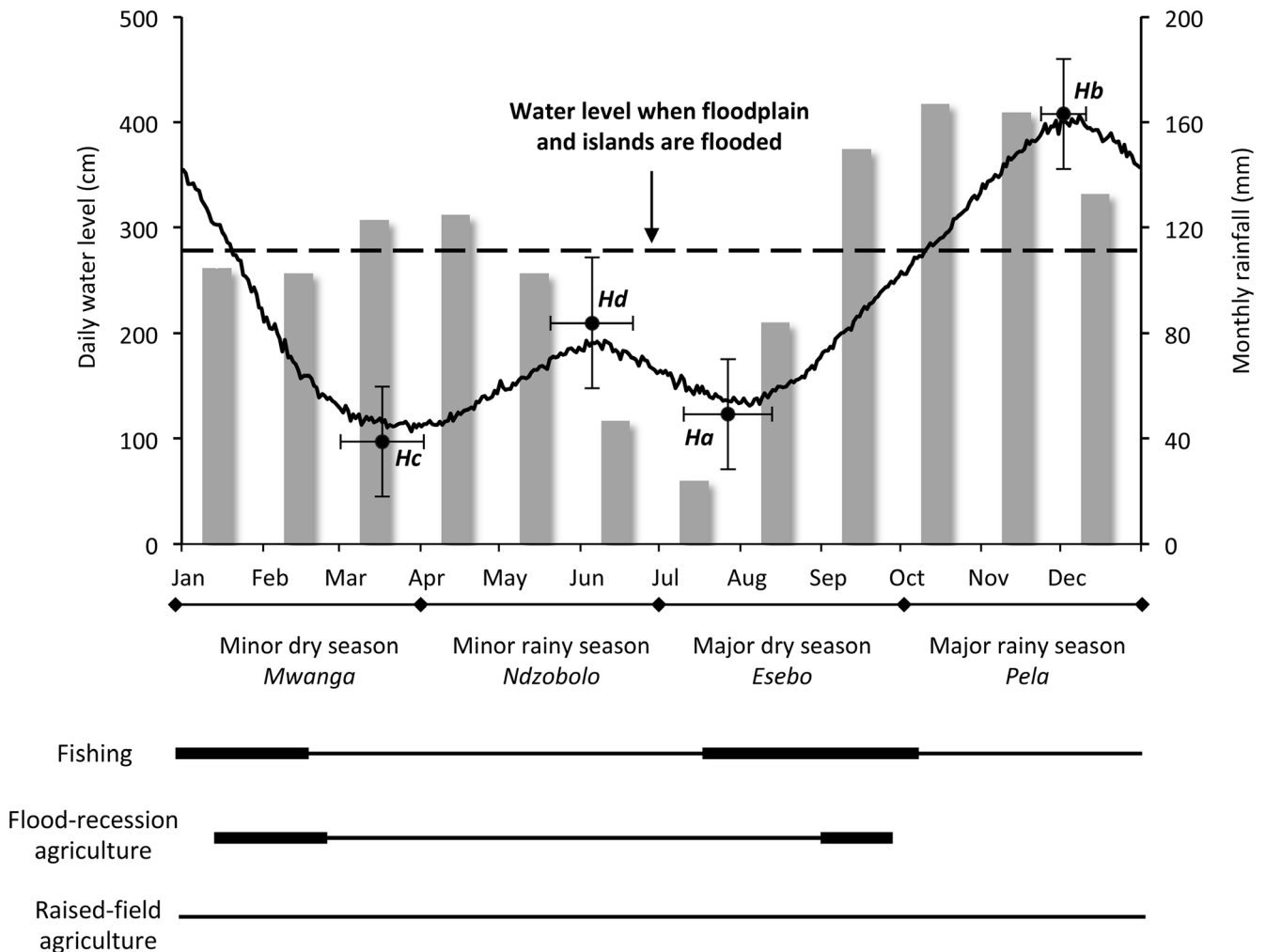


FIGURE 1 Seasonal flood cycle (1952–2015) and livelihood activities in Mossaka. Solid black line denotes the mean daily water level of the Congo River at the hydrological station of Mossaka from 1952 to 2015 (left y-axis). Grey bars indicate the mean monthly rainfall at the hydrological station of Mossaka from 1944 to 2001 (right y-axis). Filled circles and error bars show means and standard deviations of seasonal key indicators of water level: the lowest water level during the major dry season (*Ha*), the highest water level during the major rainy season (*Hb*), the lowest water level during the minor dry season (*Hc*), and the highest water level during the minor rainy season (*Hd*). In each case, the vertical error bar indicates inter-annual variation in water level and the horizontal bar depicts when the highest/lowest level was reached in the year. Lines in the lower part of the graph show the time periods for three main activities in Mossaka, with thicker lines indicating periods of especially high labour requirements.

Data sources: Data on daily water level were obtained from the Institut National de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN), Brazzaville, and the ports of Mossaka and Brazzaville. Data for monthly rainfall were obtained from the Agence Nationale de l'Aviation Civile at Brazzaville

grassland. In this region, the Congo is a complex river with many islands that divide the main channel into multiple anastomosing branches. Islands can measure up to 3 km wide and several dozen kilometres long. The climate is marked by four seasons, defined by water level and by rainfall (Figure 1). During the major rainy season, locally called *pela* (October–December), river waters rise and submerge the floodplains around Mossaka as well as the numerous islands of the Congo River. In the minor dry season *mwanga* (January–March), floodwaters progressively recede from the plains and islands. During the minor rainy season *ndzobolo* (April–May), waters rise again but usually do not reach a level that floods the plains and islands. Finally, from June to September, during the major dry season *esebo*, water level again falls and water is restricted to the river beds and to ponds and lakes in the floodplain.

The Congo is one of the world's most regular rivers, showing weak variation in water flow both seasonally and across years, compared with other large tropical rivers such as the Ganges, the Orinoco, the Mekong, or even the Amazon (Latruesse et al., 2005). This regularity is explained by the fact that the drainage basin extends both north and south of the equator in such a way that peak flows from tributaries in the two hemispheres occur in opposite seasons. Despite such

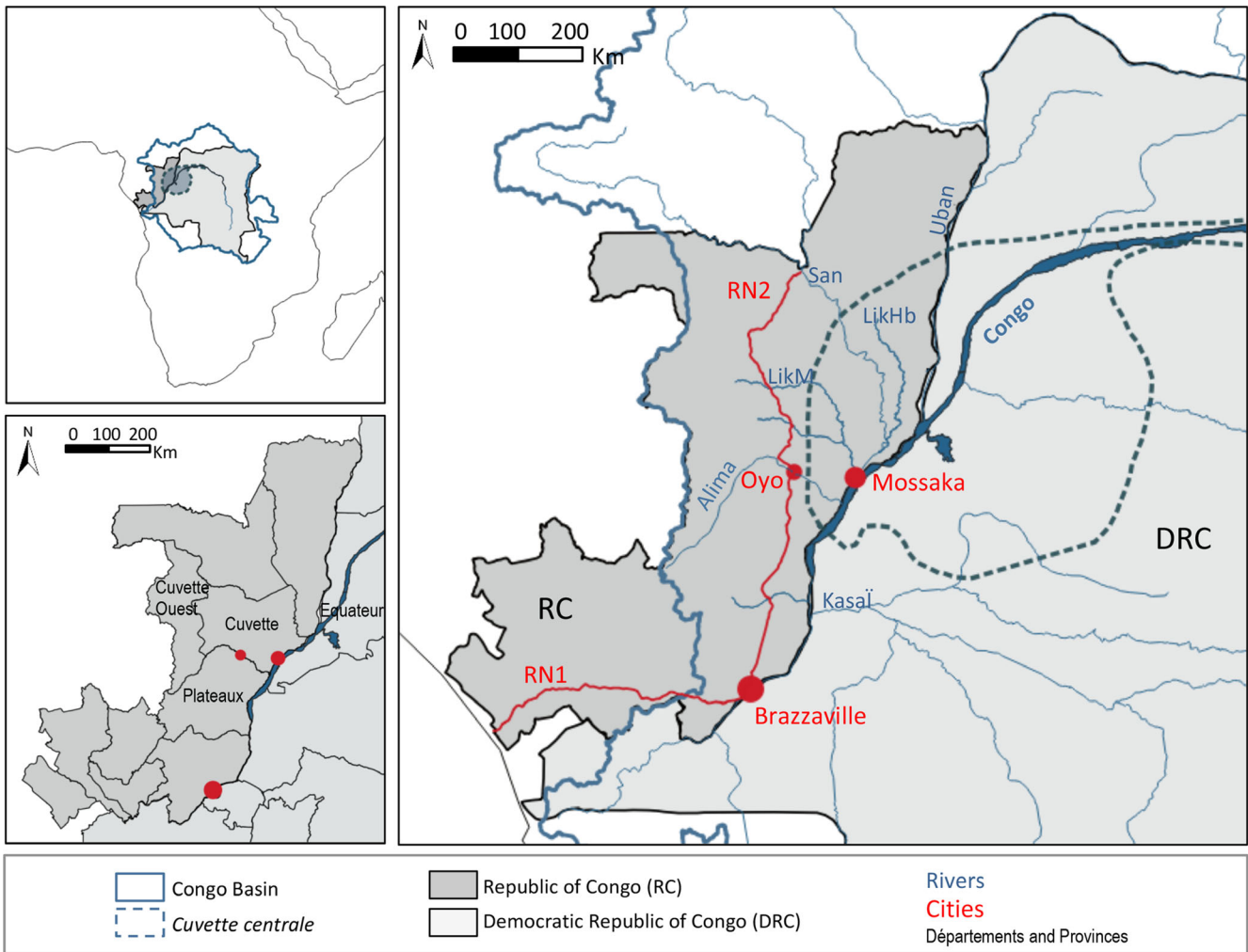


FIGURE 2 Overview map of the Congo River Basin close to the city of Mossaka, Republic of Congo, showing the extent of the *cuvette centrale*. Red lines depict the two national roads (RN1, RN2) and solid blue lines the main rivers, including the Likouala Mossaka (LikM), Likouala-aux-Herbes (LikHb), Sangha (San), and Ubangui (Uban).

regularity, long-term studies of discharge over the 20th century, measured at the Brazzaville hydrological station, demonstrate that the Congo River has experienced several successive phases of flow instability since 1960. Specifically, during the decade 1960–1970, river flows were particularly high, then diminished in the 1970s. During the 1980s, flow became lower than those observed during the first half of the 20th century (Laraque et al., 2001).

The city of Mossaka ($1^{\circ}13'27.32''S$, $16^{\circ}47'37.84''E$) (Figure 2) is located on the right bank of the Congo River, in the Republic of Congo. Being at the lowest point of the *cuvette centrale*, it is surrounded by an extensive grassland floodplain. Mossaka grew considerably during the 20th century. In the first half of the century, the French colonial administration and company firms forced the relocation to Mossaka of people not only from surrounding villages but also from regions further away (in the Département de la Cuvette-Ouest, and the Département des Plateaux) (Sautter, 1962) (Figure 2). Following independence in 1960, Mossaka continued to grow. The city became the hub through which the fish caught in the *cuvette centrale* transited to the markets of Brazzaville, the country's growing capital city. This status of “fish capital,” as well as the amenities offered by this new urban centre (middle school, hospital, power generator, access to markets, etc.) in an otherwise sparsely populated area¹ attracted fishers and others. From 800 inhabitants in 1900, the population rose to 6,000 inhabitants in 1981 and Mossaka counts today more than 15,000 inhabitants belonging to several ethnic groups (Centre National de la Statistique et des Etudes Economiques [CNSEE], 2007; Ndinga Mbo, 2006). Yet, Mossaka is still relatively isolated. The city is only accessible by river transport, requiring two days' travel from the capital Brazzaville, and more than 10 hours by motorised canoe from Oyo (14,295 inhabitants), the closest city.

3 | PLURALIST LIVELIHOODS OF THE CONGO RIVER, ITS ISLANDS, AND FLOODPLAIN

The people of Mossaka rely heavily upon the river, its islands, and its floodplain for their livelihoods. The mosaic of habitats favours a great diversity of activities and ways of using natural resources, which are synchronised with the seasonal flood cycle. Fishing, agriculture, and trade are the most important activities (Figures 1 and 3).

3.1 | Fishing

Fish are the most important protein source in Mossaka and, for many households, fishing is the main economic activity. Sautter (1962), who visited the region in the 1950s, described a wide range of fishing gear. Our observations and interviews also show that fishers combine a large variety of fishing techniques, allowing them to exploit the diversity of habitats and to capture a large number of fish species (Comptour, 2017; Comptour et al., 2016). Fishing is done both in the floodplain and in the Congo River and its tributaries. It is most productive during the arrival and recession of flood waters and at the end of the major dry season, but the use of different techniques allows year-round fishing. Both men and women fish, but men are engaged primarily in commercial fishing and fish both in the floodplain and in rivers, whereas women fish more for household consumption and essentially in the floodplain. However, an increasing number of women sell part of their catch:

Women really started to fish in the 1960s, and they started to sell the fish at that time [...] Before it was just to have fish for the family. (man, 40–50 years)

This change in fishing reflects an overall shift in gender dynamics throughout the country, where women have progressively achieved greater economic and social autonomy and emancipation since the 1960s:

Before, women were subordinates, they could not have money, they could not go to school ... (man, 40–50 years)

3.2 | Raised-field agriculture in the floodplain

To complement fish consumption, inhabitants of Mossaka cultivate manioc (*Manihot esculenta* Crantz; also called cassava) on the grassland floodplain that is periodically flooded during the major rainy season. They build large earthen structures

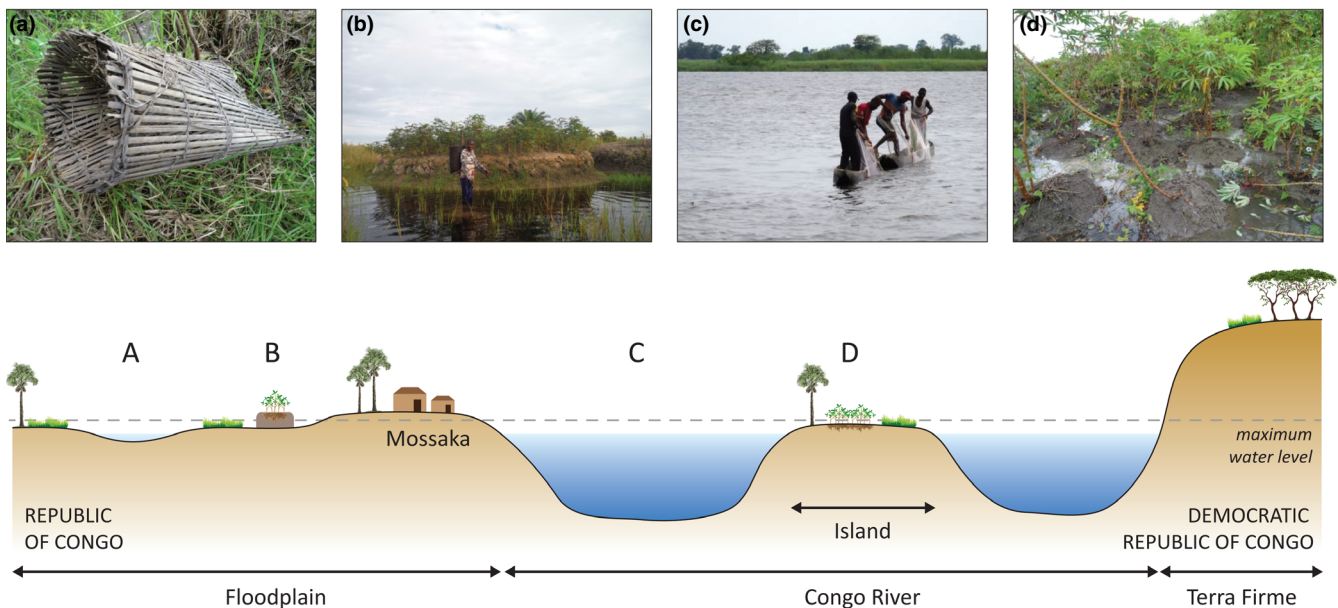


FIGURE 3 Schematic illustration of habitat diversity and the associated livelihood activities in the area surrounding Mossaka. Main activities in this area are fishing with traps in the floodplain (a), cultivation of raised fields in the floodplain (b), fishing with nets in the Congo River (c), and flood-recession agriculture on the islands of the Congo River (d). © M. Comptour.

(“raised fields”) that can be up to 1.5 m high, on top of which they plant their crops. During construction and maintenance of fields, farmers add grass as green manure in raised fields that increases soil fertility. Raised-field cultivation has long been practiced in this area and this technique was described by Sautter (1962). A more detailed and updated account of this farming system is provided by Comptour et al. (2018). Beyond the reach of the flood waters on the elevated surfaces of raised fields, the tuberous roots (“tubers”) of manioc have time to reach their full size and can be left in the ground for up to three years. Raised fields can be harvested all year round and serve as sites for live storage of manioc. This agricultural system can easily be accommodated within the calendar of other more seasonal activities. Cultivating on raised fields is mostly women’s work, but men sometimes participate.

3.3 | Trading

Agricultural production on raised fields has never been sufficient to meet all the needs of households in Mossaka and in the surrounding villages in floodplains. In contrast, fish are caught in abundance. The inhabitants of Mossaka have historically been heavily engaged in trading activities, facilitated by traffic on the dense river network, to compensate for shortfalls in agricultural production. They notably have long been involved in active trade relationships with farmers living in regions of well drained soils along the Alima River, up to more than 200 km from Mossaka (Ndinga Mbo, 2006; Sautter, 1962) (Figure 2). At the end of the 19th century, the colonial administrator Froment (1887) (as cited by Sautter, 1962) estimated that around 40 tons of manioc were transported daily by canoe from the villages situated on the banks of the Alima River to the villages in the Mossaka region, in exchange for smoked fish. Other goods were exchanged, including raw materials, commodities and luxury goods, at local scales but also over long distances (Sautter, 1962; Vansina, 1962). Today, the people of Mossaka are still heavily engaged in trade relations. Mossaka is an important market centre, a relay point between the capital and the villages and fishing camps in the *cuvette centrale*.

3.4 | Flood-recession agriculture on the islands

The inhabitants of Mossaka also farm the numerous islands in the Congo River. This flood-recession agriculture, locally termed *mitsaba*, consists of planting crops (mainly manioc) once the islands emerge from the water (January/February) and harvesting the crops seven to nine months later (September–October), before the river once again floods the islands during the major rainy season. In this agricultural system, manioc tubers are harvested before they reach their full size. Labour needs for cultivating on the islands are highly seasonal. A large labour force is required during planting (rapid planting increases the length of the growing season) and harvesting (tubers must be harvested before the floods and processed soon afterwards). This agricultural system is riskier than raised-field agriculture, because unexpected floods can inundate the fields, ruining the entire crop. As for raised-field cultivation, farming in *mitsaba* fields is essentially done by women but can involve the participation of men.

4 | WHY HAS FLOOD-RECESSION AGRICULTURE BEEN ADOPTED?

Previous studies conducted in the region do not describe the practice of flood-recession agriculture. For example, Sautter (1962) does not mention this agricultural system in Mossaka. Harms (1999), working in 1975–1976 with the Nunu people (a short distance [ca. 30 km] from Mossaka on the DRC side), also makes no mention of farming conducted on islands. We found no reference to flood-recession agriculture on islands in Miracle’s (1967) book on agriculture in the Congo Basin. Based on our interviews, flood-recession agriculture on islands was adopted by the inhabitants of Mossaka in the early 1980s. As far back as local people can remember, the islands had not previously been cultivated with manioc:

When I was born in Mossaka in 1965, my mother was not cultivating on the islands, no one was cultivating there. People were just cultivating *maanga* [raised fields]. (woman, 50–60 years)

Once adopted, flood-recession agriculture spread rapidly within Mossaka, and today, all islands around Mossaka are cultivated. Flood-recession agriculture is not restricted to Mossaka. Inspection of Google Earth images reveals that islands are farmed along the Congo River over a distance of 100 km, both upstream and downstream of Mossaka. Inogwabini and Lingopa (2013), who studied a stretch of the Congo River from 100 to 500 km upstream of Mossaka, concluded that 70% of the islands are cultivated, with field sizes ranging from 0.1 to 3 ha (mean 1.6 ha). Whether the inhabitants of Mossaka

adopted this novel practice by diffusion from elsewhere in this reach of the river or by local innovation is unclear. Still, our study reveals that the adoption and spread of *mitsaba* agriculture in Mossaka were favoured by several non-mutually exclusive factors, which we consider in the following sections.

4.1 | A context of population growth, scarcity of manioc, and economic crisis

Population growth in Mossaka in the 1980s led to increased demand for manioc at a time when its supply from external sources was disrupted. Villages located on well-drained soils along the Alima River, which were previously the main exporters of manioc to Mossaka, began to send most of their production to Brazzaville. This was a response to increasing demand in this booming capital city. From 128,000 inhabitants in 1962, the population of Brazzaville exceeded 585,000 in 1984, and reached more than 1,373,000 inhabitants in 2007. Brazzaville accounts for more than 40% of the country's total population (Auger, 1972; CNSEE, 2007). Intensification of trade was facilitated by the paving in the 1980s of national road RN2, which connects the capital with the northern part of the country (Figure 2). Respondents consistently reported that in the 1970s and 1980s, manioc was scarce and expensive in Mossaka.

People from the Alima did not sell manioc to Mossaka anymore. They sent it to Brazzaville [...] At that time manioc was quite rare at Mossaka. When it came you had to be the first, it was a fight. (man, 40–50 years)

Not only did the price of food rise, but all household expenses (housing, school fees, health care, etc.) increased with urban development and increased integration into the market economy. Rising expenses and living costs posed even greater difficulties for Mossaka residents because fishing productivity per individual declined during this period (see Section 4.2).

More generally, the 1980s was a period of deep recession in the Republic of Congo, largely attributable to the fall in oil prices and decreased oil production (Massengo, 2004). This economic crisis led to the adoption, under pressure from the International Monetary Fund, of successive structural adjustment programmes, beginning in 1985, that included austerity measures (World Bank, 1987). The devaluation of the CFA franc in 1994 and civil war (1993–2002) both exacerbated the deteriorating and precarious living conditions.

The combined effects of decreasing external supply of the starchy staple manioc, the rising price of manioc and the increasing cost of living, as well as a decrease in fishing productivity, pushed many households to reduce their food expenses by producing more of their own food. Many households turned to flood-recession agriculture, a change that raises several questions: Why did people start to cultivate the islands, instead of, for example, intensifying raised-field agriculture? How and when did people first start to take an interest in the islands? What advantages could *mitsaba* agriculture offer that could compensate for its more constraining calendar and its greater flood risk? What factors made farming on the islands feasible and facilitated its widespread adoption? The remainder of the paper aims to answer these questions.

4.2 | Development of fishing activities on islands

According to people we interviewed, flood-recession agriculture emerged first as a side activity when people started spending more time in camps on islands for fishing activities. Up until the 1940s, fishing in the Congo River was limited by technology; fishing was essentially done in the floodplains. The introduction of cotton and nylon gillnets in the 1940s, the increasing market demand for freshwater fish owing to population growth (in Mossaka and in Brazzaville), and the increasing need for cash led to an upswing in river fishing and to the general intensification of fishing activity in the *cuvette centrale* (Comptour, 2017).

To the fishers from Mossaka were added migrant fishers from Brazzaville and around Mossaka. In the 1950s, the colonial administration estimated that 6,000 migrant fishers came every year, for a few weeks or months, to exploit the waters near Mossaka (Sautter, 1962). Migrants particularly favoured fishing in the Congo River, because, in contrast to floodplain fisheries, which are regulated and taxed by local lineages, the Congo River was (and remains) freely accessible (Comptour et al., 2016). Fishers, often accompanied by their families, settled in camps on the shores of islands. Sautter (1962, p. 68) wrote that “the islands in the Congo River are riddled with countless camps.” As a result of increased fishing pressure, fishers experienced a decrease in their daily catch and, in a vicious cycle, increased the time they devoted to fishing. Migrant fishers, as well as fishers from Mossaka, began to stay for longer periods in fishing camps:

Now people stay longer in fishing camps than in the 1960s, because fish are rare now. Before, if you spent one month in the camp, you would already get a lot of fish. Now, to have the same quantity, you have to spend more time. (man, 50–60 years)

While men were actively fishing, women began to cultivate small gardens near the camps. Like the waters in the main river channel, land on the islands is traditionally accessible to all: whoever first occupies land on an island can become its owner. People planted crops that developed rapidly and could be harvested between two successive floods, such as maize (*Zea mays*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*), sweet potato (*Ipomoea batatas*), and others. Manioc was also planted but only for consumption of its leaves. Prior to the 1980s, the prevailing consensus was that “between two floods, manioc does not have sufficient time to yield.” Rather rapidly soon after, however, people began to harvest manioc tubers as well:

Before, people said that manioc could not grow on the islands. Then people saw that even though its roots are small, if they planted enough, they could still get plenty of manioc. (woman, 40–50 years)

Gardens increased in size and manioc soon became the dominant crop in these fields. Today, people who cultivate fields on the islands do not always fish nearby.

4.3 | A hydrological regime shift decreasing the risk of flooding

Cultivation of manioc on the islands has accompanied the development of fishing activities in the Congo River, but was made possible by environmental change in the 1980s. The minor rainy season, which falls in the middle of the *mitsaba* growing season, is a particularly critical period (Figure 1). If the water level rises enough during this period to flood the islands, there is high risk of losing the entire crop. *Mitsaba* farming is also constrained by variation in the timing of arrival of the floods of the major rainy season. Our interviewees reported that yields are significantly affected if the floodwaters come a few weeks too early.

Despite recent advances in remote sensing and ongoing research monitoring the hydrology of the Congo River, this river still remains one of the least studied of the world's major rivers, especially with regard to long-term flood dynamics (Lee et al., 2011; O'Loughlin et al., 2013). The few studies of the Congo to date have drawn on annual mean flow data from Brazzaville and point to a relatively dry phase in the 1980s, but do not examine flows during each season (Laraque et al., 2001). Although the hydrological regime of the Congo River shows strong correspondence between Brazzaville and Mossaka, the Kasai River, a major tributary, joins the Congo between these two urban centres, and differentiates the flood regime between the two centres.

To assess changes in flows at Mossaka, we used data on daily water levels taken at Mossaka station, which are available only for the periods 1952–1965 and 1982–2015. We performed several treatments on the raw dataset to clean and harmonise the data and to reconstitute missing values (see the Supporting Information S2). In our analysis, we identified key indicators of the water level at Mossaka at each of the four seasons. The indicators *Ha* and *Hc* correspond to the means of the lowest water levels recorded during the major and minor dry seasons, respectively. The indicators *Hb* and *Hd* correspond to the means of the highest water levels recorded during the major and minor rainy seasons, respectively (Figure 1).

Our results confirm the presence of a “dry” period in the 1980s at Mossaka, with lower water level indicators both during the dry (*Ha* and *Hc*) and rainy seasons (*Hb* and *Hd*) (Figure 4). Fluctuations in *Hd* are particularly pertinent for determining the risk of flooding and the feasibility of *mitsaba* agriculture. During the minor rainy season *ndzobolo*, flood levels were significantly lower after 1980 than before. Interestingly, in 2014, during our field study, the water level reached during *ndzobolo* was so high that it submerged the *mitsaba* fields, causing extensive crop loss on the islands. Losses were such that most farmers (59% of a total of 196 farmers we specifically interviewed on this question) did not plant their fields in the following year, either because they feared another crop loss, or for economic reasons (e.g., lack of cash to buy new manioc stem cuttings). Those who still decided to cultivate planted smaller areas. According to farmers, this was the first time since the beginning of *mitsaba* cultivation that the floods during *ndzobolo* had overtopped fields. Indeed, as Figure 4 shows, the water level *Hd* attained in 2014 (285 cm) was equalled or surpassed several times in the decade of the 1960s but was never attained during the entire period 1970–2013.

Lower flood levels since 1980 decreased the risk of flooding during the minor rainy season and thereby extended the growing season, giving the tubers of manioc more time to mature. To assess the length of the growing season between two floods, we determined the number of days when the water level remained below 280 cm, as when the level exceeds

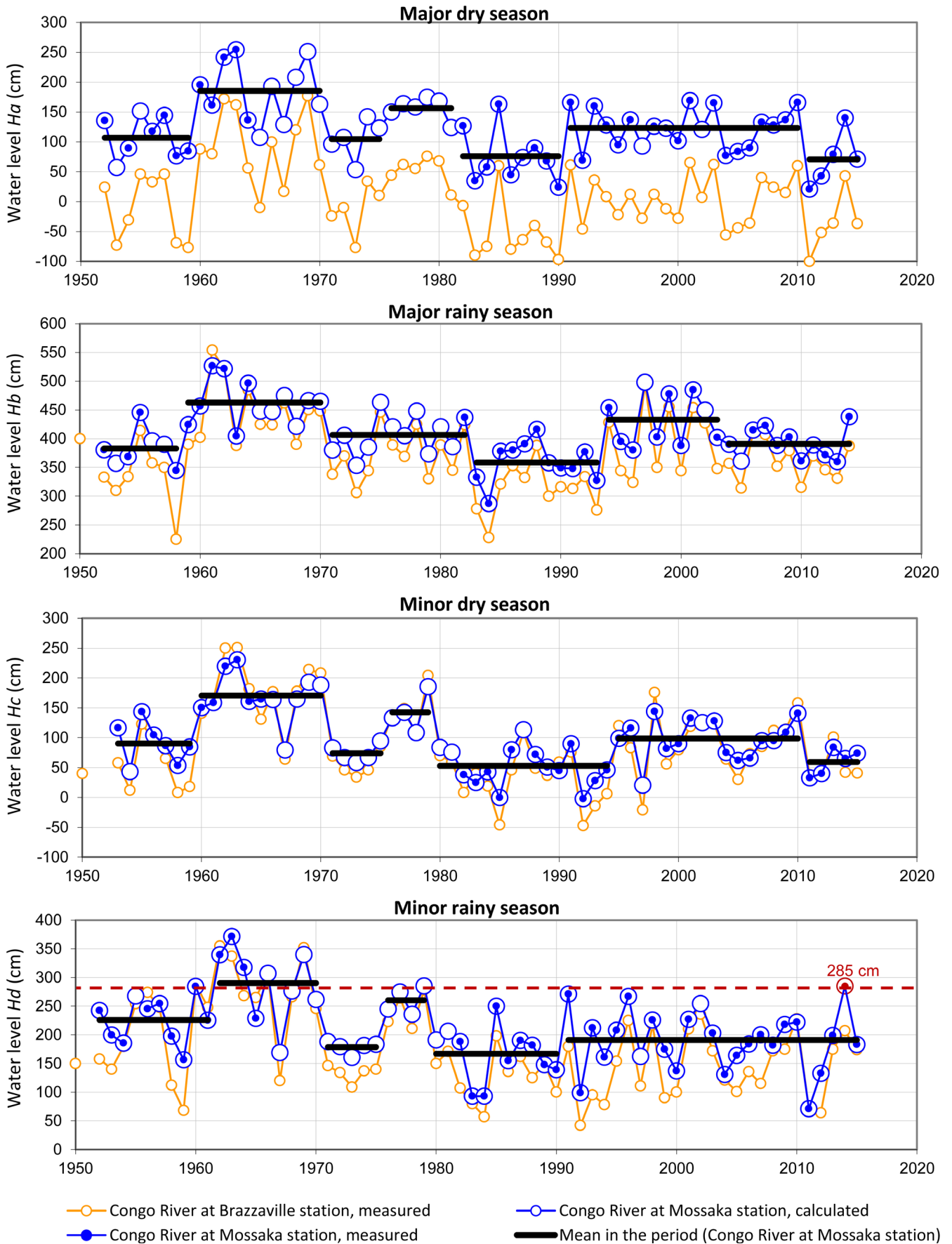


FIGURE 4 Changes in the indicators of seasonal water levels at the Brazzaville and Mossaka stations during the period 1952–2015.

285 cm, islands are inundated (as happened in 2014). We found that in the period 1982–2015, crops would have been able to grow on the islands during a mean of 268 days each year, whereas they had only 196 days to grow in the period 1955–1964. The 37% increase in the length of the growing season after 1980 is largely attributable to the absence of interruption by *ndzobolo* floods.

4.4 | Agronomic advantages

Flood-recession agriculture offers agronomic advantages compared with raised-field agriculture that may have encouraged its adoption. Whereas the floodplain near Mossaka is inundated primarily by rain water and by the “blackwater” Likouala-Mossaka River, characterised by strong acidity, high concentrations of dissolved organic matter and low concentrations of suspended sediment, the islands are flooded by the Congo River, a “clear-water river” with a somewhat higher concentration of sediments and lower acidity (Junk et al., 2011; Laraque & Olivry, 1996). The soils of islands are therefore expected to be more fertile than those of the floodplain where raised fields are built.

Analyses² of soil samples from the floodplain and islands show similarities in terms of low cation exchange capacity and low pH, but differences in at least three important respects (Table 1). Soils in the islands are lighter in texture, with less clay and silt, and more sand. The clay loam soils of the islands also have significantly higher levels of available phosphorus, which is vital to plant growth, than the clay soils of the floodplain. The C/N ratio in floodplain soils is significantly higher, indicating that their organic matter is more resistant to decomposition. All these properties make island soils more suitable for agriculture.

According to farmers, manioc grows much more rapidly on *mitsaba* fields on the islands than in raised fields in the floodplain where “manioc grows but after a delay,” “it doesn't grow well.” From this, we would expect that *mitsaba* fields offer higher yields than raised fields. However, our measures of yields of manioc in the two systems³ show that raised fields support an annual (and fallow-corrected) yield of 15.2 tons per hectare compared with an annual yield of 7.3 tons per hectare for flood-recession fields. By comparison, the mean yield of sub-Saharan African countries is 9.9 tons per hectare (Fermont et al., 2009). Although our results should be viewed with caution given the small sample size, they are consistent with farmers' reports and our observations. Manioc grows slowly in raised fields, but the addition of grasses as green manure in raised fields to increase soil fertility (Comptour et al., 2018), and the possibility of leaving manioc in the ground for enough time to mature, result in high yields. By contrast, flood-recession fields allow rapid growth of manioc tubers but are inundated for at least three months of the year and tubers must be harvested before they reach full size. This explains why annual yields are actually lower.

Still, it is likely that *mitsaba* flood-recession agriculture is more productive than raised-field agriculture in terms of yield per unit time invested. Although we did not measure directly the labour input time needed to obtain the yields, farmers agreed that *mitsaba* farming is much less labour demanding. Whereas raised-field agriculture “is difficult” and requires considerable labour investment to construct and regularly maintain the mounds, *mitsaba* farming allows cultivation of larger areas with much less time and is “easy, even children can do that.” This lower labour input may have greatly contributed

TABLE 1 Comparison of soil characteristics between floodplain and island samples taken in the Congo River Basin near the city of Mossaka in 2014

| Soil measurement | Floodplain (<i>N</i> = 15) | Island (<i>N</i> = 9) | <i>t</i> -Test | |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| | | | <i>t</i> -Value | <i>p</i> -Value |
| Texture (%) | | | | |
| Clay (<2 μm) | 46.9 ± 2.6 | 39.1 ± 4.8 | −1.56 | 0.134 |
| Silt (2–50 μm) | 36.7 ± 3.2 | 28.2 ± 2.5 | −1.83 | 0.081 |
| Sand (50–2,000 μm) | 18.4 ± 3.9 | 32.7 ± 6.6 | 2.00 | 0.059 |
| CEC (cmol+/kg) | 9.5 ± 0.7 | 8.9 ± 0.9 | −0.55 | 0.586 |
| pH | 4.0 ± 0.1 | 3.9 ± 0.1 | −0.72 | 0.480 |
| Available phosphorus (mg/kg) | 0.011 ± 0.001 | 0.034 ± 0.004 | 6.28 | <0.001 |
| C/N | 14.3 ± 0.5 | 12.2 ± 0.4 | −2.75 | 0.012 |
| Total organic matter (g/kg) | 37.6 ± 4.2 | 34.2 ± 5.1 | −0.51 | 0.615 |

Values represent means ± 1 SE. Results of *t*-tests assuming equal variances are shown. Two-tailed *p* values of $\alpha < 0.05$ are in bold.

to the rapid adoption of *mitsaba* farming. The possibility of rapidly obtaining tubers is also often mentioned by the farmers as a major advantage compared with raised-field agriculture.

The strong interest in *mitsaba* cultivation is concomitant with flagging interest in raised-field agriculture, which is not only labour-demanding but is losing importance because one of its main functions (storage of manioc) today confers a smaller advantage, owing to the ease of access to manioc in markets (Comptour et al., 2018).

4.5 | An agricultural system that particularly benefits women and newcomers

Flood-recession agriculture offers income opportunities, particularly for women. Flood-recession agriculture is extremely seasonal and much manioc is harvested in a short period (a few weeks) when the river rises. As manioc tubers are highly perishable (within two days once harvested), women transform them into more stable products. The two favoured products in Mossaka are *foufou* (manioc flour) and *kawa okanga* (manioc dough resulting from the retting and crushing of the tubers). Still, these two forms cannot be stored for more than a few months. One strategy for women is thus to sell (in Mossaka or Brazzaville) part of the *foufou* to earn additional income. Half of the 18 women interviewed on this topic had sold a part or all of the *foufou* they produced in 2013. Women, who had long been excluded from the cash economy and were dependent economically on men, find in *mitsaba* farming a way to earn income and increase their autonomy.

Mitsaba also benefited those people who had been excluded historically from holding floodplain land for farming. In the interior floodplain where raised-field agriculture is practised, land is traditionally owned and managed by several lineages whose ancestors settled in the area long ago (Comptour, 2017). Land on the islands, however, is available for claiming by the right of the first claimant, and newcomers were quick to see the opportunity to acquire land for flood-recession agriculture. Over time, both newcomers and people who had long lived in Mossaka (who have lineage territories in the floodplain) came to occupy large areas on the islands, sometimes on different islands. At times, the area claimed was not entirely cultivated because of a lack of labour. Today, most of the islands around Mossaka are claimed and the first farmers have divided the island lands among their heirs. Landowners also lend fields to farmers who do not have fields of their own, to secure their rights over areas that they have no time to cultivate.

4.6 | Availability of manioc landraces and labour

Cultivating fields on islands between two successive floods is not possible with slow-maturing landraces⁴ of manioc; that is, landraces yielding tubers only after more than one year. It was made possible by the availability of landraces of manioc that yield tubers rapidly. During our study, we identified 30 named landraces of manioc grown in Mossaka. Among them, 20 were classified by the inhabitants as short-cycle landraces, which can be harvested after a minimum of six months and which begin to deteriorate after 12–18 months in the ground. Others are medium-cycle landraces (seven), which require at least one year of development and provide maximum yield after two years of cultivation; and long-cycle landraces (two), which require at least 1.5 years of development and can be left in the ground for up to five years. The development cycle of one landrace could not be determined. All landraces are planted in raised fields but in *mitsaba* fields, no long-cycle landraces are planted and short-cycle landraces are favoured compared with medium-cycle landraces. According to farmers, of the 20 short-cycle landraces grown today in Mossaka, 12 were present before 1980 (six of them were present before 1960) (Comptour, 2017). These landraces, which were (and still are today) planted on raised fields, have allowed people to start cultivating on islands.

The development of *mitsaba* agriculture in Mossaka was then encouraged by the proximity of the DRC and by the economic, demographic, and environmental differences between the two countries. *Mitsaba* farming requires being able to marshal quickly a large quantity of stem cuttings and a large extra labour force so that fields are planted rapidly after the floodwaters recede and the growing period is thereby extended. Today, both stem cuttings and labour are supplied mainly by inhabitants of the towns and villages located on the bank of the river opposite Mossaka, in Equateur Province of the DRC (see Figure 2). In this reach of the river, the river banks on the DRC side are higher and form vast expanses of high ground that can be farmed year-round. Farmers of Equateur Province have become the principal supplier of the stem cuttings planted in the *mitsaba*. The standard of living of people in Equateur Province is much lower and the population density much higher (21 inhabitants/km²) than in the Département de la Cuvette in Republic of Congo (3.2 inhabitants/km²) (CNSEE, 2007; Institut National de la Statistique [INS] & Programme des Nations Unies pour le Développement [PNUD], 2015). Inhabitants of Mossaka profit from this abundant and “cheap” labour source to enlarge their fields. The DRC farmers are paid piece-rate in cash or in manufactured products.

5 | DISCUSSION AND CONCLUSION

Our study shows how people can adapt to new environmental conditions, here a climate-induced change in the hydrological regime of the Congo River, by turning the change to their advantage. Far from being passive recipients of change, residents of Mossaka seized upon the opportunity afforded by lower flood levels during the minor rainy season, which effectively extended the growing season on the nearby islands in the river channel. Adaptive change in local livelihoods was not driven, however, by one factor (i.e., climate change) but by many intertwined drivers – environmental, social, demographic, economic – acting on local and national scales. Figure 5 summarises the main drivers. Our study also reveals the importance of considering the multiple activities that constitute the livelihood system to understand the process of adaptation. In the case examined here, the adoption and spread of flood-recession agriculture on the islands can only be fully understood when considered in relation to changes in fishing, markets, and trade.

Flood-recession agriculture in the *cuvette centrale* of the Congo River Basin is likely to face at least two important challenges in the future. First, most land near Mossaka is already occupied, leading to the question of how the system will adapt to increasing demand for agricultural land. Second, climate change projections suggest that the Congo River may soon enter a period of generally higher water levels. Climate variability, both among seasons and years, is projected to increase, with rainfall increasing more than evaporation, leading to greater runoff and flooding (Beyene et al., 2013). According to Aloysius and Saiers (2017, p. 4122), annual runoff in the equatorial region of the Congo Basin is projected to increase by up to 5% by 2035 and up to 6%–7% by 2065. Further, river-level increases are projected to be greater in the minor rainy season than in the major rainy season, increasing the risk of crop loss in the middle of the period of *mitsaba* cultivation. This raises the question of whether farmers will continue to cultivate the islands. Our preliminary finding that a large number of people gave up cultivating their fields after the 2014 flood tends to answer this question in the negative. It

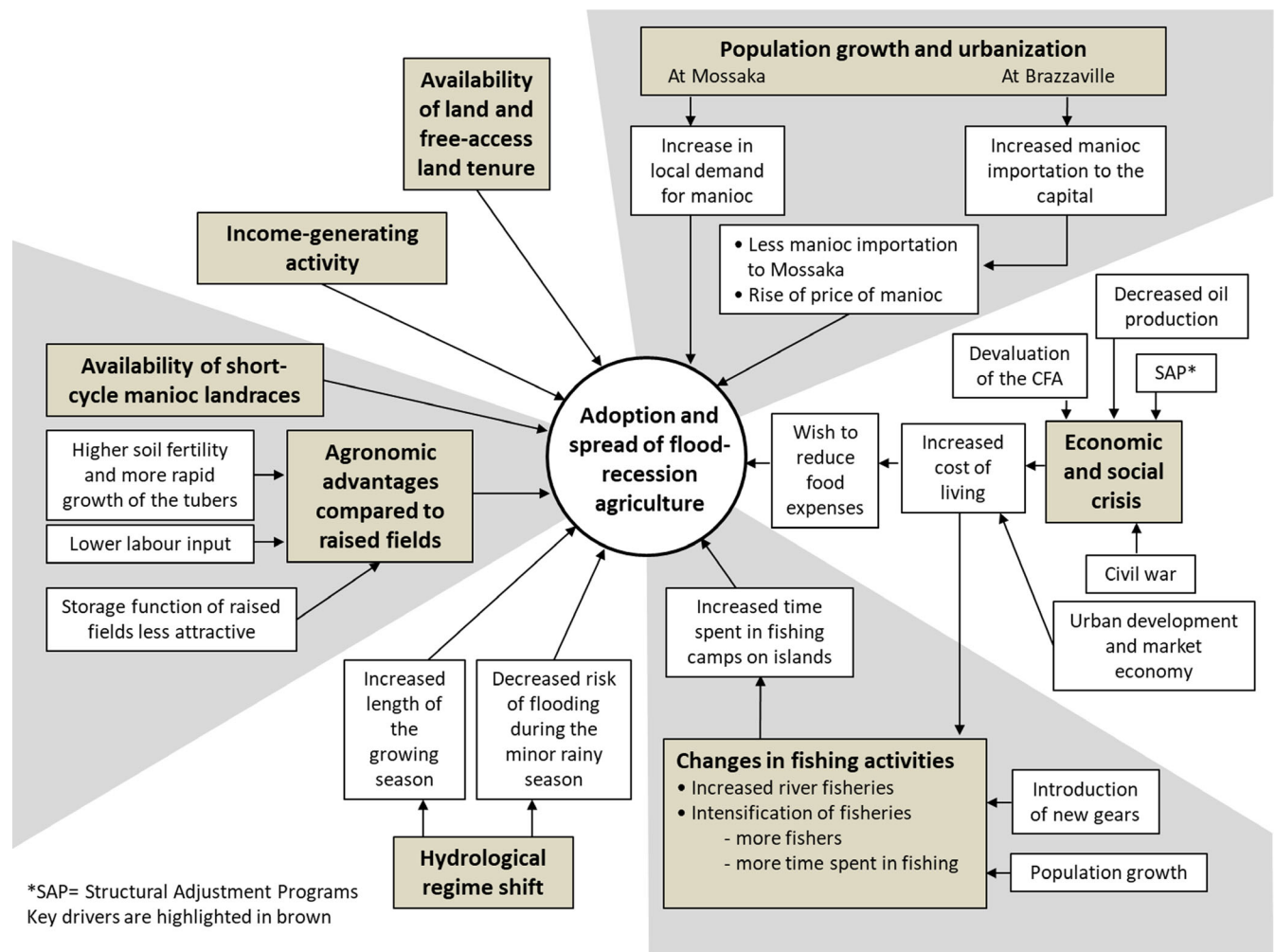


FIGURE 5 The adoption of flood-recession agriculture is due to many intertwined drivers.

is likely that people would stop cultivating islands if the risk of crop loss becomes too high. This would particularly harm women by the loss of income it represents, and newcomers, who lack other land to cultivate. Yet, the discourse following the 2014 flood revealed no desperation. People lost crops and investments, but all stated that they would rely on other activities (e.g., increase their time spent fishing, raised-field cultivation, or trading) and that they have a history without island cultivation. This again reflects the resilience of multi-activity livelihoods, which allow people to adopt or abandon activities when social-environmental conditions shift.



ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by grants to D.M. from the Institut Universitaire de France and from the TOSCA committee (Terre, Océans, Surfaces Continentales, Atmosphère; “FLOODSCAPE” project) of the French national space agency, CNES (Centre Nationale d’Etudes Spatiales); by a doctoral dissertation grant to M.C.; by a grant from the Groupement de Recherche “Mosaique” (GDR 3353 INEE/CNRS) to D.M., S.C., and M.C.; and by the program Soutien à la mobilité internationale-2018 of the InSHS-CNRS to S.C. from the French Ministère de l’Enseignement supérieur, de la Recherche et de l’Innovation. We especially thank the inhabitants of Mossaka for their help, support, and participation. We thank Joël Loumeto of the Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, for his logistical and administrative help, Tim Janicke for his help with statistical analysis and data visualisation, and Christine Raimond, Olivier Philippon and Eric Garine for their help and wise counsel from the beginning of the project. Finally, we thank two anonymous reviewers whose comments improved the manuscript.

ENDNOTES

- ¹ The Département de la Cuvette hosts a mean population density of 3.2 inhabitants/km², 2.9 inhabitants/km² if Mossaka is excluded (CNSEE, 2007).
- ² A detailed description of these analyses is provided in Supporting Information S3.
- ³ We measured yields in 10 raised fields belonging to two farmers and in two flood-recession fields of two farmers. A description of the method used is provided in Supporting Information S4.
- ⁴ The term “landrace” designates an entity that is named by farmers, who define them by a set of morphological, agronomic, or organoleptic criteria. The named landraces reflect farmers’ knowledge and do not necessarily correspond to genetically defined entities. Description of the identification of landraces is provided in Supporting Information S5.

ORCID

Marion Comptour  <https://orcid.org/0000-0002-8441-7991>
 Sophie Caillon  <https://orcid.org/0000-0002-1804-2212>
 Doyle McKey  <https://orcid.org/0000-0002-7271-901X>

REFERENCES

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 268–281. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Adger, W. N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, 3, 179–195. <https://doi.org/10.1191/1464993403ps060oa>
- Alcamo, J., Flörke, M., & Märker, M. (2007). Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal*, 52, 247–275. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.2.247>
- Aloysius, N., & Saïers, J. (2017). Simulated hydrologic response to projected changes in precipitation and temperature in the Congo River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 4115–4130. <https://doi.org/10.5194/hess-21-4115-2017>
- Auger, A. (1972). Le ravitaillement vivrier traditionnel de la population africaine de Brazzaville : Contribution à l’étude géographique des rapports villes-campagnes en Afrique intertropicale. [The traditional food supply of the African population of Brazzaville: Contribution to the geographical study of cities-countryside relations in intertropical Africa]. In *La croissance urbaine en Afrique noire et à Madagascar* [Urban growth in black Africa and Madagascar] (pp. 273–298). Paris, France: CNRS, Colloques internationaux du CNRS.
- Berkes, F., & Folke, C. (2002). *Linking social and ecological systems: Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Beyene, T., Ludwig, F., & Franssen, W. (2013). The potential consequences of climate change in the hydrology regime of the Congo River Basin. In A. Haensler, D. Jacob, P. Kabat, & F. Ludwig (Eds.), *Climate change scenarios for the Congo Basin* (pp. 59–104). Hamburg, Germany: Climate Service Centre.

- Boillat, S., & Berkes, F. (2013). Perception and interpretation of climate change among Quechua farmers of Bolivia: Indigenous knowledge as a resource for adaptive capacity. *Ecology and Society*, *18*. [https://doi.org/18\(4\).10.5751/es-05894-180421](https://doi.org/18(4).10.5751/es-05894-180421)
- Campbell, D. (2005). The Congo River Basin. In L. H. Fraser, & P. A. Keddy (Eds.), *The world's largest wetlands: Ecology and conservation* (pp. 149–165). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Capon, S. J., Chambers, L. E., Mac Nally, R., Naiman, R. J., Davies, P., Marshall, N., Pittock, J., Reid, M., Capon, T., Douglas, M., Catford, J., Baldwin, S. S., Stewardson, M., Roberts, J., Parsons, M., & Williams, S. E. (2013). Riparian ecosystems in the 21st Century: Hotspots for climate change adaptation? *Ecosystems*, *16*, 359–381. <https://doi.org/10.1007/s10021-013-9656-1>
- Centre National de la Statistique et des Etudes Economiques (2007). *Recensement général de la population et de l'habitation*. [General census of population and housing]. Brazzaville, République du Congo: Ministère du Plan et de l'Aménagement du Territoire.
- Comptour, M. (2017). Entre pêche, agriculture et commerce, jouer avec la variabilité écologique et sociale: Dynamique d'un système social-écologique dans les plaines inondables du fleuve Congo. [Between fishing, agriculture and trade, playing with ecological and social variability: dynamics of a social-ecological system in the flood plains of the Congo River]. Doctoral Thesis, University of Montpellier, Montpellier, France.
- Comptour, M., Caillon, S., & McKey, D. (2016). Pond fishing in the Congolese cuvette: A story of fishermen, animals, and water spirits. *Revue d'Ethnoécologie*, *10*. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.2795>
- Comptour, M., Caillon, S., Rodrigues, L., & McKey, D. (2018). Wetland raised-field agriculture and its contribution to sustainability: Ethnoecology of a present-day African system and questions about Pre-Columbian systems in the American tropics. *Sustainability*, *10*, 23. <https://doi.org/10.3390/su10093120>
- Coomes, O. T., Takasaki, Y., Abizaid, C., & Barham, B. L. (2010). Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environments: Evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology*, *17*, 513–521. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2010.00750.x>
- Duvail, S., & Hamerlynck, O. (2007). The Rufiji River flood: Plague or blessing? *International Journal of Biometeorology*, *52*, 33–42. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0105-8>
- Eakin, H. (2012). What is vulnerable? In J. Ingram, P. Ericksen, & D. Liverman (Eds.), *Food security and global environmental change* (pp. 78–86). Abingdon-on-Thames, UK: Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9781849776615>
- Ellis, F. (2000). *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Fermont, A. M., van Asten, P. J. A., Tittonell, P., van Wijk, M. T., & Giller, K. E. (2009). Closing the cassava yield gap: An analysis from smallholder farms in East Africa. *Field Crops Research*, *112*, 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.01.009>
- Froment, E. (1887). Trois affluents du Congo. Rivières Alima, Likouala, Sanga. *Bulletin de la Société de Géographie de Lille*, *7*, 458–474.
- Gómez-Baggethun, E., Corbera, E., & Reyes-García, V. (2013). Traditional ecological knowledge and global environmental change: Research findings and policy implications. *Ecology and Society*, *18*. [https://doi.org/18\(4\).10.5751/es-06288-180472](https://doi.org/18(4).10.5751/es-06288-180472)
- Harms, R. (1999). *Games against nature: An eco-cultural history of the Nunu of equatorial Africa*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Inogwabini, B.-I., & Lingopa, Z. (2013). Fish species occurrence, estimates and human activities on the islands of the Congo River, Central Africa. *Environmental Biology of Fishes*, *96*, 1289–1299. <https://doi.org/10.1007/s10641-013-0136-4>
- Institut National de la Statistique & Programme des Nations Unies pour le Développement (2015). *Annuaire statistique 2014*. Ministère du Plan et Révolution de la Modernité. République Démocratique du Congo.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Terrestrial and inland water systems. In *Climate change 2014 – Impacts, adaptation and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report* (pp. 271–360). Cambridge, UK: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415379.009>
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M., & Wittmann, F. (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, *31*, 623–640. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>
- Kelly, P., & Adger, W. (2000). Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change*, *47*, 325–352. <https://doi.org/10.1023/A:1005627828199>
- Laraque, A., Mahé, G., Orange, D., & Marieu, B. (2001). Spatiotemporal variation in hydrological regimes within Central Africa during the XXth century. *Journal of Hydrology*, *245*, 104–117. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00340-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00340-7)
- Laraque, A., & Olivry, J. (1996). Evolution de l'hydrologie du Congo-Zaïre et de ses affluents rive droite et dynamique des transports solides et dissous. In P. Chevallier & B. Pouyaud (Eds.), *L'hydrologie tropicale: Geoscience et outil pour le développement*. [Tropical hydrology: Geoscience and tools for development]. IAHS Publication No. 238 (pp. 271–288). Wallingford, UK: International Association of Hydrological Sciences.
- Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C., & Sinha, R. (2005). Tropical rivers. *Geomorphology*, *70*, 187–206. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.02.005>
- Lee, H., Beighley, R. E., Alsdorf, D., Jung, H. C., Shum, C. K., Duan, J., Guo, J., Yamazaki, D., & Andreadis, K. (2011). Characterization of terrestrial water dynamics in the Congo Basin using GRACE and satellite radar altimetry. *Remote Sensing of Environment*, *115*, 3530–3538. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.015>
- Massengo, G. B. (2004). *L'économie pétrolière du Congo*. [Congo's petroleum economy]. Paris, France: L'Harmattan.
- McDowell, G., Ford, J., & Jones, J. (2016). Community-level climate change vulnerability research: Trends, progress, and future directions. *Environmental Research Letters*, *11*, 10. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/033001>
- McSweeney, K., & Coomes, O. T. (2011). Climate-related disaster opens a window of opportunity for rural poor in northeastern Honduras. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*, 5203–5208. <https://doi.org/10.1073/pnas.1014123108>

- Miracle, M. P. (1967). *Agriculture in the Congo Basin: Tradition and change in African rural economies*. Madison, WI: Univ. of Wisconsin Press.
- Morton, J. F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19680–19685. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701855104>
- Ndinga Mbo, A. (2006). *Introduction à l'histoire des migrations au Congo-Brazzaville. Les Ngala dans la cuvette congolaise XVIIe-XIXe siècle*. [Introduction to the history of migration in Congo-Brazzaville. The Ngala in the Congolese cuvette, 17th–19th century]. Paris, France: L'Harmattan.
- Nelson, D. R., Adger, W. N., & Brown, K. (2007). Adaptation to environmental change: Contributions of a resilience framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 395–419. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- O'Loughlin, F., Trigg, M. A., Schumann, G. J.-P., & Bates, P. D. (2013). Hydraulic characterization of the middle reach of the Congo River. *Water Resources Research*, 49, 5059–5070. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20398>
- Raimond, C., Rangé, C., & Guérin, H. (2014). La multi-activité et la multifonctionnalité, principes d'un développement durable pour le lac Tchad ? [Multi-activity and multifunctionality, principles of sustainable development for Lake Chad] In J. Lemoalle, & G. Magrin (Eds.), *Le développement du lac Tchad : Situation actuelle et futurs possibles [The development of Lake Chad: current situation and possible futures]* (pp. 423–474). Marseille, France: IRD Editions.
- Sautter, G. (1962). *La Cuvette Congolaise: Monographie régionale des bassins de la Likouala-Mossaka, de l'Alima et de la Nkéné*. [The Congolese cuvette: Regional monograph of the basins of the Likouala-Mossaka, Alima and Nkéné Rivers]. Paris, France: Ministère de la coopération.
- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19703–19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Shinn, J. E. (2017). Toward anticipatory adaptation: Transforming social-ecological vulnerabilities in the Okavango Delta, Botswana. *The Geographical Journal*, 184, 179–191. <https://doi.org/10.1111/geoj.12244>
- Thornton, T. F., & Manafí, N. (2010). Adaptation—genuine and spurious: Demystifying adaptation processes in relation to climate change. *Environment and Society*, 1, 132–155. <https://doi.org/10.3167/ares.2010.010107>
- Vansina, J. (1962). Long-distance trade-routes in Central Africa. *The Journal of African History*, 3, 375–390.
- Wang, B., Pan, S.-Y., Ke, R.-Y., Wang, K., & Wei, Y.-M. (2014). An overview of climate change vulnerability: A bibliometric analysis based on Web of Science database. *Natural Hazards*, 74, 1649–1666. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1260-y>
- World Bank (1987). *Congo – Structural adjustment program project*. Washington, DC: World Bank. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/185901468019206371/Congo-Structural-Adjustment-Program-Project>

SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information may be found online in the Supporting Information section at the end of the article.

Supporting information S1. Ethnoecological fieldwork: semi-structured interviews and participant observation.

Supporting information S2. Hydrological regime shift.

Supporting information S3. Collection and analysis of soil samples.

Supporting information S4. Measurements of yields of manioc.

Supporting information S5. Identification of landraces of manioc.

How to cite this article: Comptour M, Cosiaux A, Coomes OT, et al. Agricultural innovation and environmental change on the floodplains of the Congo River. *The Geographical Journal*. 2019;00:1–15. <https://doi.org/10.1111/geoj.12314>



Insight, part of a Special Feature on [A brave new world: integrating human well-being in conservation](#)

Moving beyond the human–nature dichotomy through biocultural approaches: including ecological well-being in resilience indicators

*Sophie Caillon*¹, *Georgina Cullman*^{2,3}, *Bas Verschuuren*⁴ and *Eleanor J. Sterling*²

ABSTRACT. Diverse and productive ecosystems and human well-being are too often considered opposing targets. This stems mainly from nature being perceived as separate from culture, which results in resilience indicators that focus predominantly on either ecosystems or humans, and that overlook the interplay between the two. Meanwhile, global targets for biodiversity conservation and human well-being have yet to be satisfactorily achieved. We believe that in order to develop effective, culturally appropriate, and equitable conservation strategies that ensure social-ecological resilience, conservation planners and practitioners must conceive of human and ecological well-beings as an interrelated system. By giving nature a voice, and by viewing nature and people as an undifferentiated whole, some indigenous peoples and local communities (IPLC) have philosophical bases for achieving well-being for both humans and nature. Biocultural approaches to conservation ground management in local knowledges, practices, and ontologies. These approaches encompass both the biological and cultural aspects of a system, address complex relationships and feedbacks within human and ecological well-being, and offer flexible frameworks that facilitate synthesis across different metrics, knowledge systems, and ontologies. The process of developing indicators of resilience with a biocultural approach could help (1) overcome the human–nature dichotomy that often makes global approaches incompatible with local approaches by integrating local peoples' diverse forms of relating to nature, (2) reflect two-way feedbacks between people and their environment by focusing on processes, not just final states, and (3) define, measure, and monitor ecological and human well-being as a whole. It can also facilitate dialog between IPLCs and global decision-makers who are disconnected from local realities, and between people from a diversity of disciplinary, ontological, and professional backgrounds.

Key Words: *biocultural approach; conservation; ecological well-being; human well-being; indicator; indigenous peoples and local communities; nature–culture; ontology; resilience; traditional ecological knowledge*

INTRODUCTION

Despite growing awareness and efforts to conserve biodiversity, ecosystems worldwide are still declining (Botsford et al. 1997, Vitousek et al. 1997, Butchart et al. 2010, Newbold et al. 2016) while people still struggle to lead a life in which they themselves can decide how to improve their well-being (UNDP 2016). Policy-makers and scientists too often frame the targets of diverse and productive ecosystems and healthy human societies as if they were in opposition (Raudsepp-Hearne et al. 2010, McShane 2011). This framing shapes the development of indicators for managing biodiversity and human well-being. Most internationally derived indicator sets (e.g., GDP ranking, world development indicators, IUCN Red List index) measure ecosystem and human health separately. Recent efforts to reconcile nature conservation and human development include promoting the integration of social sciences into conservation (Mascia et al. 2003, Agrawal and Ostrom 2006, Brosius 2006, Peterson et al. 2010, Barry and Born 2013, Sandbrook et al. 2013, Bennett et al. 2016, Ives et al. 2017) and the integration of local actors (e.g., community members, NGOs, local government) into research and action through social-ecological systems resilience studies, community-based management, or in situ conservation of agrobiodiversity (Altieri and Merrick 1987, Alcorn 1993, Pinedo-Vásquez and Padoch 1993, Berkes 2008, Liu and Opdam 2014, Ens et al. 2016). These efforts have led to (1) more nuanced human well-being indicators, modified from the Human Development Index, to better integrate material conditions, quality of life (e.g., spiritual dimensions, social connections, environmental quality, and subjective well-

being), and sustainability of well-being (i.e., human, social, economic, and natural capital) (Clark 2014, OECD 2015, Biedenweg et al. 2017, Gross-Camp 2017, Wali et al. 2017), and (2) sets of indicators, such as the United Nations Sustainable Development Goals, that include people-focused and ecological goals but fall short in integrating these domains through attention to the feedbacks and interactions between humans and the environment.

Defining, measuring, and monitoring biodiversity and human well-being indicators separately may result in irrelevant or disruptive actions on the local scale (Jupiter 2017, Sterling et al. 2017b). We advocate for comparable investment in indicators that integrate the specific well-being of ecosystems and the relationship between humans and nature that maintain these well-beings. Equitable conservation strategies can be achieved only if we believe in a joint future for ecological and human well-beings by (1) actively engaging with the diversity of knowledges, practices, and ontologies (i.e., different realities with complex relations between distinct categories of being; for example, between humans and nonhumans, such as landforms, spirits, rocks, trees, energy), (2) moving beyond the dichotomy between people and nature, and (3) giving nature a voice.

We are aware that ecological well-being is difficult if not impossible to define generically, but when grounded in a place and in relation to the peoples who manage that place, it is possible to articulate preferred states as well as specific notions of respect, caring, and responsibility for nature that are held by a given social

¹CEFE UMR 5175, CNRS - Université de Montpellier - Université Paul-Valéry Montpellier - EPHE - IRD, France, ²Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History, USA, ³Forestry, Horticulture, and Natural Resources, New York City Department of Parks & Recreation, USA, ⁴Department of Sociology of Development and Change, Wageningen University, Netherlands

Erratum: The authors' affiliations given in the original publication of this paper were incorrect. Corrections were made on 28 November 2017.

group. We have much to learn from other knowledge traditions (Matulis and Moyer 2016), in particular, the importance of relational values (Chan et al. 2016, Pascual et al. 2017) that apply to interactions with place (i.e., the concepts of place attachment or sense of place) (cf. Massey 1991, Ingold 2000, Poe et al. 2016). Moving beyond the human–nature dichotomy in conservation practices results in a different relationship and hierarchy between humans and nature, and a contingent responsibility on the part of humans to nurture the environment and not just benefit from it (Pascual et al. 2017).

Ignoring the feedbacks and interactions between humans and ecosystems is ahistorical, a denial of the often generations-long relationships between people and their environments. It ignores omnipresent human influence on ecosystems and people's rights to their territories and resources (Gillson and Willis 2004, Heckenberger et al. 2007, van Oudenhoven et al. 2011). In addition, framing conservation objectives in terms of “reverting” to a prior, pristine nature, as is often implied in conservation and restoration strategies, both impedes us from imagining transformative futures and recreates the structural elements that have resulted in present-day environmental degradation and cultural erasure (West 2016). Here, we use the term “nature” when noting human perceptions and conceptual interactions with the environment. We use the more technical term “ecosystem” when presenting scientific realities such as “ecosystems are dynamic” or when discussing human management or use of the material component of the environment. Both terms encompass the processes and interactions that support systems, not just isolated individuals. For culture, we have adopted Bates and Plog's definition (1990:7) “the system of shared beliefs, values, customs, behaviors, and artifacts that the members of society use to cope with their world and with one another, and that are transmitted from generation to generation,” and within the same generation through learning. Thus, culture is holistic, dynamic, ubiquitous, and learned.

We explore the implications of including paired ecological and human well-being in conservation practices through biocultural approaches—ones that include the dynamic interactions between local knowledges, practices, and ontologies, and recognize the generative interrelationships between people and their environment, and the processes and feedbacks that sustain ecological and human well-being (Maffi and Woodley 2010, Gavin et al. 2015, Sterling et al. 2017b, McCarter et al. 2018). Biocultural approaches are gaining traction in resource management arenas and particularly with international conventions and platforms (e.g., Convention on Biological Diversity, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES], United Nations) (Gavin et al. 2015, Pascual et al. 2017, Sterling et al. 2017b). Taking into account the mutualistic relation between local peoples, particularly indigenous peoples and local communities (IPLCs), and the environment (Kuznar 2001, Cairns 2007) does not exclude scientific measurements and monitoring of ecosystem states, processes, interactions, and functions. Local knowledges and western sciences, especially the discipline of community ecology, share common concepts such as connectedness and relatedness (Pioretti and Wildcat 2000), aspects specifically recognized as a core concern to conservation (Zylstra et al. 2014). Western sciences have supported objectives defined by local peoples (Bartlett et al. 2012, Muller 2012, Verschuuren et al. 2015).

The creation and measurement of resilience indicators (capturing the capacity of systems to absorb shocks and disturbances, and to catalyze renewal, adaptation, transformation, and innovation) (cf. Béné et al. 2013) through a biocultural approach can contribute to equitable conservation strategies that achieve well-being for humans and nature. Biocultural approaches recognize and emphasize IPLCs' realities through an emic approach, which aims to illuminate IPLCs' own understandings of their relationships to nature (as opposed to a priori theoretical frameworks that underpin etic approaches). The approaches take into account interactions between humans and nature, and try to integrate connections—including both convergences and divergences—between local and scientific knowledges. The co-construction of indicators of resilience can also facilitate dialog between IPLCs dwelling with nature and other decision-makers, and between people from a diversity of backgrounds (Verschuuren et al. 2014). A focus on the interactions between people and their environment facilitates attention to processes in addition to final states. We propose that conservation planning and policy should address the diversity of knowledges (including classification systems) and practices embedded in different ontologies. Additionally, given human embeddedness within ecosystems, ecological well-being in and of itself should be considered by giving nature a voice. We believe that attention to how we measure and monitor progress toward targets can help bring these conceptual ideas into practice. The ideas in this paper reflect our experiences with peoples dwelling with nature, as well as discussions from workshops and organized sessions that convened diverse stakeholders (including scientists from different disciplines), backgrounds, and countries.

A DIVERSITY OF LOCAL KNOWLEDGES, PRACTICES, AND ONTOLOGIES

Humans in different places around the world make use of different ontologies that shape the worlds they know and see, and how they behave and interact with them. We define ontology as the conceptualization of the nature and relation of being. Ontologies are continuously in interaction with knowledges and practices, and through this interaction, distinct realities are enacted. This dynamic dialectic shapes a myriad of relationships to nature; materiality and immateriality are interconnected, indistinguishable, and produce one another. We are not describing how different groups of people have different perceptions of a single world (a multicultural etic approach), but rather are accepting the radical plurality of worlds, and thus of natures (a multinaturalist emic approach developed by Viveiros de Castro [1998]). Many IPLCs do not consider nature and humans as separate, and their views often differ from western-educated conservation agents (West 2006, Jupiter 2017). Since the 1980s, anthropologists such as Viveiros de Castro (1992), Strathern (1980), and Descola (1986, 2005) have documented such indigenous ontologies. They have described how small-scale societies conceive of themselves as part of their environment, and view their surroundings as kin. As reported by Descola (1986), the Achuar from the Ecuadorian Amazonian forest, for example, confer to nonhumans attributes that are similar to those of humans. Animals, according to the Achuar, have the same spirit, called *wakan*, as humans, and appear as animals only on the outside, as seen by others. Animals have a reflexive consciousness and intentionality; they can express emotions and communicate among themselves or with members of other species, like humans.

Early anthropologists—including Durkheim and Mauss (1901), Evans-Pritchard (1940), Conklin (1954), and Levi-Strauss (1962)—as well as later ethnobotanists (Hunn 1977, Friedberg 1990, Berlin 1992, Ellen 1998) have shown the richness of local knowledges and practices in relation to nature by using IPLCs' lenses. For example, work on ethno-classifications shows that how people know and see the world is also how they classify it (Brown et al. 1976, Friedberg 1992). As such, each ontology results in different ways of seeing, ordering, ranking, and categorizing; this has profound implications for conceiving of problems, identifying solutions, and measuring success toward envisioned futures. The original goal of these early anthropologists and ethnobiologists was to understand societies through a society's own construct of knowledge on the environment, and not to understand the environment itself and its uses (Roué 2014). These ideas were the precursors of the biocultural approach we are promoting in this paper. More recently, "multi-species ethnography" looks to better integrate the strong and changing interconnections between humans and nature. It focuses on the multiple relations people have with their environment and how these relations make people become humans (Kohn 2007, Haraway 2008, Kirksey and Helmreich 2010, Ogden et al. 2013, Tsing 2015). This movement could bring new concepts and methods, and help improve mutualism between human and ecological well-being, especially if it also includes the study of the role of nonhumans.

Conservationists have noted that some aspects of local knowledges have strong parallels with western scientific categories and have aimed to use fragments of that knowledge—particularly those termed "ecological" knowledge—in service of conservation objectives (Gadgil et al. 1993, Huntington 2000, Berkes et al. 2000, Drew 2005, Menzies 2006, Aswani and Lauer 2014). However, local knowledges are dynamic, situational, and relational, and arise from a combination of common heritage and individual experience. They change and adapt in response to social and environmental changes. Knowledge about nature is entwined and built up with other types of knowledge—such as knowledge about death and ancestors, birth and children (West 2005). The different spheres or systems of knowledge developed by IPLCs are interconnected. Moreover, when trying to understand how local knowledges could contribute to conservation, the study of the processes and relationships that are mobilized to accumulate knowledge is often more informative than the end products, such as the number of plants known at the community level (Ellen 1998). It is important to understand how people transmit knowledge vertically (from parents to offspring), horizontally (among peers of the same generation), or obliquely (between less-related generations), thereby mobilizing their kin group, relatives, or external people.

New approaches developed in the context of IPBES emphasize using validation systems from within each knowledge system rather than using one knowledge system (for instance, western science) to validate information from another system (for instance, local knowledge) (Tengö et al. 2014). In part this is because definitions of human relationships to the environment based on different ontologies may conflict because they are not addressing the same system or perhaps the same reality. For example, Blaser (2009) describes how different ontologies and knowledges created conflict around the management of hunting in a park in Paraguay. In an agreement between the managers of

the park and the Yshiro, the local indigenous people, sustainable hunting of anacondas (*Eumectes notaeus*) was explained to the Yshiro as hunting without impairing the hunt for future generations. The Yshiro thus set off to hunt a significant, but in their eyes sustainable, number of anacondas. The Yshiro believe in a culture of reciprocity, where the forest will continuously provide resources as long as relationships between all entities are in equilibrium. This involves communicating with "powers and potencies" of nonhuman entities, which is done through shamans. The conservation biologists did not agree with the resulting behaviors. Their own science-based strategy to achieve sustainability involves population viability of species calculated at a far lower uptake limit. Both parties were acting "correctly" with respect to their own understanding of sustainability. To reduce conflict, the Yshiro and the conservation biologists could have placed greater importance on the co-construction of indicators and operationalization of sustainable harvesting.

Conservation initiatives with IPLCs should work in partnership to apply knowledge from multiple knowledge systems and ontologies, and to better understand the reasons for different proposed strategies. Ignoring local ontologies by giving primacy to western framing of issues can exacerbate political, economic, religious, and educational inequalities, and ultimately frustrate conservation outcomes (Walley 2002, Atran et al. 2005, Bartlett et al. 2012, Verschuuren 2016). Creating channels toward a plurality of ontologies also means that biodiversity conservation strategies in territories of IPLCs cannot simply use conventional actions such as reducing "human pressure" (e.g., West 2005).

NATURE SHOULD BE GIVEN A VOICE

The scientific literature places a substantial emphasis on the positive impact of nature on human well-being, but only rarely the reverse (Biedenweg et al. 2014, Camberti et al. 2015). This lacuna can be explained in part by the fact that western ontologies do not give the same status to nature as to humans. In some other ontologies, rivers, trees, and rocks are animated and relate to people; nature is given a voice and acquires rights to existence, similar to humans (Emmenegger and Tschentscher 1994, Starik 1995, Cullinan 2002, Burdon 2011). Is this expansion of rights "unthinkable" beyond those cultures? No, there are parallels in western history when rights were afforded to groups previously denied similar status to other humans—e.g., slaves, women, and children (Stone 2010 [1972]).

Today, Ecuadorians have overcome the "unthinkable" with respect to nature's existence and rights. Ecuador's courts were the first to uphold the rights of nature. In the country's constitution of 2008, nature "has the right to exist, persist, maintain and regenerate its vital cycles, structure, functions and its processes in evolution" (Constitution of the Republic of Ecuador, Title II, Ch.7 "Rights of nature": Art.71). The court succeeded in asserting a harmony between people and nature (Becker 2011), thereby establishing a legal basis for the inherent rights of nature, and recognizing the indisputable importance of those rights in the present and for future generations (Daly 2012).

New Zealanders have acknowledged a former national park, Te Urewera, as "a legal entity" with "all the rights, powers, duties, and liabilities of a legal person" (Te Urewera Act 2014: section 11(1)). Te Urewera thus gained the status of an integrated, living whole with rights and interests according to the ontology of

Tūhoe, a Māori group. Māori iwi are well-known for their close relationship with nature and their holistic ontology, called Kotahitanga, which recognizes how each individual's actions affects the collective (Marsden 1992, Mead 2003). Their relations with other humans and nonhumans is clear from the very start of the Act: Te Urewera is described as a “place of spiritual value, with its own mana and mauri” (section 3(2)), and his origin is storied as “*Te Manawa o te Ika a Māui*; it is the heart of the great fish of Maui, its name being derived from Murakareke, the son of the ancestor Tūhoe.[...] Te Urewera expresses and gives meaning to Tūhoe culture, language, customs, and identity” (section 3(4,6)). (According to the Māori dictionary [Moorfield 2011], mana means the “prestige, authority, control, power, influence, status, spiritual power, charisma—mana is a supernatural force in a person, place or object,” and mauri means “life principle, life force, vital essence, special nature, a material symbol of a life principle, source of emotions—the essential quality and vitality of a being or entity. Also used for a physical object, individual, ecosystem or social group in which this essence is located”). The law empowers Tūhoe stewardship of Te Urewera and enables the continuation of this generative relationship between people and place.

Once a natural entity gains legal standing, what are the implications in terms of assessing obligations to it? Is it appropriate to conceive of ecological well-being or ecosystem “health,” or should the scientific lexicon, such as ecosystem state/biodiversity/processes/functions/resilience, continue to predominate? The ecosystem health literature (e.g., Schaeffer et al. 1988, Costanza et al. 1992) proposes measurement in terms of vigor, organization, and resilience (Costanza 2012), and is generally associated with a utilitarian value and western understandings of ecosystems. The term ecosystem health can be used without reference to feedbacks with people, though some authors do recognize these links (Tiwari et al. 1998, Spiegel et al. 2001, Tzoulas et al. 2007). We believe that using the same term “well-being” for humans as well as nonhumans helps reinforce interactions and processes between humans and nature. In addition, the use of well-being encourages a focus not just on the absence of physical illness or decline in ecosystem state, but also on less easily translated elements such as connection to place, or mental and spiritual well-being of nonhumans (West 2005).

Again, New Zealanders are pioneering. The Whanganui River is also granted legal personhood (i.e., a “legal entity with standing in its own right” (Tūtohu Whakatupua, Whanganui Iwi and the Crown (2012): section 2.1.2), and its well-being is highlighted repeatedly in the legal agreement between Whanganui Iwi and the Crown. “*Ko au te awa, ko te awa ko au*—the health and well-being of the Whanganui River is intrinsically interconnected with the health and well-being of the people” (section 1.8.2). “Whanganui Iwi view the Whanganui River as a living being, Te Awa Tupua; an indivisible whole incorporating its tributaries and all its physical and metaphysical elements from the mountains to the sea” (section 1.2). Similarly, on 20 March 2017, a court in Uttarakhand, India ordered that the Ganga and the Yamuna, and all their tributaries, “are declared as juristic/legal persons/living entities having the status of a legal person with all corresponding rights, duties and liabilities of a living person in order to preserve and conserve river Ganga and Yamuna” (Sharma and Singh 2017:11).

But how can a land or a river talk, express its discontent—or the opposite—its well-being? These no-longer-missing actors are still mute. Stone (2010 [1972]), a legal scholar, has already raised this issue: “It is no answer to say that streams and forests cannot have standing because streams and forests cannot speak” (Stone 2010 [1972]:27). Lawyers can speak for corporations or municipalities, so they can do the same for nature in the name of guardians. Even though they are not currently recognized by law, the deities inhabiting the sacred forests and mountains in Tibet have spoken to the Tibetan people through their shamans for millennia, thus maintaining a topocosmic (i.e., the world order that places humans on the same footing as animals and plants) equilibrium (Studley and Jikmed 2016). In New Zealand, a board appointed by Tūhoe Te Uru Taumatua's trustees and by the ministers will manage the land Te Uwerera, and two river guardians (Te Pou Tupua) appointed by the legislation—one by the Crown, one by the Māori people living close to the river—will protect and promote the river's status and well-being (Tūtohu Whakatupua: section 2.21). In India, two officers, named *persons in loco parentis*, are appointed “to promote the health and well being” of the rivers (Sharma and Singh 2017:12).

Does this process once again impose anthropocentric values on nature by deciding what is good for nature and who can speak for nature? If the ventriloquist is not the IPLCs living with and for the river, should it be external specialists in ecology or global policy-makers? Regardless of who speaks for nature, we sustain nature as humans prefer it, but in the Te Urewera and Whanganui river case studies, nature and humans can access the same legal status. In the ontology of the Māori, humans and nonhumans communicate because one belongs to the other, and reciprocally: “I am the River, and the River is me” (Tūtohu Whakatupua: section 1.1). Studley and Jikmed (2016) provides more insight and examples of how juristic personhood is bestowed upon nonhuman entities and nature. In most contexts, if IPLCs self-define human and ecological well-being, and choose relevant indicators via biocultural approaches, we advance toward giving nature a voice.

BIOCULTURAL APPROACHES TO INDICATOR DEVELOPMENT

Biocultural approaches employ participatory methods for goal setting, identification of locally relevant criteria and indicators of resilience, monitoring, and evaluation, and continued adaptive management (e.g., Tipa and Nelson 2008, Verschuuren 2012, Verschuuren et al. 2014, Wali et al. 2017, Sterling et al. 2017a, McCarter et al. 2018). The process of selecting indicators for human well-being in biocultural landscapes, for example in Bolivia (Escobar 2014) as well as in Ghana (Guri and Verschuuren 2014), shows that many IPLCs recognize a direct link between human well-being and landscape quality. Culture and spirituality form key areas for the selection of community-level indicators. These authors provide examples of indicators for human well-being, such as number of sacred sites revitalized and maintained, or cultural festivals celebrated, among many others. The approaches differ significantly in the goal setting, problem identification, and potential solutions in comparison with conventional biodiversity conservation and resource management projects.

Resulting resilience indicators will also undoubtedly differ depending on the stakeholders, as each ontology relies on different ways of seeing, ordering, ranking, validating, and categorizing elements of a system. For example, 96 varieties of taro (*Colocasia esculenta*) in a village in Vanuatu hold high cultural heritage value for farmers, as expressed in varieties' names and histories, their exchange potential emphasized by their rarity, and the pride farmers develop when exhibiting their know-how in open water taro pondfields (Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005). In contrast, agronomists note that very few clones of taro were introduced in the country, and they worry about the resulting narrow genetic base; most morphological diversity is due to mutations (Caillon et al. 2006). A resilience indicator regarding the number of named varieties in a village will not have the same value depending on the background and interests of each actor. All metrics of resilience reflect the values of the measurers and their ontologies, so it is important to attempt to accommodate diversity (Pascual et al. 2017).

Several groups have already developed culturally grounded indicators, such as the United Nations University (UNU)-United Nations Environment Programme "Learning from the Practitioners" framework, the UNU-Biodiversity Biocultural Indicator Toolkit, and the Melanesian Well-being Indicators, and via the Mauri Model decision-making framework (Morgan 2006, Subramanian and Pisupati 2009, Malvatumauri National Council of Chiefs 2012, Bergamini et al. 2013, UNU-IAS et al. 2014, Sterling et al. 2017a, b). Current methods that expand the breadth of resilience indicators available for decision-making in biocultural approaches include cultural landscape and community asset mapping, multispecies ethnographies, and the development of community well-being indicators for the conservation of biocultural landscapes (Ens 2012, Verschuuren et al. 2014, Pert et al. 2015, Wali et al. 2017, Thàch et al. 2017, McCarter et al. 2018).

Sometimes locally important, culturally grounded elements are less tangible and harder to measure than global ones, and we need to identify ways to equitably include them (Nic Eoin and King 2013, Satterfield et al. 2013). These may be locally measured and justified through local ontologies, but they are difficult to translate across scales; e.g., local to national or global (Sterling et al. 2017b, Verschuuren et al. 2014). There are ways, however, to mesh locally derived and internationally generated resilience indicators. For instance, results from cultural landscape mapping could be combined with other spatially explicit indicator compilations, such as the ambitious Biodiversity Indicators Dashboard developed by NatureServe (2012), to better visually capture both cultural and biological elements of a system. However, what remains a challenge is to determine action based on the indicators. By giving recognition to a diversity of ontologies, a new negotiation must occur to determine the indicators that significantly impact directions for collective action. This synthesis across ontologies is still a work in progress in most areas.

Similarly, development of indicators that focus on processes and not just outcomes is an emerging field and a critical part of biocultural approaches to indicator development. Most indicators focus only on the end results of such processes. By just focusing on the outcomes, one risks missing critical elements that contributed to those outcomes. For example, in the Pacific

Northwest of North America, in what is now British Columbia, Canada, humans over thousands of years enriched the terrestrial ecosystems (Trant et al. 2016). First Nations resource use, as evidenced by shell middens in nearshore habitation sites, elevated the soil nutrient composition (especially calcium and phosphorous, which are limiting in these forests otherwise), which led to better growing conditions for the forest as a whole. Through intentional burying of shells from the intertidal zone and use of fire in and near habitation sites, First Nations altered soil chemistry and nutrient availability. In particular, Trant et al. (2016) were able to show the effect of nutrient enrichment on the growth and productivity of the western redcedar (*Thuja plicata*), a culturally and economically important species. Outcomes-based indicators would focus on the growth and productivity of the cedar and perhaps fail to capture the long-term process of soil nutrient enrichment through the creation of the shell middens—the generations of care that led to their healthy state. In addition, an ecosystem services framework might emphasize the provisioning service that First Nations enjoy in terms of building materials from the forests, while overlooking the critical feedback from First Nations practices that enrich forest ecosystems. Thus, the processes encompassed by relationships between elements in a system need to be measured, in addition to the elements themselves. Indicators for capturing this process might be the number and frequency of additions to shell midden as well as the number, identity, and distribution of people who continue this practice of enriching middens. Better attention to processes and feedbacks could help us sustainably manage resources and increase the well-being of both humans and nature.

Characterization of the connections between humans and their environment, and how they evolve through time, is a product of ontological pluralism, knowledges, sciences, and the different relationships between humans and nature. Working to understand how ontologies and local viewpoints, motivations, and behaviors can improve processes and outcomes helps ensure that people can react or adapt early to a change in a system and subsequently make it more resilient.

CONCLUSION

We have argued that ecological well-being is an overlooked concept. Better accounting for how human and ecological well-being are inextricably related makes conservation approaches more socially just and equitable. We identify some barriers to considering ecological well-being, including the western dichotomy between nature and culture, and a lack of appreciation for how different constructs of nature in different ontologies permeate our values and actions. Other viewpoints on nature and conservation exist: not those that view people and nature as separate, but those in which people are part of nature, where people and nature continuously interact and produce one another. We then show how a more expansive reframing, through the adoption of biocultural approaches, reinforces a "people as part of nature" perspective, can influence the selection and use of new resilience indicators, and can inform conservation practice. In particular, we advocate for the development of indicators that (1) integrate IPLCs' diverse forms of relating to nature, (2) reflect two-way feedbacks between people and their environment (i.e., services to and from ecosystems) (Comberty 2015), (3) include foreground processes, not just outcomes, and (4) define, measure, and monitor both ecological and human well-being. We need

flexible frameworks and approaches that facilitate synthesis across different metrics, knowledge systems, and ontologies, and that contribute to the creation of a common ground, encompassing human and ecological well-being, on which a joint future for people and nature can be built.

Responses to this article can be read online at:
<http://www.ecologyandsociety.org/issues/responses.php/9746>

Acknowledgments:

This paper arose from the session “A brave new world: integrating human well-being in conservation” that was organized by Nicole Gross-Camp and Kelly Biedenweg at the Association for Tropical Biology and Conservation conference in Montpellier, 2016. Part of the material is based upon work, including workshops that convened scientists from different disciplines and with local stakeholders, that was supported by the National Science Foundation under Grants No. EF-1427091 and 1444184. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation. We thank Christian J. Rivera for help in manuscript preparation. We thank Yildiz Aumeeruddy-Thomas, Joachim Claudet, Nicolas Lescureux, Elise Huchard, Doyle McKey, Julien Renoult, Matthieu Salpeteur, and Gerard Verschoor among others for their contribution of ideas. Most of all, our ideas are brought to life largely by the local peoples with whom we have shared experiences in Vanuatu, the Solomon Islands, Amazonia, Hawai'i, Australia, Mongolia, Guatemala, Ghana, and Madagascar.

LITERATURE CITED

- Agrawal, A., and E. Ostrom. 2006. Political science and conservation biology: a dialog of the deaf. *Conservation Biology* 20:681–682. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00468.x>
- Alcorn, J. B. 1993. Indigenous people and conservation. *Conservation Biology* 7(2):424–426. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07020424.x>
- Altieri, M. A., and L. C. Merrick. 1987. In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 41(1):86–96. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02859354>
- Aswani, S., and M. Lauer. 2014. Indigenous people's detection of rapid ecological change. *Conservation Biology* 28:820–828. <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12250>
- Atran, S., D. L. Medin, and N. O. Ross. 2005. The cultural mind: environmental decision making and cultural modeling within and across populations. *Psychological Review* 112(4):744–776. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.112.4.744>
- Barry, A., and G. Born, editors. 2013. *Interdisciplinarity: reconfigurations of the social and natural sciences*. Routledge, Oxford, UK.
- Bartlett, C., M. Marshall, and A. Marshall. 2012. Two-eyed seeing and other lessons learned within a co-learning journey of bringing together indigenous and mainstream knowledges and ways of knowing. *Journal of Environmental Studies and Sciences* 2(4):331–340. <http://dx.doi.org/10.1007/s13412-012-0086-8>
- Bates, D. G., and F. Plog. 1990. *Human adaptive strategies*. McGraw-Hill, New York, USA.
- Becker, M. 2011. Correa, indigenous movements, and the writing of a new constitution in Ecuador. *Latin American Perspectives* 38:47–62. <http://dx.doi.org/10.1177/0094582X10384209>
- Béné, C., A. Newsham, and M. Davies. 2013. Making the most of resilience. *IDS In Focus Policy Briefings* (32).
- Bennett, N. J., R. Robin, S. C. Klain, K. M. A. Chan, D. A. Clark, G. Cullman, G. Epstein, M. P. Nelson, R. Stedman, T. L. Teel, et al. 2016. Mainstreaming the social sciences in conservation. *Conservation Biology* 31:56–66. <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12788>
- Bergamini, N., R. Blasiak, P. Eyzaguirre, K. Ichikawa, D. Mijatovic, F. Nakao, and S. M. Subramanian. 2013. *Indicators of resilience in socio-ecological production landscapes (SEPLs)*. UNU-IAS Policy Report. United Nations University Institute of Advanced Studies, Yokohama, Japan. [online] URL: http://archive.ias.unu.edu/resource_centre/Indicators-of-resilience-in-sepls_ev.pdf
- Berkes, F. 2008. *Sacred ecology: traditional ecological knowledge and resource management*. Taylor and Francis, London, UK.
- Berkes, F., J. Colding, and C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10(5):1251–1262. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- Berlin, B. 1992. *Ethnobiological classification: principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. <http://dx.doi.org/10.1515/9781400862597>
- Biedenweg, K., A. Hanein, K. Nelson, K. Stiles, T. Wellman, J. Horowitz, and S. Vynne. 2014. Developing human wellbeing indicators in the Puget Sound: focusing on the watershed scale. *Coastal Management* 42:374–390. <http://dx.doi.org/10.1080/08920753.2014.923136>
- Biedenweg, K., H. Harguth, and K. Stiles. 2017. The science and politics of human well-being: a case study in cocreating indicators for Puget Sound restoration. *Ecology and Society* 22(3):11. <https://doi.org/10.5751/ES-09424-220311>
- Blaser, M. 2009. The threat of the Yrmo: the political ontology of a sustainable hunting program. *American Anthropologist* 111(1):10–20. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1548-1433.2009.01073.x>
- Botsford, L. W., J. C. Castilla, and C. H. Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science* 277:509–515. <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.509>
- Brosius, J. P. 2006. Common ground between anthropology and conservation biology. *Conservation Biology* 20:683–685. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00463.x>
- Brown, C. H., J. Kolar, B. J. Torrey, T. Truong-Quang, and P. Volkman. 1976. Some general principles of biological and non-biological folk classification. *American Ethnologist* 3(1):73–85. <http://dx.doi.org/10.1525/ae.1976.3.1.02a00050>

- Burdon, P., editor. 2011. *Exploring wild law: the philosophy of earth jurisprudence*. Wakefield Press, Adelaide, Australia.
- Butchart, S. H. M., M. Walpole, B. Collen, A. van Strien, J. P. W. Scharlemann, R. E. A. Almond, J. E. M. Baillie, B. Bomhard, C. Brown, J. Bruno, et al. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164–1168. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1187512>
- Caillon, S., and V. Lanouguère-Bruneau. 2005. Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. *Journal de la Société des Océanistes* 120–121(1):129–148. <http://dx.doi.org/10.4000/jso.451>
- Caillon, S., J. Quero-García, J.-P. Lescure, and V. Lebot. 2006. Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53(6):1273–1289. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-005-3877-x>
- Cairns, J. 2007. Sustainable co-evolution. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 14:103–108. <http://dx.doi.org/10.1080/13504500709469711>
- Chan, K. M. A., P. Balvanera, K. Benessaiah, M. Chapman, S. Díaz, E. Gómez-Baggethun, R. Gould, N. Hannahs, K. Jax, S. Klain, et al. 2016. Opinion: Why protect nature? Rethinking values and the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113:1462–1465. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1525002113>
- Clark, D. A. 2014. Defining and measuring human well-being. Pages 833–855 in B. Freedman, editor. *Global environmental change*. Springer, Dordrecht, Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4_66
- Comberti, C., T. F. Thornton, V. Wyllie de Echeverri, and T. Patterson. 2015. Ecosystem services or services to ecosystems? Valuing cultivation and reciprocal relationships between humans and ecosystems. *Global Environmental Change* 34:247–262. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.07.007>
- Conklin, H. C. 1954. *The relation of Hanunoo culture to the plant world*. Dissertation. Yale University, New Haven, Connecticut, USA.
- Costanza, R. 2012. Ecosystem health and ecological engineering. *Ecological Engineering* 45:24–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.03.023>
- Costanza, R., B. G. Norton, and B. D. Haskell. 1992. *Ecosystem health: new goals for environmental management*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Cullinan, C. 2002. *Wild law: a manifesto for earth justice*. Siber Ink, Cape Town, South Africa.
- Daly, E. 2012. The Ecuadorian exemplar: the first ever vindications of constitutional rights of nature. *Review of European Community & International Environmental Law* 21:63–66. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9388.2012.00744.x>
- Descola, P. 1986. *La nature domestique: symbolisme et praxis dans l'écologie des Achuar*. Edition de la Maison des Sciences de l'Homme, fondation Singer, Paris, France.
- Descola, P. 2005. *Par-delà nature et culture*. Gallimard, Paris, France. <http://dx.doi.org/10.3917/deba.114.0086>
- Drew, J. A. 2005. Use of traditional ecological knowledge in marine conservation. *Conservation Biology* 19:1286–1293. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00158.x>
- Durkheim, E., and M. Mauss. 1901. De quelques formes primitives de classification: contribution à l'étude des représentations collectives. *L'année sociologique* 6(1896/1897–1924/1925):1–72.
- Ellen, R. 1998. Indigenous knowledge of the rainforest: perception, extraction and conservation. Pages 87–99 in B. K. Maloney, editor. *Human activities and the tropical rainforest: past, present and possible future*. Springer Science, Dordrecht, Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-1800-4_5
- Emmenegger, S., and A. Tschentscher. 1994. Taking nature's rights seriously: the long way to biocentrism in environmental law. *Georgetown International Environmental Law Review* 6:552–568.
- Ens, E. J. 2012. Monitoring outcomes of environmental service provision in low socio-economic indigenous Australia using innovative CyberTracker Technology. *Conservation and Society* 10:42–52.
- Ens, E., M. L. Scott, Y. M. Rangers, C. Moritz, and R. Pirzl. 2016. Putting indigenous conservation policy into practice delivers biodiversity and cultural benefits. *Biodiversity and Conservation* 25:2889–2906. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-016-1207-6>
- Escobar, C. 2014. Community well-being in Bolivia: an indigenous perspective. Pages 42–57 in B. Verschuuren, S. M. Subramanian, and W. Hiemstra, editors. *Community well-being in biocultural landscapes: Are we living well?* Practical Action Publishing, Bourton on Dunsmore, UK. <http://dx.doi.org/10.3362/9781780448374.003>
- Evans-Pritchard, E. E. 1940. *The Nuer: a description of the modes of livelihood and political institutions of a Nilotic people*. Oxford University Press, New York, New York, USA.
- Friedberg, C. 1990. *Le savoir botanique des Bunaq: percevoir et classer dans le Haut Lamaknen (Timor, Indonésie)*. Editions du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.
- Friedberg, C. 1992. Représentation, classification: comment l'homme pense ses rapports au milieu naturel. Pages 357–371 in M. Jollivet, editor. *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. CNRS Editions, Paris, France. <http://dx.doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.4204>
- Gadgil, M., F. Berkes, and C. Folke. 1993. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio* 22:151–156.
- Gavin, M. C., J. McCarter, A. Mead, F. Berkes, J. R. Stepp, D. Peterson, and R. Tang. 2015. Defining biocultural approaches to conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 30(3):140–145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2014.12.005>
- Gillson, L., and K. J. Willis. 2004. 'As Earth's testimonies tell': wilderness conservation in a changing world. *Ecology Letters* 7:990–998. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00658.x>
- Gross-Camp, N. 2017. Tanzania's community forests: their impact on human well-being and persistence in spite of the lack of benefit. *Ecology and Society* 22(1):37. <https://doi.org/10.5751/ES-09124-220137>

- Guri, B. Y., and B. Verschuuren. 2014. Community well-being in Ghana: an African perspective. Pages 78–100 in B. Verschuuren, S. M. Subramanian, and W. Hiemstra, editors. *Community wellbeing in biocultural landscapes, are we living well?* Practical Action Publishing, Bourton on Dunsmore, UK.
- Haraway, D. 2008. *When species meet*. University of Minnesota Press, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Heckenberger, M. J., J. C. Russell, J. R. Toney, and M. J. Schmidt. 2007. The legacy of cultural landscapes in the Brazilian Amazon: implications for biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences* 362:197–208. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2006.1979>
- Hunn, E. 1977. *Tzeltal folk zoology: the classification of discontinuities in nature*. Academic Press, New York, USA.
- Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* 10:1270–1274. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1270:UTEKIS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1270:UTEKIS]2.0.CO;2)
- Ingold, T. 2000. *The perception of the environment: essays in livelihood, dwelling and skill*. Routledge, London, UK.
- Ives, C. D., M. Giusti, J. Fischer, D. J. Abson, K. Klaniecki, C. Dorninger, J. Laudan, S. Barthel, P. Abernethy, B. Martín-López, et al. 2017. Human–nature connection: a multidisciplinary review. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26–27:106–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2017.05.005>
- Jupiter, S. 2017. Culture, kastom and conservation in Melanesia: What happens when worldviews collide? *Pacific Conservation Biology* 23(2):139–145. <http://dx.doi.org/10.1071/PC16031>
- Kirksey, S. E., and S. Helmreich. 2010. The emergence of multispecies ethnography. *Cultural Anthropology* 25:545–576. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1548-1360.2010.01069.x>
- Kohn, E. 2007. How dogs dream: Amazonian natures and the politics of transspecies engagement. *American Ethnologist* 34:3–24. <http://dx.doi.org/10.1525/ae.2007.34.1.3>
- Kuznar, L. A. 2001. Ecological mutualism in Navajo corrals: implications for Navajo environmental perceptions and human/plant coevolution. *Journal of Anthropological Research* 57:17–39. <http://dx.doi.org/10.1086/jar.57.1.3630796>
- Lévi-Strauss, C. 1962. *La pensée sauvage*. Librairie Plon, Paris, France.
- Liu, J., and P. Opdam. 2014. Valuing ecosystem services in community-based landscape planning: introducing a wellbeing-based approach. *Landscape Ecology* 29:1347–1360. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-014-0045-8>
- Maffi, L., and E. Woodley. 2010. *Biocultural diversity conservation: a global sourcebook*. Earthscan, New York, USA.
- Malvatumauri National Council of Chiefs. 2012. *Alternative indicators of well-being for Melanesia*. Vanuatu Pilot Study Report. Port Villa, Vanuatu.
- Marsden, M. 1992. *The woven universe: selected writings of Rev. Māori Marsden*. Te Ahukaramu Charles Royal, editor. Estate of Rev Māori Marsden, Masterton, New Zealand.
- Mascia, M. B., J. P. Brosius, T. A. Dobson, B. C. Forbes, L. Horowitz, M. A. McKean, and N. J. Turner. 2003. Conservation and the social sciences. *Conservation Biology* 17:649–650. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01738.x>
- Massey, D. 1991. A global sense of place. *Marxism Today* 38:24–29.
- Matulis, B. S., and J. R. Moyer. 2016. Beyond inclusive conservation: the value of pluralism, the need for agonism, and the case for social instrumentalism. *Conservation Letters* 10:279–287. <http://dx.doi.org/10.1111/conl.12281>
- McCarter, J., E. J. Sterling, S. D. Jupiter, G. D. Cullman, S. Albert, M. Basi, E. Betley, D. Boseto, E. S. Bulehite, B. Fred, R. Haroni, P. S. Holland, N. Horning, A. Hughes, N. Jino, C. Malone, S. Mauli, B. Pae, R. Papae, F. Rence, O. Revo, E. Taqala, M. Taqu, H. Woltz and C. E. Filardi 2018. Biocultural approaches to developing well-being indicators in Solomon Islands. *Ecology and Society* 23(1): (in press)
- McShane, T. O., P. D. Hirsch, T. C. Trung, A. N. Songorwa, A. Kinzig, B. Monteferrri, D. Mutekanga, H. Van Thang, J. L. Dammert, M. Pulgar-Vidal, et al. 2011. Hard choices: making trade-offs between biodiversity conservation and human well-being. *Biological Conservation* 144:966–972. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.038>
- Mead, H. M. 2003. *Tikanga Māori. Living by Māori values*. Huia Publishers, Wellington, New Zealand.
- Menzies, C. R. 2006. *Local knowledge and contemporary resource management*. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska, USA.
- Moorfield, J. C. 2011. *Te Aka Māori-English, English-Māori dictionary and index*. Third edition. Longman/Pearson, New Zealand.
- Morgan, T. K. 2006. *Lifting the lid on LID in Aotearoa NZ*. NZWWA Conference on Stormwater Management, Aotearoa, New Zealand.
- Muller, S. 2012. “Two Ways”: bringing indigenous and non-indigenous knowledges together. Pages 59–79 in J. K. Weir, editor. *Country, native title and ecology*. First edition. Australia National University, Canberra, USA.
- NatureServe. 2012. NatureServe Explorer: an online encyclopedia of life. [online] URL: <http://dashboard.natureserve.org>
- Newbold, T., L. N. Hudson, A. P. Arnell, S. Contu, A. De Palma, S. Ferrier, S. L. L. Hill, A. J. Hoskins, I. Lysenko, H. R. P. Phillips, et al. 2016. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* 353:288–291. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaf2201>
- Nic Eoin, L., and R. King. 2013. How to develop intangible heritage: the case of Metolong Dam, Lesotho. *World Archaeology* 45:653–669. <http://dx.doi.org/10.1080/00438243.2013.823885>
- Ogden, L. A., H. Billy, and T. Kimiko. 2013. Animals, plants, people, and things: a review of multispecies ethnography. *Environment and Society* 4:5–24. <http://dx.doi.org/10.3167/ares.2013.040102>

- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2015. *How's life? Measuring well-being*. OECD Publishing, Paris, France.
- Pascual, U., P. Balvanera, S. Díaz, G. Pataki, E. Roth, M. Stenseke, R. T. Watson, E. Başak Dessane, M. Islar, E. Kelemen, et al. 2017. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26:27:7–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006>
- Pert, P. L., R. Hill, K. Maclean, A. Dale, P. Rist, J. Schmider, L. Talbot, and L. Tawake. 2015. Mapping cultural ecosystem services with rainforest aboriginal peoples: integrating biocultural diversity, governance and social variation. *Ecosystem Services* 13:41–56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.10.012>
- Peterson, R. B., D. Russell, P. West, and J. P. Brosius. 2010. Seeing (and doing) conservation through cultural lenses. *Environmental Management* 45(1):5–18. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-008-9135-1>
- Pierotti, R., and D. Wildcat. 2000. Traditional ecological knowledge: the third alternative (commentary). *Ecological Applications* 10:1333–1340. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1333:TEKTTA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1333:TEKTTA]2.0.CO;2)
- Pinedo-Vásquez, M., and C. Padoch. 1993. Community and governmental experiences in protecting biodiversity in the lowlands Peruvian Amazon. In C. S. Potter, J. I. Cohen, and D. Janczewski, editors. *Perspectives on biodiversity: case studies in genetic conservation and development*. American Association for the Advancement of Science Press, Washington, D.C., USA.
- Poe, M. R., J. Donatuto, and T. Satterfield. 2016. "Sense of place": human wellbeing considerations for ecological restoration in Puget Sound. *Coastal Management* 44:409–426. <http://dx.doi.org/10.1080/08920753.2016.1208037>
- Raudsepp-Hearne, C., G. D. Peterson, M. Tengö, E. M. Bennett, T. Holland, K. Benessaiah, G. K. MacDonald, and L. Pfeifer. 2010. Untangling the environmentalist's paradox: Why is human well-being increasing as ecosystem services degrade? *BioScience* 60:576–589. <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.4>
- Roué, M. 2014. Chapitre 7: La théorie anthropologique au secours de la complexité. Comment penser et étudier les relations sociétés-natures. Page 182 in R. Chernokian and S. Robert, editors. *Les interactions hommes-milieus*. Vol. Indisciplines. Editions Quae éditions, Paris, France.
- Sandbrook, C., W. M. Adams, B. Büscher, and B. Vira. 2013. Social research and biodiversity conservation. *Conservation Biology* 27(6):1487–1490. <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12141>
- Satterfield, T., R. Gregory, S. Klain, M. Roberts, and K. M. Chan. 2013. Culture, intangibles and metrics in environmental management. *Journal of Environmental Management* 117:103–114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.033>
- Schaeffer, D. J., E. E. Herricks, and H. W. Kerster. 1988. Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health. *Environmental Management* 12:445–455. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01873258>
- Sharma, R. J., and A. J. Singh. 2017. *In the High Court of Uttarakhand at Nainital*. Writ Petition (PIL) No. 126 of 2014, March 20.
- Spiegel, J. M., M. Bonet, A. Yassi, E. Molina, M. Concepcion, and P. Mast. 2001. Developing ecosystem health indicators in centro Habana: a community-based approach. *Ecosystem Health* 7:15–26. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-0992.2001.007001015.x>
- Starik, M. 1995. Should trees have managerial standing? Toward stakeholder status for non-human nature. *Journal of Business Ethics* 14(3):207–217. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00881435>
- Sterling, E. J., C. Filardi, J. Newell, S. Albert, D. Alvira, N. Bergamini, E. Betley, M. Blair, D. Boseto, K. Burrows, et al. 2017b. Biocultural approaches to well-being and sustainability indicators across scales. *Nature Ecology & Evolution*. <http://doi:10.1038/s41559-017-0349-6>
- Sterling, E. J., A. Sigouin, C. E. Filardi, J. Newell, D. Alvira, N. Bergamini, K. Burrows, S. Caillon, J. Claudet, G. Cullman, et al. 2017a. Culturally grounded indicators of resilience in social-ecological systems. *Environment and Society: Advances in Research* 8:63–95. <http://dx.doi.org/10.3167/ares.2017.080104>
- Stone, C. D. 2010 [1972]. *Should trees have standing? Law, morality, and the environment*. Third edition. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Strathern, M. 1980. No nature, no culture: the Hagen case. Page 227 in C. P. MacCormack and M. Strathern, editors. *Nature, culture and gender*. Cambridge University Press, London, UK.
- Studley, J., and A. Jikmed. 2016. Creating new discursive terrain for the custodians of Tibetan spiritscapes of north west Yunnan. Pages 259–273 in B. Verschuuren and N. Furuta, editors. *Asian sacred natural sites: philosophy and practice in protected areas and conservation*. Routledge, London, U.K.
- Subramanian, S. M., and B. Pisupati. 2009. *Learning from the practitioners: benefit sharing perspectives from enterprising communities*. United Nations Environment Programme, Nairobi, and United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability, Tokyo.
- Tengö, M., E. S. Brondizio, T. Elmqvist, P. Malmer, and M. Spierenburg. 2014. Connecting diverse knowledge systems for enhanced ecosystem governance: the multiple evidence base approach. *Ambio* 43:579–591. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3>
- Thạch, H. M., M. D. Le, N. B. Vũ, A. Panariello, G. Sethi, E. J. Sterling, and M. E. Blair. 2017. Slow loris trade in Vietnam: exploring diverse knowledges and values. *Folia Primatologica*, in press.
- Tipa, G., and K. Nelson. 2008. Introducing cultural opportunities: a framework for incorporating cultural perspectives in contemporary resource management. *Journal of Environmental Policy & Planning* 10(4):313–337. <http://dx.doi.org/10.1080/15239080802529472>
- Tiwari, B. K., S. K. Barik, and R. S. Tripathi. 1998. Biodiversity value, status, and strategies for conservation of sacred groves of Meghalaya, India. *Ecosystem Health* 4:20–32. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-0992.1998.00068.x>
- Trant, A. J., W. Nijland, K. M. Hoffman, D. L. Mathews, D. McLaren, T. A. Nelson, and B. M. Starzomski. 2016. Intertidal

- resource use over millennia enhances forest productivity. *Nature Communications* 7:12491. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms12491>
- Tsing, A. L. 2015. *The mushroom at the end of the world: on the possibility of life in capitalist ruins*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. <http://dx.doi.org/10.1515/9781400873548>
- Tzoulas, K., K. Korpela, S. Venn, V. Yli-Pelkonen, A. Kaźmierczak, J. Niemela, and P. James. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. *Landscape and Urban Planning* 81:167–178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- United Nations Development Programme (UNDP). 2016. *Human development report 2016*. Human development for everyone.
- United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS), Bioversity International, IGES, and United Nations Development Programme (UNDP). 2014. *Toolkit for the indicators of resilience in socio-ecological production landscapes and seascapes (SEPLS)*. [online] URL: http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Toolkit_for_the_indicators_of_resilience_in_socio-ecological_production_landscapes_and_seascapes_1844.pdf
- van Oudenhoven, F. J. W., D. Mijatović, and P. B. Eyzaguirre. 2011. Social-ecological indicators of resilience in agrarian and natural landscapes. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 22(2):154–173. <http://dx.doi.org/10.1108/14777831111113356>
- Verschuuren, B. 2012. Integrating biocultural values in nature conservation: perceptions of culturally significant sites and species in adaptive management. Pages 231–246 in G. Pungetti, G. Oviedo, and D. Hooke, editors. *Sacred sites and species: guardians of biocultural diversity*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139030717.023>
- Verschuuren, B. 2016. Re-awakening the power of place: ancient philosophy and practice with relevance for protected areas and conservation in Asia. Pages 1–14 in B. Verschuuren and N. Furuta, editors. *Asian sacred natural sites: philosophy and practice in protected areas and conservation*. Routledge, London, UK.
- Verschuuren, B., S. M. Subramanian, and W. Hiemstra, editors. 2014. *Community well-being in biocultural landscapes: Are we living well?* Practical Action Publishing, Amazon Digital Services LLC. <http://dx.doi.org/10.3362/9781780448374>
- Verschuuren, B., M. Zylstra, and B. Yunupingu. 2015. Mixing waters: a cross-cultural approach to developing guidelines for fishers and boaters in the Dhimurru protected area, Australia. *PARKS: International Journal on Protected Areas and Conservation* 21(March). <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2014.PARKS-21-1BV.en>
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, and J. M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494–499. <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.494>
- Viveiros de Castro, E. 1992. *From the enemy's point of view: humanity and divinity in an Amazonian society*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Viveiros de Castro, E. 1998. Cosmological deixis and Amerindian perspectivism. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 4:469–488. <http://dx.doi.org/10.2307/3034157>
- Wali, A., D. Alvira, P. S. Tallman, A. Ravikumar, and M. O. Macedo. 2017. A new approach to conservation: using community empowerment for sustainable well-being. *Ecology and Society* 22(4):6. <https://doi.org/10.5751/ES-09598-220406>
- Walley, C. J. 2002. 'They scorn us because we are uneducated': knowledge and power in a Tanzanian marine park. *Ethnography* 3:265–298. <http://dx.doi.org/10.1177/146613802401092751>
- West, P. 2005. Translation, value, and space: theorizing an ethnographic and engaged environmental anthropology. *American Anthropologist* 107:632–642. <http://dx.doi.org/10.1525/aa.2005.107.4.632>
- West, P. 2006. *Conservation is our government now: the politics of ecology in Papua New Guinea*. Duke University Press Books, Durham, North Carolina, USA. <http://dx.doi.org/10.1215/9780-822388067>
- West, P. 2016. An anthropology for 'the assemblage of the now'. *Anthropological Forum* 26: 438–445. <http://dx.doi.org/10.1080/00664677.2016.1246089>
- Zylstra, M. J., A. T. Knight, K. J. Esler, and L. L. L. Le Grange. 2014. Connectedness as a core conservation concern: an interdisciplinary review of theory and a call for practice. *Springer Science Reviews* 2(1–2):119–143. <http://dx.doi.org/10.1007/s40362-014-0021-3>



Research, part of a Special Feature on [Networking the Environment: Social Network Analysis in Environmental Management and Local Ecological Knowledge Studies](#)

Effects of farmer social status and plant biocultural value on seed circulation networks in Vanuatu

Mathieu Thomas^{1,2,3} and *Sophie Caillon*^{2,4}

ABSTRACT. Seed circulation among farmers, which is embedded in composite social networks, is a key process in the dynamics of seed systems that shape crop diversity. We analyzed the daily circulation of biological objects, i.e., cultivated plants (31 species, 284 landraces), within a community of first-generation migrants (16 households, 30 persons) living on the island of Vanua Lava in the South Pacific archipelago nation of Vanuatu. By combining participant observation, ethnobiological inventories, and social network analysis, we investigated how farmer social status and plant biocultural value affect plant circulation. Plant biocultural value was estimated by referring to their local classification according to uses, cultivation practices, growing environments, and biological properties. An aggregate plant circulation network (577 events) and three subnetworks (i.e., for starchy, side dish, or snack food categories) sharing the same 30 nodes were analyzed using exponential random graph models. Evidence that farmer social status influences the patterns of plant circulation was found through the distribution of structural parameters of the network, including: dyadic reciprocity; in-degree, out-degree, and their correlation; triadic cycling; and transitivity. At the scale of the aggregate network, direct or indirect reciprocity was not observed. Instead, a high out-degree (i.e., being a more frequent giver) and a negative correlation between in-degree and out-degree both confer prestige and reinforce hierarchy. These results suggest that some of the social dynamics of the Melanesian-type Big Man political system may persist, even though the system itself no longer exists in traditional form. Moreover, based on our comparative analysis of the three subnetworks, farmer social status appears to influence greatly the circulation of plants with high biocultural value while having little influence on plants with low biocultural value. Farmer social status and plant biocultural value (following their local classification) are important factors for understanding the social rules shaping seed circulation.

Key Words: *emic categories; Exponential Random Graph Models; folk classification; food system; informal seed system; Oceania; seed exchange network; social network analysis*

INTRODUCTION

Studying how tangible and intangible objects circulate among individuals can help in understanding human social relationships. Circulation of socially valued objects, exchanged primarily during ceremonies, has been studied extensively by social anthropologists. Examples from Oceania include the studies of Malinowski (1929), Dark (1974), Weiner (1992), Bonnemaïson (1996a), Godelier (1996), and Stern (2013). However, few studies from Oceania have dealt with circulation of subsistence products (Monnerie 2014). This shortcoming must be surmounted because ceremonies cannot be organized without the everyday circulation of nonritualized objects (Monnerie 2012). Analyzing how nonprestigious objects such as food plants circulate in everyday life is also necessary to understand better the subsistence choices of farmers as they build up their set of crop plants in deciding how to face environmental and social changes.

Here, we examine the everyday circulation of propagules of cultivated plants within a community of farmers living on the island of Vanua Lava in the Pacific archipelago nation of Vanuatu. Propagules, or more simply, seeds (where “seed” is understood to include vegetative propagules, as well as true botanical seeds) are tangible, nonritualized, and alienable objects (i.e., capable of being transferred to someone else). Seed circulation (also called seed exchange) is one of the key processes in maintaining local crop diversity at both intra- and interspecific levels (Hodgkin et al. 2007, Thomas et al. 2011, Pautasso et al. 2013), thereby ensuring the evolutionary potential of agrosystems

and contributing to their sustainability (Jarvis et al. 2011, Thomas et al. 2011, Leclerc and Coppens d’Eeckenbrugge 2012). Studying how seed circulation affects the dynamics of crop diversity is therefore crucial to understanding farmers’ strategies for coping with global socioeconomic and environmental challenges such as climate change (Bellon et al. 2011).

Seed circulation has recently been studied by ethnobiologists, human geographers, and social anthropologists, specifically to depict plant-human relationships as sociocultural processes. Network representation was initially used to map seed circulation graphically (Empeaire and Peroni 2007, Demeulenaere et al. 2008, Abay et al. 2011). More recent papers have mobilized social network analysis to investigate the relations between network metrics and farmers’ attributes through regression models (Poudel et al. 2015, Ricciardi 2015). Calvet-Mir et al. (2012b) and Reyes-García et al. (2013) focused on the link between the level of farmers’ local ecological knowledge and their centrality within seed exchange networks in the context of Spanish home gardens. Kawa et al. (2013) showed, in three neighboring Amazonian *caboclo* communities, that farmers with the highest levels of plant diversity were not those who were most central within the seed exchange network. In these studies, circulation networks of seeds or plants were documented from an immaterial perspective because informants were only asked from whom they requested seeds. Very few studies have observed material circulation of seeds by asking the origin of each individual plant or each variety (Coomes and Ban 2004, Empeaire and Peroni 2007). Seed

¹INRA, UMR 0320 / UMR 8120 Génétique Quantitative et Évolution, ²CNRS UMR 5175, Centre d’Écologie Fonctionnelle et Évolutive, ³CESAB/FRB, ⁴Université de Montpellier - Université Paul-Valéry Montpellier - École Pratique des Hautes Études

circulation described in this way is hence a physical realization of pre-existing social networks (Boster 1986, Badstue et al. 2006, McGuire 2008, Ellen and Platten 2011).

Accumulating a diversity of plants, either at the species or landrace level, is often associated with the quest for prestige (Heckler 2004, Caillon and Degeorges 2007, Muller 2009). Is this also true of the act of exchanging plants and their propagules? Researchers studying socially valued objects acknowledge that exchanges and reciprocity enhance the social prestige of those most active in exchange (Mauss 1925, Godelier 1996). Similar ideas about the importance of social status are found in sociology (Agneessens and Wittek 2012, Lazega et al. 2012). In social anthropology, the examples of the “kula ring” (Malinowski 1922, Weiner 1992) and the “Big Man” system (Sahlins 1965) in Melanesia are particularly famous and illustrative; in these systems, spending wealth is a strategy to gain or maintain prestige and power. Considering plant circulation as a social network, providing seeds could also contribute to enhancing and maintaining prestige (Heckler and Zent 2008, McGuire 2008, Coomes et al. 2015).

Going further in the description of plant circulation networks, Ellen and Platten (2011) showed that plant species and varieties follow distinct paths depending on their biological characteristics such as the way in which they are propagated (seeds vs. cuttings or tubers) or their capacity for storage and redistribution. However, a plant is more than just a biological object. Through its history, nomenclature, and uses, a plant carries memories from the past and provides cultural identity (Caillon and Degeorges 2007, Heckler and Zent 2008, Muller 2009, Leclerc and Coppens d’Eeckenbrugge 2012). Plants are thus defined as biocultural objects because farmers relate differently to them depending on their biological and sociocultural characteristics. Farmers define local categories of plants based on these biocultural characteristics, which mainly concern their uses, the agricultural practices applied to them, the agroecosystems where they are grown, and their biological forms (Meilleur 1998, Benz et al. 2007, Garine et al. 2013). Farmers also classify these local categories based on the biocultural value they accord to plants as an aspect of the local world view (Pollock 1992).

Following an approach combining participant observation with social network analysis, we assess two hypotheses about the sociocultural processes that shape plant circulation networks: the effects of farmer social status and the effects of plant biocultural characteristics on patterns in circulation networks. These two hypotheses were further divided into subhypotheses to investigate the effects they predict on network patterns.

THEORETICAL FRAMEWORK

Effect of farmer social status on patterns of plant circulation networks

Plant circulation networks are not purely random

The first step in analyzing the effect of farmer social status on plant circulation networks is to check that plants do not circulate at random. “At random” means that all pairs of farmers would have the same probability of being connected by a tie. This consideration is translated into subhypothesis 1a (Table 1, Fig. 1A).

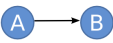
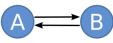
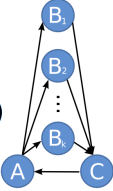
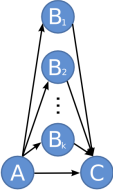

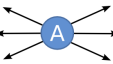
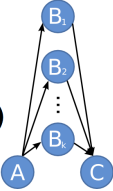
Table 1. List of hypotheses and subhypotheses assessed.

| Hypothesis number | Hypothesis statement |
|-------------------|--|
| 1 | Effect of farmer social status on patterns of plant circulation networks |
| 1a | If plant circulation is not random, then arc effects are expected to be significant. |
| 1b | Reciprocity is expected in plant circulation. Reciprocal dyadic ties (Fig. 1B) are expected to be over-represented with respect to a random distribution. |
| 1c | If the quest for social prestige drives plant circulation, it is expected that at the local-scale indirect reciprocity will not be frequent. Triadic cycles should be under-represented, and triadic transitivity over-represented, with respect to a random distribution. |
| 1d | If the quest for social prestige drives plant circulation, a significant and positive out-degree effect is expected, i.e., heterogeneity in the out-degree distribution, with a few individuals having very high out-degree (nodal farmers) and most others having lower out-degree. |
| 1e | A negative correlation is expected between in-degree and out-degree of an individual. Indeed, to maintain expert status, popular givers limit their requests to others for plants. Conversely, a frequent receiver is rarely requested to provide plants. |
| 2 | Effect of plant biocultural characteristics on patterns of circulation networks |
| 2a | A significant positive out-degree, i.e., a few individuals having very high out-degree and most others with lower out-degree, is expected only in circulation networks of the most socially valued categories of food plants. |
| 2b | A frequent giver rarely receives plants from a frequent receiver. Indeed, to maintain expert status, popular givers do not request plants from frequent receivers. A significant negative correlation between in-degree and out-degree is expected only within circulation networks of highly socially valued categories of food plants. |

Absence of direct reciprocity: nonreciprocal dyads

Reciprocity is one of the most controversial topics within the theme of exchanges in anthropology. Mauss (1925) described the act of exchanging as the act of giving, receiving, and also repaying (Godelier 1996). The “spirit” of the gift or the “personality” of the object given creates a “spiritual” bond between the giver and the receiver. This bond constrains the recipient to make a counter-gift because the spirit of the object strives to return to its place of origin, and because the receiver will be struck by misfortune if no repayment is made. Thurnwald (1916) and Malinowski (1922) conceived reciprocity as a kind of juridical obligation that constitutes the basis for social relations; it represents a network of mutual services (Monnerie 2014). Receiving plants does not obligate the receiver to give back plants, but he or she can offer, with delay, counter-gifts of another nature such as prepared food, advice, or even labor. Reciprocity is one of the key values that has to be respected to assure the good functioning of societies (Gouldner 1960). Subhypothesis 1b is in line with the expectation of reciprocity (Table 1).

Fig. 1. Endogenous patterns tested in the analysis of plant circulation networks (adapted from Robins et al. 2007).

| Pattern | Name | Interpretation |
|---|-----------------------------------|---|
| (A)  | Arc | Density of the graph (intercept) |
| (B)  | Reciprocity | Tendency for direct reciprocity |
| (C)  | Alternating Triangle Cycle | Tendency for indirect reciprocity (triadic cycle) |
| (D)  | Alternating Triangle Transitivity | Tendency to give to indirect receivers (triadic transitivity) |
| (E)  | Alternating in-degree | Tendency to give to the main receivers |
| (F)  | Alternating out-degree | Tendency to request from the main givers |
| (G)  | Alternating 2-path Transitivity | Correlation between in-degree and out-degree |

Absence of indirect reciprocity: noncyclical triads

Generalized reciprocity refers to exchanges that are “putatively altruistic, transactions on the line of assistance given, and if possible and necessary, assistance returned. The ideal type here is Malinowski’s ‘pure gift’ for which the expectation of reciprocity is infinite” (Sahlins 1965:147). Malinowski underlines the possible “intervention of a third person”. When a receiver incurs a debt to a giver, he or she can repay it not only to the giver directly through reciprocal dyads, but also to another member of the group who is in debt to the giver. Such an arrangement corresponds to a “cyclical triad” or indirect reciprocity. Such behavior is unlikely from a social prestige perspective. For instance, giver A has no incentive in requesting plants from farmer C at the risk of losing the gain in reputation achieved by a gift of plants to farmer B (Fig. 1C). Thus, farmers with high local prestige can contribute to perpetuating their status by not requesting plants from indirect receivers of lower prestige than their own. In addition, the establishment of prestige is generally strengthened

by a local hierarchical effect, with the propensity of the focal high-status farmer A to give plants both to a lower-status farmer B and to an even lower status farmer C, who also receives plants from farmer B (Fig. 1D). Rather than triadic cycles, triad transitivity, very different in its effect, is expected in plant circulation. Subhypothesis 1c is in line with this remark (Table 1).

Popularity

Nodal farmers who play a central role in knowledge circulation have been identified in the context of strategies to promote development (Lindstrom 1990, Davis and Wagner 2003, Isaac et al. 2007, Isaac 2012) and the management of agrobiodiversity (Smale and Bellon 1999, Brookfield et al. 2002, Subedi et al. 2005, Poudel et al. 2015, Ricciardi 2015). Using network descriptors such as degree-centrality, researchers have attempted to measure the popularity of farmers by their degree, i.e., the number of times an individual is mentioned as a seed exchange partner (Calvet-Mir et al. 2012a, Kawa et al. 2013, Reyes-García et al. 2013, Poudel et al. 2015, Ricciardi 2015). In the case of oriented networks, it is possible to distinguish between the centrality of individuals as receivers and as givers by examining in-degree and out-degree statistics, respectively. In-degree corresponds to the number of ties going to the focal individual (Fig. 1E), here, a receiver. Out-degree corresponds to the number of ties going out from the focal individual (Figs. 1E, F), here, a giver. Farmers with a high out-degree in the community have high popularity, reflecting their prestige as seed giver (nodal provider). Subhypothesis 1d was designed based on this statement (Table 1).

Correlation between in-degree and out-degree

Reputation could be built up at a local scale through dyadic and triadic relations and at a more global scale based on individuals’ high out-degree. If the quest for status drives seed circulation, then patterns of circulation should obey rules of hierarchy. Therefore, it is not likely that high-status farmers with high out-degree will request plants from low-status farmers with high in-degree, which is subhypothesis 1e (Fig. 1G, Table 1).

Effect of plant biocultural characteristics on patterns in circulation networks

Different crop species and landraces are not equally valued within communities (Haudricourt 1964, Bonnemaïson 1991a, Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005, Muller 2009, Caillon 2011, Garine et al. 2013). A value is assigned to an object through a complex combination of conscious and unconscious mental processes, relating to both functional and symbolic criteria and regarding both biological and sociocultural characteristics of the plant. For instance, food plants not only feed people, they are also associated with a social status and perceived as part of a mutual support system (Pollock 1992). It is difficult to disentangle the biocultural characteristics of plants into independent components. Local classification of food plants can be used to reflect these characteristics. Note that local classification (also called folk or *emic* classification) of food plants usually differs in many ways from the *etic* classification used by outside scientific observers.

Local classification, studied as a process, has been an important research topic for ethnobiologists for > 60 years (Berlin et al. 1974, Conklin 1974, Hunn 1982, Friedberg 1986, Ellen 1993). Following Ellen (2006), Alcántara-Salinas et al. (2013:2) define categories

as, “those entities that the human mind creates in order to make sense of the diversity of experience, by grouping things, attributes and phenomena on the basis of similarity and difference.” They define classification as, “the ways in which categories are related to each other, and the means by which particular cultural patterns are produced.” Classifications have operational functions in the cognitive domain, mostly unconscious, such as ordering, storing, and locating knowledge. They also inform technical, metaphorical, and symbolic functions that serve as “a tool for the appropriation and socialization of nature” (Friedberg 1992:108). Higher level categories that include several species allow understanding of the way people perceive their environment because these categories are often complex, being defined by a diversity of types of knowledge (Bulmer 1970, Friedberg 1992). Although differences between higher and lower level categories have been studied frequently by ethnobiologists, how categories at the same level of classification vary in the way they are socially valued has rarely been investigated.

Such variation in social valuation of categories at the same level apparently occurs for food plants in the Pacific. Pollock (1992) showed that three categories are clearly distinguished: (1) starchy foods, particularly those provided by root and tree crops; (2) accompanying dishes; and (3) edible items (usually fruits) that rarely contribute to a meal. The last category is not perceived as “real food”. A meal is considered complete if a cooked starchy food is associated with a raw or cooked accompanying dish (McCutcheon 1985 as cited in Pollock 1992). Pacific islanders have developed intimate relationships with their cultivated plants, especially the annual starch-rich root crops such as taro and yams, which are the crops most socially valued through ritual exchanges or ceremonies (Barrau 1958, Haudricourt 1964, Earle 1980, de Coppet 1981, Lemonnier 1982, Bonnemaison 1991*b*, 1996*b*, Di Piazza and Frimigacci 1991, Pollock 1992, Di Piazza 1999, Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005, Coupaye 2009, Muller et al. 2010). Therefore, food plants are associated with different biocultural values, which are revealed by examining their local classification. Following the same idea, we assume that the less the social value accorded to the category of food plant, the less the circulation network is shaped by rules and socially constrained. Subhypotheses 2a and 2b are derived to translate this general hypothesis into consequences for network patterns (Table 1).

METHODS

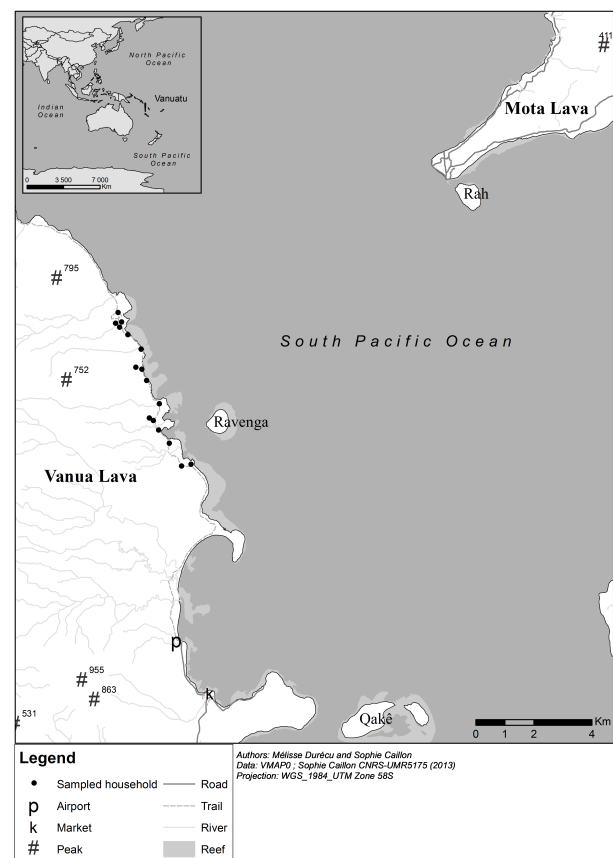
Socioeconomic context

Data were collected in Vanua Lava, a 330 km² mountainous island situated in the northern part of Vanuatu, an archipelago in the South Pacific that acquired independence in 1980 (Fig. 2). Vanua Lava's 2623 inhabitants (VNSO 2009) are all independent farmers who produce, consume, and sell the products of their subsistence agriculture (mainly kava and copra). Men and women share both the main farming activities and local knowledge pertaining to agriculture.

The exogamous matrilineal society of Vanua Lava is divided into two moieties; a person is expected to marry a person from the other moiety. Although the typical Melanesian-type Big Man system of social status based on prestige described by Sahlins

(1965) no longer exists in its traditional form, its legacy is still visible in all types of contemporary relationships and exchanges. One is not born a Big Man, but rather becomes one by gaining respect from one's followers. A Big Man must exhibit skilled persuasion, knowledge, and wisdom to provide his followers with protection and economic assistance and to compete continuously with other potential Big Men by an ongoing process of reciprocity and redistribution of resources. The main principle can be summarized as “giving more brings greater prestige to the giver”. Becoming a Big Man requires help provided by both men and women, who produce and give to the chosen person resources such as crops and pigs (Chowning 1979, Lepowsky 1990, Lutkehaus and Roscoe 1995).

Fig. 2. Location of Vanua Lava and the sampled households. Inset: Location of the Vanuatu archipelago.



From 1978 to 1999, 16 family units (couples and children) migrated to Vanua Lava from a small and overpopulated island, Mota Lava, 12 km distant (Fig. 2). The first generation of migrants settled along a 10-km section of the east coast of Vanua Lava in 16 hamlets, each mainly composed of the migrant couple and their sons' families (i.e., virilocality). In view of the very short social and geographic distances between the two islands, migrants cannot be considered refugees and do not have to adapt to any large cultural, linguistic, or ecological differences. Their main

motivation to migrate was to gain access to more land by recovering the land of their ancestors. Most migrants from Mota Lava are in fact the descendants of third- to fourth-generation ancestors who formerly lived on Vanua Lava. Four groups of migrants can be identified, corresponding to four apical ancestors (i.e., all members of one of these groups share the same common ancestor) from Vanua Lava. The local market where they sell their crops is a 2–4 h walk from their fields. The walk entails crossing mangrove swamps and large rivers. They maintain close relations with Mota Lava through trips back for regular weddings and sales of goods.

Plant classification context

The names of 254 local varieties (or landraces, belonging to 31 species) of plants grown for food were inventoried in the migrants' local language (Mwotlap) during preliminary ethnobiological fieldwork between 2007 and 2009. Participant observation and interviews revealed that each species belongs to one of three local categories based on uses and representations (Table 2): (1) starchy foods comprising mainly roots, tubers, and starchy fruits (11 annual species and one tree; 193 varieties); (2) side dish foods comprising vegetables and condiments (3 species, including perennial bushes and one tree; 26 varieties); and (3) snack foods, which are fruits and nuts (16 tree species; 35 varieties). Two species fit into two use categories, depending on the plant part or maturity. These were placed in the category in which they were most used, determined based on field observations.

The preliminary ethnographic study revealed that the value ascribed to plants differed among the three local categories. The starchy food category was by far the most valued. These foods must be cooked to be used; they are a main source of energy in the diet, and a meal must include them. They are described as being the “real food”. When one invites people to eat, it is considered to be an insult to propose only side dish food or, even worse, only snack food. When a ceremony is organized, the first preoccupation is to produce starchy food in quantity. Moreover, farming practices associated with starchy food species are much more elaborate and valued; these crops are mainly grown in monoculture or in a separate space within the garden (Caillon 2012). Offering a complete meal requires that starchy food be served along with a side dish. Not doing so is called “eating dry” and is shameful, especially if a nonkin member is sharing the meal. Species that provide side dishes do not have a particular place within the agrosystem and are mainly grown in mixed-species home gardens, close to houses. The least valued category is snack foods, which are mainly eaten by children. Species of this category are not considered part of a meal and are mainly consumed in gardens and outside meal periods. They are planted in all types of spaces, i.e., gardens, home gardens, agroforests, and along trails, wherever it is convenient.

Data collection

A mixed method approach was followed to understand the social organization, i.e., the nature of interactions between individuals and their relations to the world, which can be physical (i.e., ecosystem) or symbolic (i.e., cosmos; Domínguez and Hollstein 2014). We combined a participant observation approach with social network analysis.

Table 2. Description of plant species circulating among first-generation migrants to Vanua Lava.

| Local classification | Species | Number of varieties | Number of exchange events |
|-----------------------|--|---------------------|---------------------------|
| Starchy food | | | |
| | <i>Artocarpus altilis</i> Farb. | 35 | 185 |
| | <i>Dioscorea alata</i> L. | 34 | 282 |
| | <i>Colocasia esculenta</i> L. | 34 | 273 |
| | <i>Musa</i> spp. | 26 | 252 |
| | <i>Manihot esculenta</i> Crantz | 16 | 124 |
| | <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam. | 15 | 125 |
| | <i>Dioscorea nummularia</i> Lam. | 11 | 99 |
| | <i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) | 7 | 65 |
| | <i>Zea mays</i> L. | 5 | 44 |
| | <i>Alocasia macrorrhizos</i> (L.) G. Don f. | 4 | 13 |
| | <i>Dioscorea transversa</i> Br. | 3 | 27 |
| | <i>Dioscorea bulbifera</i> L. | 3 | 19 |
| | Total | 193 | 1508 |
| Side dish food | | | |
| | <i>Cocos nucifera</i> L. | 11 | 143 |
| | Bush cabbage† | 9 | 50 |
| | <i>Abelmoschus manihot</i> (L.) Medik | 6 | 52 |
| | Total | 26 | 245 |
| Snack food | | | |
| | <i>Pometia pinnata</i> Forster & Forster f. | 6 | 25 |
| | <i>Canarium indicum</i> L. or <i>C. harveyi</i> Seeman | 5 | 39 |
| | <i>Spondias cytherea</i> Sonn. | 5 | 30 |
| | <i>Barringtonia edulis</i> J. R. Forst. & G. Forst. | 4 | 47 |
| | <i>Barringtonia</i> sp. | 4 | 13 |
| | <i>Mangifera indica</i> L. | 1 | 19 |
| | <i>Citrus grandis</i> (L.) Osbeck | 1 | 16 |
| | <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck | 1 | 16 |
| | <i>Inocarpus fagifer</i> (Parkinson) Fosberg | 1 | 14 |
| | <i>Citrus limon</i> (L.) Burm. F. | 1 | 13 |
| | <i>Citrus reticulata</i> Blanco | 1 | 13 |
| | <i>Psidium guajava</i> L. | 1 | 13 |
| | <i>Citrus × paradisi</i> Macfad. | 1 | 12 |
| | <i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & Perry | 1 | 11 |
| | <i>Dracontomelon sinense</i> Stapf | 1 | 8 |
| | <i>Persea americana</i> Miller | 1 | 7 |
| | Total | 35 | 296 |

†This category includes nine different local names, probably corresponding to nine distinct species. Only two species were identified by botanist P. Heuret: *Gratophilum pictum* (L.) Griff. and *Polyscias fruticosa* (L.) Harms.

Our study focused on plant circulation among the 16 households of the first generation of migrants in Vanua Lava. Information on the migration history, geographical localization, gender, age, land rights, and genealogical position was collected for 30 adults (14 couples and two widows) belonging to the 16 households through simultaneous interviews of the husband and wife. In addition, for each of the 254 landraces, farmers were asked (1) whether they had already cultivated it, and if so, (2) who had first received it in the household, and (3) who gave it to that person. We only asked about plants received, and not plants given, because people find it is much more difficult to remember the numerous

acts of giving compared to acts of receiving, each of which is testified to by the plants growing (or that had formerly grown) in their gardens. Because the migration was a relatively recent event, we made the assumption that additional plant circulation events following the original acquisition and transmission events were negligible. This assumption was supported by the fact that farmers rarely mentioned such cases spontaneously during surveys. Events of plant acquisition documented during the survey summarize a two-way process: (1) an oral request from the informant to his or her plant provider, and (2) a physical transfer of plants from the provider to the informant. Thus, denied requests were not reported. However, norms concerning circulation among Vanuatu farmers incite people to provide plants whenever they are solicited. Simultaneously, individuals must choose from whom and how often they will request seeds to avoid being too indebted (Caillon 2012). A total of 2049 events were recorded. Of these, 47% were exchanges among the first-generation migrants, and 53% concerned plants coming from external sources: from the island of origin, Mota Lava (23%); from the forest on Vanua Lava (16%); from the agronomic research station based on Espiritu Santo Island (7%), 180 km to the south; from the local Vanua Lavans (5%); and from other islands (2%).

Network visualization

Network visualization provides informative representations of many types of actor relationships. In the case of plant circulation networks, each node represents a farmer, and an oriented tie from one farmer (i) to another (j) indicates that farmer i provides one or more landraces to j. All the plant circulation events recorded during interviews of first-generation migrants were represented in an aggregate network. Then, events were separated into three groups according to the category of plant involved in the circulation event (starchy food, side dish, or snack foods), allowing us to plot three subnetworks. Networks were represented using igraph version 0.6.6 (Csardi and Nepusz 2006), a package developed in R v3.1.2 (R Core Team 2014).

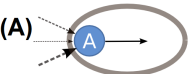
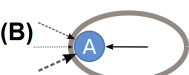
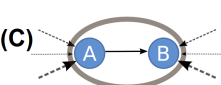
Model specification

In this paper, we propose to go further than a simple representation of networks by using probabilistic models called exponential random graph models (ERGMs), which were specifically developed for social network analysis (Snijders et al. 2006). To our knowledge, these models have not yet been applied to plant circulation networks. From our data, we estimate an ERGM to test assumptions about processes shaping the distribution of ties within the different plant circulation networks. Models of the ERGM family are probabilistic models that consider each tie as a random variable and can represent a variety of structural tendencies (reciprocity, transitivity, etc.) that define complicated dependence patterns (Robins et al. 2007). In addition to “self-organized” social processes, it is possible to account for selection processes (homophily, heterophily, assortativity, etc.) that are affected by attributes of nodes.

As previously mentioned, our interviews focused on all the events by which each crop species or landrace was first acquired for the complete set of 30 first-generation migrants who settled on the island of Vanua Lava. ERGMs work with closed networks, i.e., the complete set of actors involved in the investigated process and the complete set of ties that exists among this set of actors. To

fulfill the conditions for applying an ERGM, we defined the boundary of our data set considering only plant circulation among the first-generation migrants (28% of the total number of plant circulation events, 577 circulation events of the 2049 inventoried in total). Indeed, 53% of the plant source events came from outside the group of first-generation migrants and had to be excluded. Because these events represent a large proportion of plant circulation, this information was partially and indirectly accounted for in the ERGM by defining a continuous covariate, called external in-degree (Fig. 3). For the remaining events (19%), information was available only at the household level, i.e., it was not possible to distinguish which person of the household, the man, the woman, or a child, provided or received the plant. For this reason, such circulation events were considered as missing data and were not used in the ERGM.

Fig. 3. Exogenous patterns tested in the analysis of plant circulation networks.

| Pattern | Name | Interpretation |
|--|---------------------------------------|---|
| (A)  | Weighted external in-degree sender | Tendency to give when you received from outside |
| (B)  | Weighted external in-degree receiver | Tendency to receive when you received from outside |
| (C)  | Weighted external in-degree homophily | Tendency to give to similar persons in terms of outside behaviour |

Following the theoretical framework introduced in the previous section, different endogenous patterns were specified following the ERGM specification procedure introduced by Snijders et al. (2006). Arc can be seen as the equivalent of the intercept in a regression model (1a in Table 1, Fig. 1A) and can be used to test for the randomness of the network. Reciprocity was included in the model to test the hypothesis of absence of direct reciprocity in plant circulation networks (1b in Table 1, Fig. 1B). Including alternating-triangle cycle and alternating-triangle transitivity in our model allowed us to assess subhypothesis 1c (Table 1), which postulates the absence of indirect reciprocity and of cyclical triads (Figs. 1C, D, respectively). Alternating in-degree and alternating out-degree were included to test the hypothesis that certain givers are popular in plant circulation (1e in Table 1, Figs. 1E, F, respectively). The correlation between in-degree and out-degree was assessed using the alternating-two-path effect to test subhypothesis 1e (Table 1).

Additional covariates of nodes were also included in the model to control for selection processes such as homophily, heterophily, and giver or receiver effects. We tested, for example, whether the gender of the giver or receiver of plants affects out-degree or in-degree, respectively, of the individual. We also tested for the gender homophily effect, which assesses whether individuals tend to exchange plants preferentially with other individuals of the same gender, and the gender heterophily effect, which assesses

whether the opposite pattern holds. These effects were tested with gender and with external in-degree (Fig. 3). Household membership was included as a covariate of ties to test whether people from the same household are more likely to circulate plants among themselves than with people outside the household. Because the gender and household membership covariates were never significant, they were removed from the final model.

An ERGM was first performed on the aggregate network to test subhypotheses 1a–d. ERGMs were then performed independently for each of the three subnetworks (starchy food, side dish, and snack food) to test subhypotheses 2a and 2b. Estimations were performed using a Markov Chain Monte Carlo algorithm implemented in PNET software (Wang et al. 2009). Goodness-of-fit criteria were verified for each model following the procedure of Koskinen and Snijders (2012).

RESULTS

Descriptive analysis

The aggregate plant circulation network showed a relatively high density ($d = 0.19$; Fig. 4) compared to the circulation networks obtained for each of the three local plant food categories. Of the latter, the subnetwork for starchy foods showed the highest density ($d = 0.16$), whereas densities were substantially lower for both the subnetwork for side dish foods ($d = 0.04$) and that for snack foods ($d = 0.06$; Fig. 5). These differences in density were consistent with the total number of events per category: 1418 events for starchy foods, 235 for side dish foods, and 293 for snack food plants. There was also a higher average number of circulation events per species for the starchy food category (118.2 events/species) compared to the side dish food and snack food categories (78.3 and 18.3 events/species, respectively). These descriptive results confirm that, following migration, starchy food plants circulated more than plants of the two other categories.

Fig. 4. Aggregate plant circulation network (density = 0.19). Women are represented by circles and men by squares. Node size is proportional to the total degree (in-degree plus out-degree).

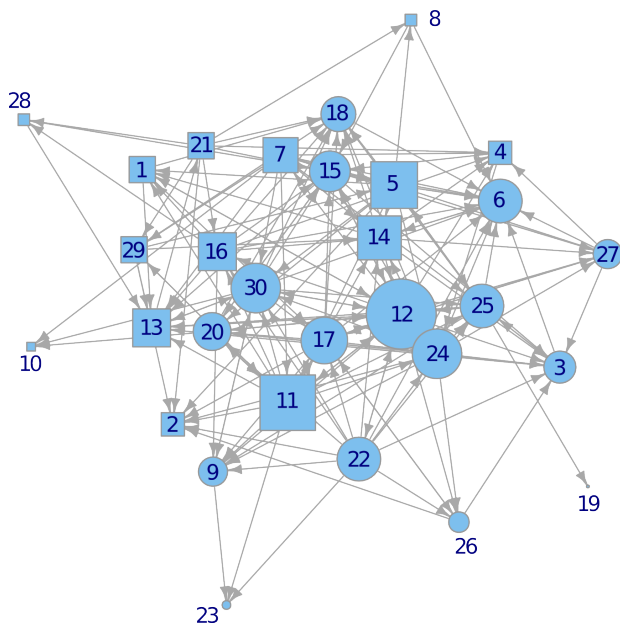


Fig. 5. Plant circulation subnetworks. (A) Starchy foods (density = 0.16). (B) Side dish foods (density = 0.04). (C) Snack foods (density = 0.06). Women are represented by circles and men by squares. Node size is proportional to the total degree (in-degree plus out-degree).

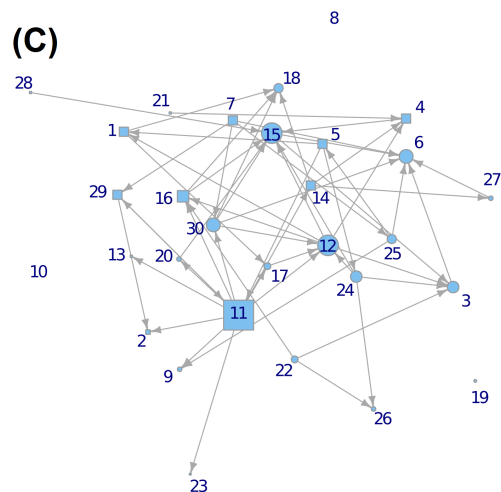
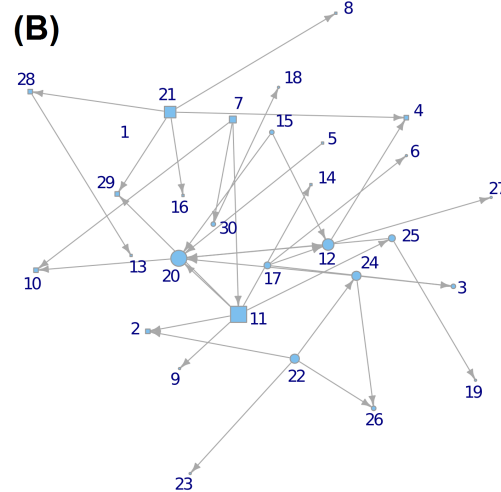
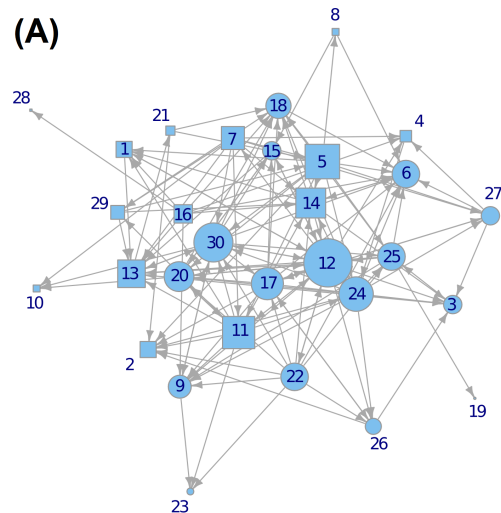


Table 3. Estimations of exponential random graph models (SE) for circulation networks for: all food plants (aggregate), starchy foods, side dish foods, and snack foods.

| Factor | Effect | Circulation network | | | |
|------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Aggregate | Starchy foods | Side dish foods | Snack foods |
| Endogenous | Arc | -3.519 (1.075)* | -4.522 (0.874)* | -3.506 (0.752)* | -4.821 (0.664)* |
| | Reciprocity | -0.392 (0.377) | -0.146 (0.41) | -3.517 (14.928) | -0.703 (1.084) |
| | In-degree | 0.342 (0.403) | 0.613 (0.343) | -0.537 (0.503) | 0.624 (0.335) |
| | Out-degree | 0.774 (0.323)* | 0.999 (0.301)* | 1.076 (0.311)* | 0.507 (0.361) |
| | Triadic transitivity | 0.286 (0.166) | 0.237 (0.173) | 0.156 (0.658) | 0.057 (0.356) |
| | Triadic cycling | 0.113 (0.084) | 0.034 (0.102) | -1.841 (7.48) | -0.253 (0.354) |
| | Two-path | -0.195 (0.049)* | -0.132 (0.057)* | -0.03 (0.167) | -0.004 (0.104) |
| Exogenous | External in-degree giver | 0.01 (0.003)* | 0.013 (0.003)* | 0.096 (0.042)* | 0.079 (0.026)* |
| | External in-degree receiver | 0.006 (0.003)* | 0.009 (0.004)* | -0.087 (0.053) | 0.027 (0.022) |
| | External in-degree heterophily | -0.008 (0.003)* | -0.013 (0.005)* | -0.087 (0.049) | -0.009 (0.024) |

* $P < 0.05$

Exponential random graph model of the aggregate plant circulation network

Exogenous factors

Exogenous factors were control variables in our model because we focused on endogenous effects. Significant effects were associated with having received, or not received, plants from sources outside the community of first migrants (i.e., external in-degree of givers and receivers in Table 3). Significant positive giver and receiver effects for external in-degree indicated a tendency for farmers who received more seeds from outside to provide more plants to others and receive more plants from others. In addition, a significant negative heterophily effect (i.e., positive homophily) for external in-degree indicated that farmers tended to request plants from other farmers who were similar to them in terms of the way they acquired plants from outside the community of first migrants. As already noted, gender homophily and giver and receiver effects were never significant (data not shown). Being a man or woman did not affect the way in which one acquired or received food plants.

Endogenous factors

A significant effect of arc confirmed that ties were not randomly distributed, justifying the use of relatively complex statistical models such as ERGMs (Table 3). The absence of a significant reciprocity effect indicated that there was no trend for over- or under-representation of direct reciprocity in the plant circulation networks we studied. The lack of a significant alternating in-degree effect indicated that different farmers tended to receive plants from the same average number of providers. Positive alternating out-degree showed a tendency for popularity, with a few actors having a higher probability than others of being requested to provide plants. Significant negative alternating two-path highlighted the negative correlation between in-degree and out-degree, with a tendency for the low in-degree farmers to seek plants from high out-degree farmers. Neither triadic transitivity nor triadic cycling were significant, showing the absence of a tendency for triadic closure.

Exponential random graph models of plant circulation subnetworks

Exogenous factors

External in-degree was significant for all three subnetworks, showing the same effect of a few farmers receiving plants from

outside, independently of the local category (Table 3). In contrast to networks for the side dish and snack food categories, a significant positive external in-degree receiver effect was detected for the starchy food network. This means that farmers with a high external in-degree were simultaneously more likely to give and receive plants among migrants of the first generation. Negative and significant heterophily (i.e., positive homophily) was observed for the starchy food network, similarly to the aggregate plant circulation network.

Endogenous factors

The effect of arc was negative and significant for the three subnetworks, confirming the complex distribution of ties observed at the aggregate level (Table 3). Reciprocity was not significant for any of the three networks, a result consistent with that obtained at the aggregate level. Positive significant alternating out-degree was observed for starchy foods and side dish foods, but not for snack foods. This difference revealed considerable variation in the popularity of givers for the first two categories. Concerning the triadic effects, a negative and significant alternating two-path effect was only observed for the starchy food category.

DISCUSSION

Specificities of plant circulation networks

The structure of the aggregate plant circulation network showed neither over- nor under-representation of reciprocity, both direct and indirect. Subhypotheses 1b and 1c (Table 1) were therefore not validated. Concerning direct reciprocity (1b in Table 1), it could be considered that our interview methodology, which focused on only the first source of each plant, may have missed acts of delayed reciprocity. However, according to farmer discourse and our long-term observations, such events are too rare to modify the observed pattern. More importantly, the circulation events we described corresponded to a subset of the tangible and intangible objects that circulate daily within the community (multiplex network of circulating objects). In this Melanesian-type system, receiving plants does not force the receiver to give back plants, but he or she can offer, with delay, counter-gifts of another nature such as prepared food, advice, or even labor (Malinowski 1929, Weiner 1992, Godelier 1996, Caillon 2012). This multiplex reciprocity is one of the key values that must be respected to assure the good functioning of societies.

Unfortunately, our sampling design was limited to only one class of artifacts and was thus not adapted to test whether reciprocity was often fulfilled by repaying an object of a different nature.

Another expectation following the social prestige paradigm was an over-representation of cyclical triadic structures, which would reveal the hierarchy associated with prestige (1c in Table 1). This hypothesis was not validated. We thus found no influence of social prestige on the patterns of plant circulation for specific relations (dyadic and triadic levels). Nevertheless, our results show significant overdispersion of out-degrees (1d in Table 1) and a significant negative correlation between in-degree and out-degree for the same individual (1e in Table 1). A subset of farmers is particularly popular in giving plants and is not disposed to request plants from those who received these gifts. This plant-giving behavior generates generalized prestige, and this finding is consistent with the notion that striving for status (Sorokin 1927, Agneessens and Wittek 2012) may be a driver of seed circulation patterns. However, from this perspective, we should also have observed an over-representation of nonreciprocal dyads and noncyclical triadic structure (Agneessens and Wittek 2012, Lazega et al. 2012), which was not the case. Although the Big Man political system is no longer physically present in its traditional form, its legacy, in the form of the spirit of the foundations and rules, seems still to influence patterns of plant circulation in networks today. The constant renewal of the debt relationship through disequilibrium between givers and receivers allows maintenance of both the prestige and popularity of the givers. This self-organized unstable state allows the coherence of society. When giving plants, one should not then request plants from someone considered to be of lower status, who can be either a person to whom the giver has given plants or a person who has the reputation of frequently requesting plants. To build up one's prestige and to expect a bigger delayed repayment, farmers have to find plants from even bigger givers within the community. It is possible to characterize these popular givers of plants on Vanua Lava.

The first-generation migrants moved to Vanua Lava to recover their lands. Of the 30 first-generation migrants, 17 were able to retrace a family tree as proof of their legitimacy on this territory; most of this information was shared and validated by migrants. This group of people showed an average out-degree of 8.3. Of these 17 individuals, 11 were particularly active in collective tasks and showed an average out-degree of 10.9 (Fig. 4, individuals 5, 7, 11, 12, 16, 17, 21, 22, 24, 25, and 30). The six other individuals (Fig. 4, individuals 1, 9, 10, 15, 27, and 29) who also claimed to descend from an ancestor from Vanua Lava, but who were more discreet (e.g., not involved in community activities) and migrated later on, showed an average out-degree of 3.6. The remaining 13 who cannot specifically claim to have an ancestor showed an even lower out-degree, with an average of 2.6. These last individuals had gained the right to settle through services they gave in the past or through their ability to argue convincingly to have kinship relations with distant relatives. It must be emphasized that for the local inhabitants of Vanua Lava, migrants must fulfill other conditions in addition to a simple genealogical tree showing kin relations: they should have participated in every death ceremony of their clan on Vanua Lava; they must demonstrate how much they know about their territory (i.e., be able to name the different places and to define their territory by reference to specific

geosymbols such as trees or stones); and they must remember their matriclan. Because all the migrants (and the inhabitants of their former island) had forgotten their matriclans, few individuals chose to be adopted or to marry their son to a local inhabitant from Vanua Lava. To summarize, the only legitimate migrants, from a Vanua Lavan perspective, are individuals 5, 11, 25, and 29, who have an average out-degree of 10.

The age of household members, which is related to the order of migration, is also a factor that can partially explain the popularity of certain givers, as already suggested in the literature (Ban and Coomes 2004, Alvarez et al. 2005, Perrault-Archambault and Coomes 2008, Meinzen-Dick and Eyzaguirre 2009). The 11 farmers with the highest out-degree all migrated to Vanua Lava before 1984, with the exception of one woman (farmer 12), who happens to be married to a government agricultural officer and therefore has access to uncommon species and landraces. Migrants who have settled for a longer time are more likely to have accumulated species and landraces that are better adapted to their new home. The climate on Mota Lava is drier, and thus the plants that migrants brought with them may not all have been suited to Vanua Lava's climate and soils. Nonetheless, unexpectedly, no correlation was found between out-degree and crop diversity (data not shown), similar to the results reported by Kawa et al. (2013). These findings differ from those of other published studies that show a positive correlation between centrality and crop diversity (Ban and Coomes 2004, Calvet-Mir et al. 2012a). The pattern observed among Vanua Lava farmers could be explained by the specific context of migration, wherein farmers develop survival strategies soon after arrival in their new location. For example, newly arrived farmers may test numerous plants for their suitability for wet climatic conditions, leading to a relatively high level of crop diversity grown per farmer. Another possible explanation for the absence of a positive correlation between crop diversity and farmer centrality is that having a few bioculturally valued varieties of a crop can be more important than having a large number of varieties. In other words, the quality of varieties managed by experts might be more important than the number of varieties they manage. To summarize, to become a prestigious plant giver, one must secure land rights, be one of the oldest migrants, and thus have the reputation of cultivating plants that are more adapted to the new conditions or that are rare because they are exotic.

Moreover, the significant effects of external in-degree of giver and receiver (Fig. 3, Table 3) indicate that farmers who receive plants from outside the community of the first-generation migrants (i.e., from their island of origin, the nearby forest [in which are found old fallows], the agronomic research station, and local inhabitants of Vanua Lava or of other islands) give and receive more plants than the others. As shown by the external in-degree homophily, farmers with easy access to outside sources tend to give plants to other farmers with a similar profile. Nevertheless, we acknowledge that in our statistical design, the external in-degree is a control variable that is difficult to interpret. In addition, the absence of an effect of gender (homophily, giver and receiver) is consistent with the fact that men and women on Vanua Lava share most farming activities and agricultural knowledge.

Effect of plant local categories on plant circulation subnetworks

ERGMs for the plant circulation subnetworks reveal differences among the subnetworks in the significance of parameters in explaining structural patterns. The correlation between in- and out-degree is significant only for starchy food plants. Out-degree is significant for starchy foods and side dish foods, and no degree parameter is significant for the snack food plant circulation network. These results indicate that the circulation network for starchy foods is more constrained compared to the networks for side dish and snack foods. This could be interpreted as a relaxation of exchange rules for the latter two networks. These differences are consistent with subhypotheses 2a and 2b (Table 1). Social status within a group of farmers is revealed by different kinds of expertise: the level of knowledge for different facets of technical know-how, but also the level of crop diversity maintained. Accumulating rare landraces of highly valued species is a better strategy to strengthen prestige than is cultivating landraces of less-valued species of side dish and snack foods. To maintain their status, people should avoid asking for highly valued landraces from people they consider having a lower social status than themselves. Such a phenomenon was not observed for less-valued species because these do not affect the social status of farmers. In addition, no gender effect was detected for the different plant categories, consistent with the sharing of labor in farming tasks on Vanua Lava.

Here, we analyzed the circulation network for each local category of plants as an independent network. Further investigations are necessary to improve the model used for one plant category, for example, by declaring the two other networks as covariates of the model. Another alternative could be to use a bivariate ERGM to estimate the level of interaction between two networks through the entrainment effect (Huising et al. 2012). To explore further how plant circulation is embedded within other social networks, it would be relevant to study, simultaneously and in interaction, the circulation of objects of different natures (e.g., musical instruments or other artifacts) and different networks of relationships in which these objects may circulate (kinship, advice, neighbor, and friendship networks), all in a multiplex analysis.

CONCLUSION

We investigated the properties of plant circulation networks on the island of Vanua Lava by combining participant observation with statistical modeling. We showed that social prestige seems to play a role in structuring plant circulation networks in Vanuatu society. Our findings suggest that some elements of the Melanesian-type Big Man political system, although no longer in its traditional form, may still influence how people engage in exchange. The system confers prestige to the biggest givers (high outdegree) and reinforces hierarchy. Food plants, as alienable, material, and nonritualized objects, are appropriate indicators to reveal social rules that are involved in circulation networks within a community. However, they constitute only one piece of the puzzle because counter-gifts can be of a different nature.

In addition, we showed that the influence of farmers' social status is particularly important for plants to which high biocultural value is ascribed, and is negligible for plants of low biocultural value. These results strengthen the conclusion that crop diversity is not randomly distributed in space and that social organization, especially the differences in terms of social status of the farmers

and of biocultural value of plants, strongly shape the distribution of plant diversity by affecting how plants circulate among farmers. These findings provide elements that can help in disentangling the effects of biological and sociocultural properties of plants on the dynamics of crop diversity.

The richness of our results confirms that social network analysis, ERGM in particular, is a promising approach to answering anthropological questions, even if the constraint of having to work with a system that is considered closed is a major challenge, methodologically and conceptually, because some plant circulation events come from outside the targeted population and cannot be accounted for directly in the statistical model. This mixed method approach could help anthropologists to formalize and test their research questions and to mobilize their fieldwork data to do so. Facing such a challenge implies integrating the richness and diversity of anthropological knowledge on themes ranging from ecology to the society's cosmology. It is also important to undertake long-term surveys with collection of diachronic or longitudinal data because social processes are fundamentally dynamic. We think that methods recently developed in social network analysis, emphasizing dynamic analyses, can enable researchers to overcome these challenges and thus significantly improve the understanding of the characteristics of plant circulation networks.

Responses to this article can be read online at:

<http://www.ecologyandsociety.org/issues/responses.php/8378>

Acknowledgments:

We gratefully acknowledge the French Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB), which made possible NetSeed, an international collaboration of researchers studying farmer seed networks. Mathieu Thomas was provided with a six-month post-doctoral fellowship within this program. The Centre de Synthèse et d'Analyse sur la Biodiversité (CESAB) provided essential logistical support for regular workshops on the subject, which enabled us to develop and mature both the theoretical and methodological aspects of our research. Additional support of the ongoing research collaboration through the MIREs and MADRES networks was provided by the following agencies: the Réseau National des Systèmes Complexes (RNSC), the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), and the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). We thank the Scientific Council of the University of Montpellier for funding the fieldwork, and the Vanuatu Kultural Senta (VKS) for providing information and organizational facilities. We are grateful to Mélisse Durecu for the cartographic work, and to Doyle McKey, Denis Monmerie, and three anonymous reviewers for their proofreading and advice. This research would not have been possible without the generosity of many farmers from the east coast of Vanua Lava, in particular, the hospitality of Edwin Tagar and May Danasé. This article is dedicated to their recently deceased son, Ken.

LITERATURE CITED

- Abay, F., W. de Boef, and Å. Bjørnstad. 2011. Network analysis of barley seed flows in Tigray, Ethiopia: supporting the design of strategies that contribute to on-farm management of plant genetic resources. *Plant Genetic Resources* 9(4):495-505. <http://dx.doi.org/10.1017/S1479262111000773>
- Agneessens, F., and R. Wittek. 2012. Where do intra-organizational advice relations come from? The role of informal status and social capital in social exchange. *Social Networks* 34(3):333-345. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2011.04.002>
- Alcántara-Salinas, G., R. F. Ellen, L. Valiñas-Coalla, J. Caballero, and A. Argueta-Villamar. 2013. Alternative ways of representing Zapotec and Cuicatec folk classification of birds: a multidimensional model and its implications for culturally-informed conservation in Oaxaca, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9(1):81. <http://dx.doi.org/10.1186/1746-4269-9-81>
- Alvarez, N., E. Garine, C. Khasah, E. Dounias, M. Hossaert-McKey, and D. McKey. 2005. Farmers' practices, metapopulation dynamics, and conservation of agricultural biodiversity on-farm: a case study of sorghum among the Duupa in sub-Saharan Cameroon. *Biological Conservation* 121(4):533-543. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2004.05.021>
- Badstue, L. B., M. R. Bellon, J. Berthaud, X. Juárez, I. M. Rosas, A. M. Solano, and A. Ramírez. 2006. Examining the role of collective action in an informal seed system: a case study from the central valleys of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 34(2):249-273. <http://dx.doi.org/10.1007/s10745-006-9016-2>
- Ban, N., and O. T. Coomes. 2004. Home gardens in Amazonian Peru: diversity and exchange of planting material. *Geographical Review* 94(3):348-367. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1931-0846.2004.tb00177.x>
- Barrau, J. 1958. *Subsistence agriculture in Melanesia*. Bernice P. Bishop Museum Bulletin 219. Bernice P. Bishop Museum, Honolulu, Hawaii.
- Bellon, M. R., D. Hodson, and J. Hellin. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(33):13432-13437. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1103373108>
- Benz, B., H. Perales, and S. Brush. 2007. Tzeltal and Tzotzil farmer knowledge and maize diversity in Chiapas, Mexico. *Current Anthropology* 48(2):289-300. <http://dx.doi.org/10.1086/512986>
- Berlin, B., D. E. Breedlove, and P. H. Raven. 1974. *Principles of Tzeltal plant classification: an introduction to the botanical ethnography of a Mayan-speaking people of highland Chiapas*. Academic Press, New York, New York, USA.
- Bonnemaison, J. 1991a. Magic gardens in Tanna. *Pacific Studies* 14(4):71-89. [online] URL: <https://ojs.lib.byu.edu/spc/index.php/PacificStudies/article/view/30707/29166>
- Bonnemaison, J. 1991b. Le taro-roi: une horticulture d'abondance dans l'Archipel du Vanuatu (Mélanésie). Pages 305-315 in R. Blanadet, J. M. Amat-Roze, S. Guichard-Anguis, C. Balaize, and A. Louchet, editors. *Aspects du monde tropical et asiatique: hommage à Jean Delvert*. Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, Paris, France.
- Bonnemaison, J. 1996a. *Gens de pirogue et gens de la terre*. Editions de l'ORSTOM, Paris, France.
- Bonnemaison, J. 1996b. Gens du taro et gens de l'igname. Pages 389-404 in M. Julien, M. Orliac, and C. Orliac, editors. *Mémoire de pierre, mémoire d'homme: tradition et archéologie en Océanie: hommage à José Garanger*. Publications de la Sorbonne, Paris, France.
- Boster, J. S. 1986. Exchange of varieties and information between Aguaruna manioc cultivators. *American Anthropologist* 88(2):428-436. <http://dx.doi.org/10.1525/aa.1986.88.2.02a00100>
- Brookfield, H., C. Padoch, H. Parsons, and M. Stocking. 2002. *Cultivating biodiversity: understanding, analysing and using agricultural diversity*. ITDG Publishing, London, UK. <http://dx.doi.org/10.3362/9781780441092>
- Bulmer, R. 1970. Which came first, the chicken or the egg-head? in J. Pouillon and P. Maranda, editors. *Echanges et communications: mélanges offerts à Claude Lévi-Strauss*. Mouton, The Hague, The Netherlands.
- Caillon, S. 2011. Ethnobotanique du cocotier (*Cocos nucifera* L.) sur l'île de Vanua Lava (Vanuatu). *Journal de la Société des Océanistes* 133:333-352.
- Caillon, S. 2012. Produce to exchange. The taro water-gardens on Vanua Lava (Vanuatu), a social and sustainable place. Pages 189-208 in M. Spriggs, D. Addison, and P. J. Matthews, editors. *Irrigated taro (Colocasia esculenta) in the Indo-Pacific: biological, social and historical perspectives*. Senri Ethnological Series 78. National Museum of Ethnology, Osaka, Japan.
- Caillon, S., and P. Degeorges. 2007. Biodiversity: negotiating the border between nature and culture. *Biodiversity and Conservation* 16(10):2919-2931. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-007-9149-7>
- Caillon, S., and V. Lanouguère-Bruneau. 2005. Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. *Journal de la Société des Océanistes* 120-121(1):129-148. <http://dx.doi.org/10.4000/jso.451>
- Calvet-Mir, L., M. Calvet-Mir, J. L. Molina, and V. Reyes-García. 2012a. Seed exchange as an agrobiodiversity conservation mechanism. A case study in Vail Fosca, Catalan Pyrenees, Iberian Peninsula. *Ecology and Society* 17(1):29. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04682-170129>
- Calvet-Mir, L., E. Gómez-Baggethun, and V. Reyes-García. 2012b. Beyond food production: ecosystem services provided by home gardens. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Northeastern Spain. *Ecological Economics* 74:153-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.12.011>
- Chowning, A. 1979. Leadership in Melanesia. *Journal of Pacific History* 14(2):66-84. <http://dx.doi.org/10.1080/00223347908572366>
- Conklin, H. C. 1974. An ethnoecological approach to shifting agriculture. Pages 167-172 in Y. A. Cohen, editor. *Man in adaptation: the cultural present*. Second edition. Aldine, Hawthorne, New York, USA.
- Coomes, O. T., and N. Ban. 2004. Cultivated plant species diversity in home gardens of an Amazonian peasant village in northeastern Peru. *Economic Botany* 58(3):420-434. [http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0420:cpsdih\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0420:cpsdih]2.0.co;2)

- Coomes, O. T., S. J. McGuire, E. Garine, S. Caillon, D. McKey, E. Demeulenaere, D. Jarvis, G. Aistara, A. Barnaud, P. Clouvel, L. Emperaire, S. Louafi, P. Martin, F. Massol, M. Pautasso, C. Violon, and J. Wencélius. 2015. Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions. *Food Policy* 56:41-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.008>
- Coupage, L. 2009. Ways of enchanting: chaînes opératoires and yam cultivation in Nyamikum village, Maprik, Papua New Guinea. *Journal of Material Culture* 14(4):433-458. <http://dx.doi.org/10.1177/1359183509345945>
- Csardi, G., and T. Nepusz. 2006. The igraph software package for complex network research. *InterJournal Complex Systems* 1695. [online] URL: http://www.interjournal.org/manuscript_abstract.php?361100992
- Dark, P. J. C. 1974. *Kilenge art and life: a look at a New Guinea people*. Academy Editions, London, UK.
- Davis, A., and J. R. Wagner. 2003. Who knows? On the importance of identifying "experts" when researching local ecological knowledge. *Human Ecology* 31(3):463-489. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025075923297>
- de Coppet, D. 1981. The life-giving death. Pages 175-204 in S. C. Humphreys and H. King, editors. *Mortality and immortality: the anthropology and archaeology of death*. Academic Press, London, UK.
- Demeulenaere, E., C. Bonneuil, F. Balfourier, A. Basson, J.-F. Berthelot, V. Chesneau, H. Ferté, N. Galic, G. Kastler, J. Koenig, F. Mercier, J. Payement, A. Pommart, B. Ronot, Y. Rousselle, N. Supiot, H. Zaharia, and I. Goldringer. 2008. Étude des complémentarités entre gestion dynamique à la ferme et gestion statique en collection: cas de la variété de blé Rouge de Bordeaux. *Les Actes du BRG* 7:117-138.
- Di Piazza, A. 1999. Migration d'une plante et migration de ses représentations. Le taro de marécage (*Cyrtosperma chamissonis*) sur Nikunau et Tabuaeran (République de Kiribati). *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 41 (1):93-108.
- di Piazza, A., and D. Frimagacci. 1991. A thousand years of gardening: a history of subsistence on Futana. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 11:124-141. [online] URL: <http://journals.lib.washington.edu/index.php/BIPPA/article/download/11378/10017>
- Domínguez, S., and B. Hollstein. 2014. *Mixed methods social networks research: design and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781139227193>
- Earle, T. 1980. Prehistoric irrigation in the Hawaiian Islands: an evaluation of evolutionary significance. *Archaeology and Physical Anthropology in Oceania* 15(1):1-28. <http://dx.doi.org/10.1002/j.1834-4453.1980.tb00316.x>
- Ellen, R. 1993. *The cultural relations of classification: an analysis of Nuauulu animal categories from central Seram*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511470530>
- Ellen, R. F. 2006. *The categorical impulse: essays in the anthropology of classifying behaviour*. Berghahn, New York, New York, USA.
- Ellen, R., and S. Platten. 2011. The social life of seeds: the role of networks of relationships in the dispersal and cultural selection of plant germplasm. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 17(3):563-584. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9655.2011.01707.x>
- Emperaire, L., and N. Peroni. 2007. Traditional management of agrobiodiversity in Brazil: a case study of manioc. *Human Ecology* 35(6):761-768. <http://dx.doi.org/10.1007/s10745-007-9121-x>
- Friedberg, C. 1986. Classifications populaires des plantes et modes de connaissance. Pages 21-49 in P. Tassay, editor. *L'ordre et la diversité du vivant: quel statut scientifique pour les classifications biologiques*. Fondation Diderot, Fayard, Paris, France.
- Friedberg, C. 1992. Représentation, classification: comment l'homme pense ses relations au milieu naturel. Pages 357-371 in M. Jollivet, editor. *Sciences de la nature, sciences de la société: les passeurs de frontières*. CNRS Éditions, Paris, France.
- Garine, E., A. Luxereau, J. Wencélius, C. Violon, T. Robert, A. Barnaud, S. Caillon, and C. Raimond. 2013. De qui les variétés traditionnelles de plantes cultivées pourraient-elles être le patrimoine? Réflexions depuis le Bassin du Lac Tchad. Pages 93-104 in D. Juhé-Beaulaton, M.-C. Cormier-Salem, P. de Robert, and B. Roussel, editors. *Effervescence patrimoniale au Sud: enjeux, questions, limites*. IRD Editions, Paris, France.
- Godelier, M. 1996. *L'Enigme du don*. Fayard, Paris, France.
- Gouldner, A. W. 1960. The norm of reciprocity: a preliminary statement. *American Sociological Review* 25(2):161-178. <http://dx.doi.org/10.2307/2092623>
- Haudricourt, A. G. 1964. Nature et culture dans la civilisation de l'igname: l'origine des clones et des clans. *L'Homme* 4(1):93-104. <http://dx.doi.org/10.3406/hom.1964.366613>
- Heckler, S. L. 2004. Tedium and creativity: the valorization of manioc cultivation and Piaroa women. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 10(2):241-259. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9655.2004.00188.x>
- Heckler, S., and S. Zent. 2008. Piaroa manioc varieties: hyperdiversity or social currency? *Human Ecology* 36(5):679-697. <http://dx.doi.org/10.1007/s10745-008-9193-2>
- Hodgkin, T., R. Rana, J. Tuxill, D. Balma, A. Subedi, I. Mar, D. Karamura, R. Valdivia, L. Collado, L. Latournerie, M. Sadiki, M. Sawadogo, A. H. D. Brown, and D. I. Jarvis. 2007. Seed systems and crop genetic diversity in agroecosystems. Pages 77-116 in D. I. Jarvis, C. Padoch, and H. D. Cooper, editors. *Managing biodiversity in agricultural ecosystems*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Huitsing, G., M. A. J. van Duijn, T. A. B. Snijders, P. Wang, M. Sainio, C. Salmivalli, and R. Veenstra. 2012. Univariate and multivariate models of positive and negative networks: liking, disliking, and bully-victim relationships. *Social Networks* 34 (4):645-657. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2012.08.001>
- Hunn, E. 1982. The utilitarian factor in folk biological classification. *American Anthropologist* 84(4):830-847. <http://dx.doi.org/10.1525/aa.1982.84.4.02a00070>

- Isaac, M. E. 2012. Agricultural information exchange and organizational ties: the effect of network topology on managing agrobiodiversity. *Agricultural Systems* 109:9-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.011>
- Isaac, M. E., B. H. Erickson, S. J. Quashie-Sam, and V. R. Timmer. 2007. Transfer of knowledge on agroforestry management practices: the structure of farmer advice networks. *Ecology and Society* 12(2):32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art32/>
- Jarvis, D. I., T. Hodgkin, B. R. Sthapit, C. Fadda, and I. Lopez-Noriega. 2011. An heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production system. *Critical Reviews in Plant Science* 30(1-2):125-176. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2011.554358>
- Kawa, N. C., C. McCarty, and C. R. Clement. 2013. Manioc varietal diversity, social networks, and distribution constraints in rural Amazonia. *Current Anthropology* 54(6):764-770. <http://dx.doi.org/10.1086/673528>
- Koskinen, J., and T. A. B. Snijders. 2012. Simulation, estimation, and goodness of fit. Pages 141-166 in D. Lusher, J. Koskinen, and G. Robins, editors. *Exponential random graph models for social networks: theory, methods, and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511894701.014>
- Lazega, E., L. Mounier, T. Snijders, and P. Tubaro. 2012. Norms, status and the dynamics of advice networks: a case study. *Social Networks* 34(3):323-332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2009.12.001>
- Leclerc, C., and G. Coppens d'Eeckenbrugge. 2012. Social organization of crop genetic diversity. The $G \times E \times S$ interaction model. *Diversity* 4(1):1-32. <http://dx.doi.org/10.3390/d4010001>
- Lemonnier, P. 1982. Les jardins Anga (Nouvelle-Guinée). *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 29 (3):228-245. <http://dx.doi.org/10.3406/jatba.1982.3874>
- Lepowsky, M. 1990. Big men, big women, and cultural autonomy. *Ethnology* 29(1):35-50. <http://dx.doi.org/10.2307/3773480>
- Lindstrom, L. 1990. *Knowledge and power in a South Pacific society*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Lutkehaus, N. C., and P. B. Roscoe, editors. 1995. *Gender rituals: female initiation in Melanesia*. Routledge, London, UK.
- Malinowski, B. 1922. *Les argonautes du Pacifique occidental*. (A. Devyver and S. Devyver, translators). Gallimard, Paris, France.
- Malinowski, B. 1929. *The sexual life of savages in north-western Melanesia: an ethnographic account of courtship, marriage and family life among the natives of the Trobriand islands, British New Guinea*. Routledge, London, UK.
- Mauss, M. 1925. *Essai sur le don: forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques*. L'année sociologique série 2. Les Presses universitaires de France, Paris, France. <http://dx.doi.org/10.1522/cla.mam.ess3>
- McGuire, S. J. 2008. Securing access to seed: social relations and sorghum seed exchange in eastern Ethiopia. *Human Ecology* 36 (2):217-229. <http://dx.doi.org/10.1007/s10745-007-9143-4>
- Meilleur, B. A. 1998. Clones within clones: cosmology and esthetics and Polynesian crop selection. *Anthropologica* 40 (1):71-82. <http://dx.doi.org/10.2307/25605873>
- Meinzen-Dick, R., and P. Eyzaguirre. 2009. Non-market institutions for agrobiodiversity conservation. Pages 82-91 in A. Kontoleon, U. Pascual, and M. Smale, editors. *Agrobiodiversity conservation and economic development*. Routledge, London, UK.
- Monnerie, D. 2012. Objets cérémoniels, chaînes opératoires et élaboration des relations sociales (arama et hoot ma whaap, kanaky Nouvelle-Calédonie, Mélanésie). *Techniques and Culture* 58:122-141. <http://dx.doi.org/10.4000/tc.6497>
- Monnerie, D. 2014. Les échanges en Océanie et l'anthropologie. Pages 127-160 in L. Dousset, B. Glowczewski, and M. Salaün, editors. *Les sciences humaines et sociales dans le pacifique Sud. Terrains, questions et méthodes*. Pacific-Credo Publications, Marseille, France.
- Muller, S. 2009. Les plantes à tubercules, au cœur de la redéfinition des territoires et de l'identité au Vanuatu (Mélanésie). *Autrepart* 50(2):167-186.
- Muller, S., V. Lebot, and A. Walter. 2010. Food-garden biodiversity in Vanuatu. Pages 508-514 in P. Bouchet, H. Le Guyader, and O. Pascal, editors. *The natural history of Santo*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.
- Pautasso, M., G. Aistara, A. Barnaud, S. Caillon, P. Clouvel, O. T. Coomes, M. Delêtre, E. Demeulenaere, P. De Santis, T. Döring, L. Eloy, L. Empereire, E. Garine, I. Goldringer, D. Jarvis, H. I. Joly, C. Leclerc, S. Louafi, P. Martin, F. Massol, S. McGuire, D. McKey, C. Padoch, C. Soler, M. Thomas, and S. Tramontini. 2013. Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(1):151-175. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-012-0089-6>
- Perrault-Archambault, M., and O. T. Coomes. 2008. Distribution of agrobiodiversity in home gardens along the Corrientes River, Peruvian Amazon. *Economic Botany* 62(2):109. <http://dx.doi.org/10.1007/s12231-008-9010-2>
- Pollock, N. J. 1992. *The roots remain: food habits in islands of the central and eastern Pacific since Western contact*. Institute for Polynesian Studies, University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii, USA.
- Poudel, D., B. Sthapit, and P. Shrestha. 2015. An analysis of social seed network and its contribution to on-farm conservation of crop genetic diversity in Nepal. *International Journal of Biodiversity* 2015:e312621. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/312621>
- R Core Team. 2014. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reyes-García, V., J. L. Molina, L. Calvet-Mir, L. Aceituno-Mata, J. J. Lastra, R. Ontillera, M. Parada, M. Pardo-de-Santayana, M. Rigat, J. Vallès, and T. Garnatje. 2013. "Tertius gaudens": germplasm exchange networks and agroecological knowledge among home gardeners in the Iberian Peninsula. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9:53. <http://dx.doi.org/10.1186/1746-4269-9-53>

Ricciardi, V. 2015. Social seed networks: identifying central farmers for equitable seed access. *Agricultural Systems* 139:110-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2015.07.002>

Robins, G., T. Snijders, P. Wang, M. Handcock, and P. Pattison. 2007. Recent developments in exponential random graph (p^*) models for social networks. *Social Networks* 29(2):192-215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2006.08.003>

Sahlins, M. 1965. On the sociology of primitive exchange. Pages 139-227 in M. Gluckman and F. Eggan, editors. *The relevance of models for social anthropology*. Tavistock Publications, London, UK.

Smale, M., and M. R. Bellon. 1999. A conceptual framework for valuing on-farm genetic resources. Pages 387-408 in D. Wood and J. M. Lenné, editors. *Agrobiodiversity: characterization, utilization and management*. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Snijders, T. A. B., P. E. Pattison, G. L. Robins, and M. S. Handcock. 2006. New specifications for exponential random graph models. *Sociological Methodology* 36(1):99-153. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9531.2006.00176.x>

Sorokin, P. A. 1927. *Social mobility*. Harper and Row, New York, New York, USA.

Stern, M. 2013. Music in traditional exchanges in north Vanuatu. *Pacific Studies* 36(1-2):59-76. [online] URL: <https://ojs.lib.byu.edu/spc/index.php/PacificStudies/article/view/35207/32997>

Subedi, A., D. Singh, P. Shrestha, S. R. Subedi, and B. R. Sthapit. 2005. Stability of farmers' networks and nodal farmers in *terai* and hill villages of Nepal: implications for agrobiodiversity management on-farm. Page 36-40 in B. R. Sthapit, M. P. Upadhyay, P. K. Shrestha, and D. I. Jarvis, editors. *On-farm conservation of agricultural biodiversity in Nepal. Volume II. Managing diversity and promoting its benefits*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Thomas, M., J. C. Dawson, I. Goldringer, and C. Bonneuil. 2011. Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58(3):321-338. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-011-9662-0>

Thurnwald, R. 1916. Bánaro society; social organization and kinship system of a tribe in the interior of New Guinea. *Memoirs of the American Anthropological Association* 3(4):251-412.

VNSO (Vanuatu National Statistics Office). 2009. *2009 census tables*. Vanuatu National Statistics Office, Port Vila, Vanuatu.

Wang, P., G. L. Robins, and P. E. Pattison. 2009. *PNet: program for the simulation and estimation of exponential random graph (p^*) models: user manual*. University of Melbourne, Melbourne, Australia. [online] URL: <http://www.swinburne.edu.au/fbl/research/transformation-innovation/our-research/MelNet-social-network-group/PNet-software/resources/PNetManual.pdf>

Weiner, A. B. 1992. *Inalienable possessions: the paradox of keeping-while-giving*. University of California Press, Berkeley, California, USA. <http://dx.doi.org/10.1525/california/9780520076037.001.0001>

Biodiversity: negotiating the border between nature and culture

Sophie Caillon · Patrick Degeorges

Received: 26 October 2006 / Accepted: 17 January 2007
© Springer Science+Business Media B.V. 2007

Abstract In a context of globalization, Article 8j. from the Convention on Biological Diversity recognizes the value of biodiversity and formalizes its mixed nature through its biological as well as cultural dimensions. This new definition raises questions more than it solves them. We demonstrate that national and international organizations, local communities, and even researchers from different disciplines (anthropology, botany or genetics) identify and evaluate biodiversity differently. The various stakeholder groups have developed an unavoidable social relation with multiple aspects of biodiversity that they relate to through their job or way of life. And therefore, they pursue various conservation purposes: the preservation of place's memory through ancestral links, cultural diversity, phenotypic variability or evolutionary potential. Which disciplinary and ethical boundaries are these actors willing to compromise, in order to preserve biodiversity in the name of development? Which indicators should we choose to fulfil which goals? The contrasting examples of taro (a socially valued object, planted on taro pondfields inherited "from the ancestors", linked to an important cultural diversity and to a narrow genetic-base) and coconut (a socially devalued object, cultivated in coconut plantations at the prompting of "the Whites" and genetically diverse despite few named types) demonstrate that same farmers from a village in Vanuatu (South Pacific) affirm traditional ecological knowledge though their management of taro, and still participate in a market economy by intensifying their crop of coconuts. Conservation and research programs should integrate ethical questions and political processes to reconcile systems of diversified values and representations.

S. Caillon (✉)

Département Hommes Natures Sociétés, Muséum National d'Histoire Naturelle,
CP no. 26, 57 rue Cuvier, Paris, 75005, France
e-mail: caillon@mnhn.fr

P. Degeorges

Institut d'Etudes Politiques de Paris, Chaire du Développement Durable, PROSES, 15 rue Ecole
de Médecine, Paris, 75006, France

Keywords Biodiversity conservation · Biological diversity · *Colocasia esculenta* · Coconut · *Cocos nucifera* · Cultural diversity · Environmental ethics · Melanesia · Taro · Vanuatu

Abbreviations

| | |
|-------|--|
| CBD | Convention on Biological Diversity |
| CIRAD | Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement |
| FFEM | Fond Français pour l'Environnement Mondial |
| IRD | Institut de Recherche pour le Développement. |
| IFB | Institut Français de la Biodiversité |

The concept of biodiversity affirms the unity of life in all its manifestations and at every level of organization. It expresses the inherent value of the extraordinary diversity produced by natural processes taking place through long evolutionary time and during the “human history of nature”. The imprecise definition has contributed to its success as an unifying ideal for nature conservation and the protection of cultural diversity. Since the term was coined by Walter G. Rosen in 1985 and its legal framework defined by the Convention on Biological Diversity (CBD) in 1992, the fight against the loss of biological diversity has led to a major change in nature conservation policies and programs. The erosion of biodiversity does not simply refer to the massive extinction of species or the disappearance of wilderness areas free from any human activity. Above all, it describes a common situation that shows the fragility of depleted or pressured natural and semi-natural systems struggling to answer societies’ needs and expectations. Far from being opposed to development, the conservation of both wild and domestic biological diversity is now seen to be an essential condition for sustainability. Biodiversity increasingly acts as a reference to assess and, when necessary, correct the impact of human beings on their environment. This questioning of the way in which industrial societies intensively exploit natural resources is accompanied by a reevaluation of “traditional” ways of inhabiting environments and their lifestyles attached to them. In recognizing that the disappearance of local practices and know-how form part of the mechanisms leading to erosion of biological diversity, Article 8j of the CBD requires the approval and involvement of “indigenous and local communities”.

However it is not always easy to defend cultural diversity in the name of biological diversity conservation. The reasons why communities single out certain aspects of biological diversity on their territories do not always coincide with the objectives and values of national or international conservation programs. The diversity which is important from a cultural stand point is not always regarded in the same manner by the agronomist or the ecologist.

How can these multiple ways of perceiving biodiversity and the sometimes contradictory values given to it by societies, as well as different scientific disciplines, be reconciled? What is being measured? What indicator should be chosen and why? Does biodiversity have the same meaning for an anthropologist, a botanist and a geneticist? What disciplinary axioms and ethical principles would they transgress to preserve biological diversity in the name of development? A case study derived from our research in agrobiodiversity helps shed some light on the problems and issues raised by these questions.

Socializing with biodiversity

We investigated the varietal or intraspecific diversity of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) on the island of Vanua Lava in Vanuatu (South Pacific) using anthropological, botanical and genetic tools. Taros are annual plants which are propagated vegetatively by horticulturists who treat this plant with extraordinary respect and attention because of its high social status due to generational links with ancestors. They are cultivated in irrigated pondfields that have been inherited from the mythic founding heroes and their ancestors. Each new “form” of taro, distinguished by its morphology, colour or taste, is captured, identified and propagated to constitute a population of clones. This population only becomes a cultivar when the association between its name, its history of origin and its morphotype is known by farmers. Rules of nomenclature are based on the circumstances of its discovery (Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005). Taros “found” in fallow land bear the name of their discoverer or the place where they occurred. These taros are in fact plants growing from seeds. Another way to diversify the genome is through somatic mutations. Taros that “change” after replanting of a known cultivar retain the name of the mother-plant to which is added a determinant describing their new distinctive morphological modification which has appeared after a visible mutation. Finally, “introduced” taros are named by the eponym of the island from which they originate. Independent of the intrinsic qualities of the cultivar, its recognition at village level and then by the islanders therefore depends on the capacity of the “discoverer” to integrate this new product into the varietal portfolio of the village community through a codified social network. We were able to show that there was an almost perfect correspondence between a vernacular name, a morphotype and a genotype so that a cultivar locally designated by a single name corresponds to a group of genetically and morphologically similar individuals (Caillon et al. 2006). However, although the number of names (96) and morphological characteristics (96 single combinations) may seem impressive to an anthropologist or botanist, the geneticist regrets the low genetic diversity. Cultivars of this village are genetically close to those of other islands. Moreover, taro’s genome in Vanuatu only represents a low diversity at the scale of the Pacific (Quero-García et al. 2004), and the diversity in Oceania is much lower than that of South-East Asia (Lebot et al. 2000).

Although, in this case, biodiversity is identified in the same way by several disciplines there may be disagreement about its evaluation. The varietal diversity of taros may be assessed in several ways, depending on the chosen disciplinary angle. A rich local taxonomy does not necessarily imply an important biological diversity and it does not reflect the occidental systematic still mainly based on morphological criteria. There is no single way to measure such a term with so many meanings. The full significance of this diversity is only apparent when the different sciences are confronted and made aware of the limits of their respective approaches. Anthropologists, botanists, geneticists or agronomists attach different values to the multiple facets of biodiversity. The criteria they choose lead us to evaluate it differently depending on the analysis’ scale (from the gene to the landscape) and of objectives proposed: to protect cultural diversity, phenotypic variability or evolutionary potential. This analysis suggests that development of biodiversity depends on the degree of intimacy and forms of socialization that human kind maintains with it, both from the point of view of local representation and of different sciences. Hence, diverse

assessments of the diversity of living nature do not always faithfully reflect the existing morphological or genetic diversity.

Local populations also maintain different degrees of socialization with the diversity of life that characterizes the environments towards which they develop different kinds of relationships. The way in which biological diversity is perceived and understood by indigenous people may be comprehended by studying traditional identification and nomenclature processes. Hence, the inhabitants of Vanua Lava only have a single name, “qiatrev” (the walking taro), for all the taros described as wild. Although these plants eluding cultivation present a wide range of forms and original colours, cultivated taros and wild taros do not receive the same social status. Farmers are not interested in the variety of feral plants, as they do not tend them on a daily basis, unlike cultivated plants. A similar case takes place in French Guyana. The Amerindian population of Palikur (or Aukwayene) maintains 29 named varieties of cassava (*Manihot esculenta* spp. *esculenta*) (Ouhoud-Renoux 2000). This population gives only a single name to the associated wild species (*M. esculenta* spp. *flabellifolia*) growing in the surrounding forest-savanna ecotone, whereas the numerous morphotypes observed by scientists convinced them to distinguish several species (*M. digitiformis* Pohl, *M. flabellifolia* Pohl, *M. melanobasis* Müll.Arg., *M. esculenta* ssp., *M. peruviana* Muell. Arg., *M. sprucei* Pax, *M. saxicola* Lanj., *M. surinamensis* D.J. Rogers & Appan and *M. tristis* Müll.Arg.) (Pujol et al. 2005).

Likewise, certain forms of diversity may pass unnoticed through lack of interest when drawing up an inventory, or because of the practical difficulties and the financial and human costs required to measure them. If one refers to the Kergelen index in use today, the French flora identifies a significant number of subspecies and varieties, whereas tropical flora often stop at the species level (e.g. Flora Neotropica) due to lack of prospecting or detailed taxonomic work (Lescure Personal communication). Other forms will be better recognized because those studying them will be more able to defend or promote them. In this respect scientists, whatever their discipline, are not neutral, because, as pointed out by Takacs (1996, pp. 195–196), when biologists, for example, advocate the protection of biodiversity, they renegotiate the border between scientific expertise and political legitimacy. “[...] All conservation prescriptions are value-laden, even if prescription is something as innocuous as “biodiversity is good”” (Takacs 1996, p. 189). It is also necessary to agree about the composition or the level of organization of the diversity to be protected. Because of the multiple meanings and values that it encompasses, the concept encourages our propensity to recognize our own preferences, convictions and aspirations in the “nature’s mirror” (Takacs 1996, p. 194). This ambiguity is a potential source of conflict and misunderstanding, in particular when it is a question of reconciling the cultural and biological dimensions of biodiversity.

Linking biological diversity to cultural diversity: a dangerous liaison?

In Vanua Lava, in the same village where the numerous taro cultivars are found, large numbers of coconut palms are cultivated and these provide the major source of revenue in the form of copra, the desiccated endosperm of the fruit from which coconut oil is extracted. About 38 named-types of coconut palm were listed in the village and less than 10 are planted per family. They are named by the basic term “coconut palm” to which is added a determinant qualifying the morphological

features distinguishing it from other coconuts (e.g. the large husk coconut “môtô vingaô” with “môtô” coconut palm, “vin” husk and “gaô thick”) (Caillon and Malau 2002). The same nomenclature construction is used for the different categories of coconut palms throughout the country (Caillon 2007a). However, despite this relative uniformity in terms of named types, a large variety of forms and genes may be measured. To set up a copra economy, foreign exporters encouraged local farmers to transform their few garden trees into vast coconut plantations. Small numbers of coconut palms were planted in this village before colonization (about 10 trees per household). Today, the small growers of Vanua Lava now own nearly 400 trees per household (means are calculated with 24 households). In this context of transformation of the economic and social system, a biological diversification occurred following the planting of new trees with new genes, from other islands. While growing in numbers (40-fold), the coconut palm has gained in diversity and cross-fertilization gene flow between individuals has extended this genetic enrichment program begun by introduction.

The coconut palm has a hybrid status: the “tree” is a legacy of the past, but its economic exploitation dates from colonial times. The few fruits produced were not eaten on a daily basis and were reserved for festive occasions or for exchange. Rarity was a factor of its social value. Today coconut palms are still part of all aspects of a villager’s life from birth to death in numerous daily or ceremonial uses in the form of immature fruits to be drunk, milk incorporated into traditional dishes and germinated fruits for planting. They also serve as ingredients for magic concoctions, building materials and often hold the main role in mythical stories. However, in spite of the traditions with which it is linked, the coconut palm on Vanua Lava is discredited as a “White man’s” tree and symbol of Western economic imperialism. Both young and old sometimes go as far as adopting an attitude of rejection of this plant, considering that the men behave like “pigs” when they use coconut milk each day in their meal. In this context, it’s not in fact the tree status itself that has been modified, but the fact that coconuts are cultivated in the coconut plantations brought by “the Whites”. Therefore if the coconut is perceived as the tree “of the Whites”, it is mainly because of its association to the place that was designed by them for its copra exploitation (Caillon 2007b).

In this small village of Vanuatu, two worlds could be confronted: the world of “taro-men” and the one who deals with coconuts. They also can be called the worlds of “taro eaters” and “rice eaters”; this last easy cooking starchy food is bought thanks to copra money. The first are the curators of tradition, whereas the second are engaged in modernity. In fact, the separation is never clear and almost all “taro-men” are making copra to acquire a minimum income as well as all “copra-men” cultivate a few taros for food. The difference is the time spent on the taro and coconut grows. Taro pondfields have been inherited from the mythic heroes and the ancestors; coconut plantations have been introduced by “White men” in order to adapt the local economy to “modernity”. People’s identity is located in place (Hess 2005). Taro-men need copra-men to maintain open commercial roads (though copra-boats) and also small shops where Western goods such as rice, tinned fish, matches and kerosene for lamps can be found. They are the links with the outside world. Taro-men are also essential to the livelihood of the village: through the multitude of taro cultivars bearing names that farmers plant, they conserve a piece of Vê tuboso’s heritage and, as we will see later on, they keep alive the memory of their ancestors.

The contrasting examples of the taro (a socially prestigious object cultivated by the guardians of tradition on land inherited “from the ancestors”, and linked to an important cultural diversity and a narrow genetic-base) and the coconut palm (a socially devalued object planted by the “moderns” in coconut plantations at the prompting of “the Whites” and genetically diverse despite few named types), underlines the plurality of practices and local knowledge of this traditional population isolated from major trade and transport routes. Although certain studies on agrobiodiversity show a positive correlation between biological and cultural diversities, our work shows that the situation is more ambiguous. From the point of view of biodiversity conservation, the society living on Vanua Lava island presents at least two aspects. According to its management of taros in the framework of a traditional subsistence economy, it may be considered as a society with true “traditional ecological knowledge” valuing biological diversity. However, according to its management of coconut palms it appears to be a society that has preferred to invest in a market economy advocating intensification. Both these assessments must however be moderated. On the one hand, although the economic development of the coconut has been accompanied by an increase in its morphological and genetic diversity guaranteeing its adaptive potential, it is certain that further exploitation of this resource would lead farmers to establish high yield hybrid varieties with a consequent standardization of the Ni-Vanuatu plantations. On the other hand, according to a strictly agronomic evaluation, local know-how cannot alone compensate for the relative genetic poverty of the taro population which, in view of the accelerated globalization of exchanges, constitutes a threat for its conservation.

Evaluation of the “ecological value” of practices implemented by a community therefore depends as much on the observer’s point of view and objectives as well as on the object concerned. A study of the techniques and knowledge involved in the management of a plant resource which only investigates their environmental impact or action on biological diversity cannot apprehend the complexity of contexts in which they are used. Natural and cultural objects cannot be dissociated as they are generated by a social system including material support (production system and produced objects) and by an ideal foundation (society’s representation of its place in the world and the surrounding world) (Godelier 1984; Descola 1986; Friedberg 1992). Research in Melanesia confirms that the relations maintained with the “resource” are linked to a history and organization of social life, which involves identity issues that must therefore also be taken into account (Clarke 1971; Panoff 1972; Hays 1974). Since the formal description of the relation between biological and cultural diversities in 1992 within the biodiversity concept, numerous research and development projects have unfortunately only examined “traditional” practices in the hope of discovering natural methods revealing “ecological wisdom” that may be transposed to other societies. The interpretation of this knowledge could generate anthropological nonsense (Bahuchet et al. 2001) when it is reduced to the role of recipes and taken out of its cognitive and sociocultural context (Friedberg 1997; Roué 1998). It is true, for example, that for those using them, the meaning and in particular the religious significance of these practices, does not illustrate as such the “secular” effectiveness that conservation sciences have subsequently discovered for the sustainable management of resources. But the beliefs and conventions ensuring that this know-how is passed on from one generation to another cannot simply be reduced to the inadequate and confused ideas that such a prescientific society is able to have about the evolutionary pro-

cesses its survival depends on (Gadgil et al. 2002, p. 31). This utilitarian interpretation is implicitly based on a debatable idealization of the indigenous populations as being “close to nature”. It is an ideological construction. The value that recent developments in ecology have led us to give to processes governing the evolutionary potential of ecosystems, is the unique result of Western history and cosmology. The positivist approach to conservation should always be aware of this fact in order not to exclude the dimension of cultural diversity. It should be ready to confront the political consequences of the polemics that it generates. If not, it reproduces the typical dualism of modernity, distinguishing a “transcultural” nature, which may be analyzed by objective science, from the meaning that humans attach to their practices and to their representations (Descola and Pálsson 1996).

However good the intentions of those who promote biodiversity, this simplification of the issues involved in conservation constitutes a threat to the future of communities, who are “judged” according to alien criteria which tend to reduce the respect for their way of life to an estimation of its environmental benefits. By adopting the “ecologico-indigenous” vocabulary of certain NGOs, social or religious institutions, or even scientists (Chartier 2005), local populations go as far as “reformatting” (Michon 2002) their political claims and practices in order to benefit from funding organizations. After rejecting their indigenous identity at the end of the 1980s, inhabitants of the Brazilian forest now plead for a traditional population status (Pinton 2005) which would allow them to acquire international recognition. This identification may go as far as imitation of the practices and knowledge of “true” forest Indians. This “naturalization” of cultures and traditions hinders change as it does not encourage these people to use their capacity to deploy their own powers of invention. It could rather contribute to their cultural homogenization. The integration of biological and cultural diversities into one concept of biodiversity could create a dangerous liaison.

The appropriation by indigenous populations of the objectives of biodiversity conservation in the name of their territorial and cultural claims shows that the local naturalist know-how cannot simply be understood as good practice for sustainable exploitation and use of the environment. The recognition of the value of various traditional practices involves identity and political issues which extend far beyond questions concerning the conservation of resources and the protection of the environment.

Ethical and political issues of biodiversity conservation

In Vanua Lava, we found that the diversity of taros responds to daily culinary requirements: a villager eats 1.1 kg of fresh taro (0.4 kg of dry matter) per day cooked in four ways and prepared using 29 recipes. It also fulfils the curiosity, the desire to encounter otherness, the need for a means of exchange and furnishes a memory support as a patrimonial object. According to Haudricourt (1964), taro is linked to identity and ancestrality. In this society with its oral tradition, the transmission from generation to generation of a name associated with a history is ensured by a living organism with the capacity of reproducing itself identically year after year, thanks to the hand of farmers who ensure the durability of clones by vegetative propagation. The taro cultivar is therefore the living illustration of a book telling a story of mythical heroes and relating the *res gestae* of families or their lineage. Taros

are the “witnesses from the past” (Barrau 1965). Dove (1999) rightly underlines that the permanence of underutilized species (coix, *Coix lacryma-jobi* L. and foxtail millet, *Setaria italica* (L.) Beauv.), but socially valued in agrosystem from Bornéo, could be explained by their role of mediator or witness between past and present by maintaining the mechanism of cultural and historical memory. In Vanua Lava, each cultivar represents a person or an event, and a garden of taros can be compared to an archival library of relations and events.

An object of cultivation and a cultural symbol of a society, taro in Vê tuboso, between earth and sky, establishes a link with the world inhabited by the spirits of the dead from whom knowledge, plant material and taro plantations are inherited. By consuming taro, the living are kept in contact with their dead and the social values embodied by the “place”. “Place” in Melanesia is a concept extending beyond simple geographical dimensions (Rodman 1987, 1992; Bolton 1999; Curtis 1999, 2002; Taylor 2003; Hess 2005). The network of social relations, so characteristic of Vanuatu, is based on the memory of origin and on routes of alliances which cross the geographical barrier formed by the sea and by the cultural via marriages and exchanges of goods (Bonnemaison 1996).

According to Vienne (1984), in a nearby island, Mota Lava, when their name and their lineage are lost, ancestors pass into a deeper underground world, where they die a “second time”. In general, distant ancestors join the undifferentiated group of the “community of the dead”. However, by associating his name with a new taro cultivar, each person makes a gift to his successors and consequently continues to live in the memory of future generations and thereby prevents this slipping into oblivion which is the effect of time. Though this traditional act, the community recognizes its debt to the discoverer who increased its heritage, by guaranteeing it an existence after death. Moreover, continuity maintained with the past illuminates the present (Bloch 1977). When a man sees a familiar cultivar on a walk with his children, he can use this occasion to transmit values and an ethical code brought to life by his interpretation. Biological diversity thus constitutes the vehicle and resource for a cultural richness.

In this article, we highlight that “conservation through use” is too simplistic; incentives to conserve biological diversity cannot simply be reduced to simple transmission of a successful “adaptation” to the environment and uses (i.e. agronomic, taste, colour, odour and texture criteria). According to the formula applied by Rodas et al. (in Alcorn and Toledo 1998) in 1940, to the relation of Quiche Indians with corn cultivation, one could say that Vanua Lavans do not cultivate taro to live, but “live to cultivate taro” in order to keep alive their ancestor heritage. Cultivars could only be comprehended as a “collection”, as only this latter could reveal the particularity of each one. The same conclusion was previously highlighted by Pinton and Emperaire (2001) in upper and medium Rio Negro. Women are looking for an unicity in their cassava composition in order to transmit this identity to the following generation.

Proud of this heritage, Ni-Vanuatu are conscious of its political significance and its fragility. The generation aged 40–60 years, who were 15–35 during the fight for independence, have understood that it is important for the country to rebuild a national identity around the concept of “kastom” or tradition. They have had to rebuild this tradition from their elders who were able to preserve it through the years of colonization, as well as from books written by missionaries and anthropologists at the beginning of the last century (In particular for the north of Vanuatu,

Codrington (1891), Rivers (1914) and Speiser (1990 [1923])). However in exchange for this knowledge on taros, the guardians of knowledge have asked us to register their “traditions” in handbooks for use by villagers and, in particular, in works kept safely in the Vanuatu Cultural Centre in the capital. Their knowledge will thereby be preserved “for ever”. In this context, anthropologists are confronted with a situation that cannot be answered by the epistemic values guiding their research alone.

In the village of Wujumel on Pentecost island, the customary chief was proud to show us a book where he had consciously listed 169 taro cultivar names. When we tried to observe this high diversity in their fields, only 34 cultivars could have been found. To our astonishment, he claimed that if the names and stories are protected in the book, the taros on which they are based may then be returned to the wild because “they will reappear one day”, they cannot “die” because they “belong to the place”. Consequently, an act of conservation of cultural diversity could indirectly dispossess a plant of one of its social functions by replacing the living support by an inert one, the paper conserved in a museum. It may then be allowed to risk disappearing at the expense of biological diversity.

For the agronomist, the “taro civilization” (Haudricourt 1964) of Vanua Lava and other Vanuatu societies cultivating taro is threatened by a fungus, *Phytophthora colocasiae* Racib. Its arrival in Vanuatu, facilitated by the numerous air and sea exchanges, could wipe out these taros, genetically very close to those of Samoa which were eradicated under similar conditions in 1993. The risk of a food shortage may easily be circumvented by the development of other cultivated species such as cassava (*Manihot esculenta* Crantz), sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) or the American taro (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Cultural diversity, however, would be jeopardized not only by the disappearance of the knowledge and practices related to taro cultivation, but also by the loss of village identity born in particular by the names of its ancestors and heroes, attached to the taros. The imminence of such a tragedy places agronomists before considerations which extend beyond the simple respect of standards governing their activity.

However, the scientific and financial management of the variability of native soils and social expectations is difficult with conventional improvement programs as taros change colour, form and taste according to their environment. Vanuatu horticulturists, on the other hand, who perfectly understand the intrinsic properties of the cultivars, are the best able to judge by means of a series of empirical experiments the suitable association between a cultivar and a soil related to specific practices. They are specialists of the local situation whereas scientists have a more global understanding. Scientists best understand the fungal invader and in particular the resistant plant material coming from other countries where it has been present for many years, such as Indonesia or Papua New Guinea. The French Fund for World Environment (FFEM), in collaboration with the French agricultural research centre for international development (CIRAD) from Vanuatu, are in fact funding a participative plant breeding project in which hybrids obtained by crossing national and exotic cultivars, some of which are resistant to the fungus, will be distributed without preliminary tests on a national scale. Farmers will choose the most appropriate cultivars for their soil. Food safety and also local genes will therefore be protected within these “hybrid” cultivars. The scientists will also teach them the crossed pollination stage so that they select the best seedlings for propagation in order to create a new cultivar. But what name will this cultivar derived from the hands of a horticulturist trained by a scientist bear? Will farmers apply the naming process used for “found”

taros or that specific to “changing” taros? From our point of view these cultivars are derived from seeds like found taros so it would be logical to give them the name of their “creator”. However, according to their current knowledge on taro reproduction, the inhabitants of Vêtuboso will probably apply the nomenclature for changing taros by juxtaposing the names of both parent cultivars which they have decided to cross. The persistence of the names of ancestors and heroes, the memory of their history and the village identity, will depend on this choice. If the objective is to preserve in situ agrobiodiversity, it is therefore difficult to evaluate the cultural consequences of the use of these adaptations suggested by scientists and managers.

By crossing national taros with exotic ones, the transformation could be perceived in a more violent way than a change of name. Taro’s ‘blood’ is then mixed with a foreigner, one that does not belong to the place. Ni-Vanuatu more engaged in tradition could react against this artificialisation of the taro’s life, as has been done by the Hawaiians. On the 24th of May 2005, the University of Hawaii had to sign an agreement stipulating that no researchers could carry on their research on genetically modified taro (conducted for 3 years) until a forum of local Hawaiians had discussed the matter. To reassure the population, researchers have insisted on the fact that local taros were not under experimentation: they tried to transform a Chinese one with a rice gene (Hao 2005). Hawaiian taros, which are born from the body of their mythic hero Haloanakalaukapalili, are, according to this justification, thus not polluted by foreigner genes. At the same time, under the Hawaiians pressure, the University had to relinquish its patents on three taro varieties that have been improved by conventional selection to resist the leaf-blight disease; taros are owned collectively and could not be placed under the private domain (Theodoropoulos 2006). In Vanua Lava, even if taros could bear a man or a woman name, all the community has the right to plant them. No property rights could alienate one particular cultivar to a single person.

Whether biodiversity conservation is examined from the point of view of anthropology or agronomy, it is not sufficient to simply assess the value of work from the criteria of excellence of the discipline alone. The anthropologist and agronomist must have a simultaneous interdisciplinary and introspective point of view on their own practices, to take into account the collateral effects of the interactions which they generate by collaborating with local populations. The ethical and political aspects of conservation objectives are taken into consideration by allowing the circulation of information and participation of farmers.

In a time of global exchanges, previously isolated populations have become conscious of their “common position” with groups of other traditional populations and which distinguish them from modern societies. Because of this “mutual copenetration” system it is now impossible to consider parallel evolution because of the multiplication of both voluntary and involuntary flows of knowledge, techniques and living or inert materials (Lévi-Strauss 2005). In this context of global environmental as well as social changes, these communities depend on their capacity to build an inseparable biological and cultural heritage in order to faith the future.

Conclusion

The multiplicity of measurements, evaluations and perceptions of biodiversity that we observed in our analysis of the management of taro and coconut in Vanuatu

shows that the crop's management is evaluated differently according to the methods and objectives chosen by the disciplines that study it. These different points of view clearly show the difficulty in reconciling the cultural and biological dimensions of biodiversity. However, to deal with the political issues and ethical demands involved in any conservation strategy, we must be able to understand the meaning and consequences of our practices "beyond nature and culture" (Descola 2005). To this end, an interdisciplinary approach is not only essential in order to optimize the effectiveness of conservation and development programs among populations, but also for deontological reasons. By this term, we do simply mean the specific ethics related to the exercise of a profession, but underline in particular the moral necessity to use an interdisciplinary approach to implement biodiversity conservation policies. An understanding of the relationships of the various levels of organization of biodiversity made possible by this interdisciplinary approach is an essential condition for establishing a basis for co-operation with local communities, enabling them to decide for themselves their place in the process of globalization.

Acknowledgements The authors would like to thank all villagers from Vêtuboso—especially Chiefs Eli Field Malau and Hosea Waras—the geneticists José Quero-García for the taro, and Patricia Lebrun and Angélique Berger for the coconut, without whom this work could not have reached such an interdisciplinary width. We thank the anonymous reviewer for his/she comments on earlier draft of this paper. We are also grateful to the French Institute of Biodiversity (IFB) that allowed us to examine our ideas on biodiversity in the framework of the "Young-Researchers" competition organized in 2004. The project "conservation of coconut-taro in Vanuatu" (2001–2003) was financed by the Région Centre, CIRAD and IRD.

References

- Alcorn JB, Toledo VM (1998) Resilient resource management in Mexico's forest ecosystems. In: Berkes F, Folke C (eds) Linking social and ecological systems. Cambridge University Press, Cambridge
- Bahuchet S, de Maret P, Grenand F et al (2001) Un regard sur les peuples des forêts tropicales. Editions de l'Université, Bruxelles
- Barrau J (1965) Witnesses of the past: note on some food plants of Oceania. *Ethnology* 4:282–294
- Bloch M (1977) The past and the present in the present. *Man* 12:278–292
- Bolton L (1999) Women, place and practice in Vanuatu: a view from Ambae. *Oceania* 70(1):43–55
- Bonnemaison J (1996) Gens de pirogue et gens de la terre. Editions de l'ORSTOM, Paris
- Caillon S (2007a) Le cocotier, un indicateur de changement? Etude ethnobotanique dans un village de Vanua Lava (Vanuatu-Mélanésie). *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée* 47
- Caillon S. (2007b) Arbre d'antan, arbre "des Blancs". Evolution de la valeur sociale des cocotiers et de leur espace à Vanua Lava (Vanuatu). *Géographie et Culture* 64
- Caillon S, Lanouguère-Bruneau V (2005) Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. *Journal de la Société des Océanistes* 120–121(1):129–148
- Caillon S, Malau EF (2002) Coconuts and taro from the West Coast of Vanua Lava (Vanuatu): an ethno-agronomic inventory. IRD, Orléans
- Caillon S, Quero-García J, Lescure J-P et al (2006) Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu. *Genet Resour Crop Evol* 53(6):1273–1289
- Chartier D (2005) ONG internationales environnementales et politiques forestières tropicales. L'exemple de Greenpeace en Amazonie. *Anthropologie et société* 29(1):103–120
- Clarke WC (1971) Place and people: an ecology of New Guinean community. University of California Press, Berkeley
- Codrington R-H (1891) The Melanesians: studies in their anthropology and folklore. Clarendon Press, Oxford

- Curtis T (1999) Tom's *Tambu* house: spacing, status and sacredness in south Malakula, Vanuatu. *Oceania* 70(1):56–71
- Curtis T (2002) Talking about place, PhD thesis. The Australian National University, Anthropology, Canberra
- Descola P (1986) *La Nature Domestique: symbolisme et praxis dans l'écologie des Achuar*. Edition de la Maison des Sciences de l'Homme, Fondation Singer, Paris
- Descola P (2005) *Par delà nature et culture*. Editions Gallimard, Paris
- Descola P, Pálsson G (1996) *Nature and society. Anthropological perspectives*. Routledge, Londres
- Dove MR (1999) The agronomy of memory and the memory of agronomy. Ritual conservation of archaic cultigens in contemporary farming systems. In: Nazarea VD (ed) *Ethnoecology. Situated knowledge/located lives*. The University of Arizona Press, Tucson
- Friedberg C (1992) La question du déterminisme dans les rapports homme-nature. In: Jollivet M (ed) *Les passeurs de frontières. Sciences de la nature, Sciences de la société*, CNRS Editions, Paris
- Friedberg C (1997) Diversité, ordre et unité dans les savoirs populaires. *Natures Sciences Sociétés* 5(1):5–17
- Gadgil M, Henam NS, Reddy M (2002) People, refugia and resilience. In: Berkes F, Folke C (eds) *Linking social and ecological systems*. Cambridge University Press, Cambridge
- Godelier M (1984) *L'idéal et le matériel. Pensées, économie, sociétés*. Fayard, Paris
- Hao S (2005) Taro forum to discuss genetic research. In: The Honolulu Advertiser. <http://the.honoluluadvertiser.com/>. Cited 20 May 2005
- Haudricourt AG (1964) Nature et culture dans la civilisation de l'Igname: l'origine des clones et des clans. *L'Homme* 4(1):93–104
- Hays TE (1974) *Mauna: explorations in Nbumba ethnobotany*. University of Washington, Seattle
- Hess S (2005) *Person and place on Vanua Lava, Vanuatu*, PhD thesis. The Australian National University, Anthropology, Canberra
- Lebot V, Hartati S, Hue NN et al (2000) Genetic variation in taro (*Colocasia esculenta*) in South East Asia and Oceania. In *Cultio Corp.: Proceedings of the twelfth symposium of the ISTRC*, Tsukuba, Japan
- Levang P (2001) Is tenure security/insecurity the determining factor in sustainability of local systems of forest management? In: Michon G (ed) *Alternative strategies to forest resource development, FORRESASIA, Rapport final à la Commission européenne*
- Lévi-Strauss C (2005) Entretien. *Le Monde*, Paris, 23 February 2005
- Michon G (2002) Du discours global aux pratiques locales, ou comment les conventions sur l'environnement affectent la gestion de la forêt tropicale. In: Martin J-Y (ed) *Développement durable? Doctrines, pratiques, évaluations*. IRD Editions, Paris
- Ouhoud-Renoux F (2000) Le cas Palikur: un combat pour une adaptation à des contraintes fortes. In: Grenand P (ed) *Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui*, APFT, FRP, Bruxelles
- Panoff F (1972) *Maenge gardens. A study of Maenge relationship to domesticates*. PhD thesis, The Australian National University, Anthropology and sociology, Canberra
- Pinton F (2005) *Gestion environnementale en Amazonie brésilienne. Le local redéfini par la tradition*. In *Biodiversité. Science et gouvernance*, UNESCO, Paris
- Pinton F, Emperaire L (2001) Le manioc en Amazonie brésilienne: diversité et marché. *Genet Sel Evol* 33:S491–S512
- Pujol B, Mühlen G, Garwood N et al (2005) Evolution under domestication: contrasting functional morphology of seedlings in domesticated cassava and its closest wild relatives. *New Phytol* 166(1):305–318
- Quero-García J, Noyer JL, Marchand JL et al (2004) Germplasm stratification of taro (*Colocasia esculenta*) based on agro-morphological descriptors. Validation by AFLP markers. *Euphytica* 137:387–395
- Rivers WHR (1914) *The history of Melanesian society*. Cambridge University Press, Cambridge
- Rodman M (1987) *Masters of tradition: consequences of customary land tenure in Longana, Vanuatu*. University of British Columbia Press, Vancouver
- Rodman M (1992) Empowering place: multilocality and multivocality. *Am Anthropol* 94:640–656
- Roué M (1998) Anthropologie et environmentalism: pour une mise au point. *Natures Sciences Sociétés* 6(2):50–54
- Speiser F (1990 [1923]) *Ethnology of Vanuatu. An early twentieth century study*. Crawford House Press, Bathurst, Australia
- Takacs D (1996) *Idea of biodiversity, philosophies of paradise*. John Hopkins University Press, Baltimore and London

- Taylor JP (2003) The ways of the place: history, cosmology and material culture in North Pentecost, Vanuatu. PhD thesis, The Australian National University, Anthropology, Canberra
- Theodoropoulos D (2006) Germplasm news and views. *Society for Economic Botany Newsletter* 20:7
- Vienne B (1984) Gens de Motlav. *Idéologie et pratique sociale en Mélanésie*. Société des Océanistes, Musée de l'Homme, Paris

Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava, Vanuatu

S. Caillon^{1,*}, J. Quero-Garcia², J.-P. Lescure¹ and V. Lebot³

¹IRD, 5 rue du Carbone, 45072 Orleans, Cedex2, France; ²CIRAD, TA 70/16, 34398 Montpellier, Cedex 5, France; ³CIRAD, P.O. Box 946, Port-Vila, Vanuatu; *Author for correspondence (e-mail: sophie.caillon@orleans.ird.fr; phone: +33-616197523; fax: +33-467616590)

Received 19 April 2004; accepted in revised form 12 March 2005

Key words: AFLP, Agrobiodiversity, *Colocasia esculenta*, On-farm variation, Sexual reproduction

Abstract

Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), cultivated in Vêtuboso, a village of northern Vanuatu, Melanesia, was surveyed to: (1) assess the extent of morphological and molecular variation being maintained by growers at the village level and, (2) compare this diversity with the diversity found in the crops in Vanuatu. Ethnobotanical data were combined with AFLP analysis to elucidate possible sources of variation. Folk assessment of variation is based on: (a) morphological characteristics (11 characters), (b) names and (c) classification according to habitat, uses, origin and agronomic adaptation. This 3-fold approach allowed growers to differentiate 96 morphotypes, all of which are given distinct vernacular names. AFLP fingerprints successfully differentiated all these 96 morphotypes which do not present a significant intra-clonal variation. But genetic results showed no clear groupings according to geographic origin or habitat of morphotypes and stated that the diversity found within the village was comparable with the overall diversity found in Vanuatu. Local nomenclature and stories associated with each cultivar suggested three sources of diversity: introductions (38%), somatic mutations (15%) and sexual recombinations (48%). AFLP results confirm folk beliefs about origin at least for three pairs of mutants. The 11 so-called wild forms analysed by AFLP were suggested to be feral, escapes from domestication. A dynamic *in situ* conservation strategy (DISC), favouring a broadening of the national genetic base, was discussed for taro.

Introduction

Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), a highly polymorphic species from the Araceae family, is cultivated in tropics and subtropics in a large range of environments. Although it is consumed in most tropical areas, its importance in daily alimentation is steadily decreasing. In some regions of Asia and the Pacific, more productive root crops, such as cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), are

gradually replacing taro. The consequence has been the genetic erosion of much variability in taro. Since the 1980s several projects have been carried out to collect and maintain diversity. In some isolated areas, the need for enlarging and exchanging germplasm became more acute after the accidental introduction of taro leaf blight into Samoa in 1993, which wiped out most cultivars. *Ex situ* collections of clonal crops such as taro are relatively expensive to maintain and the risks are high because of financial constraints, climatic

disasters, and/or disease epidemics. In recent years, *in situ* conservation has gained new interest for the management of taro genetic resources. However, prior to the implementation of any *in situ* conservation programme, precise information on the prevalent genetic variation in the crops needs to be collected.

Earlier genetic studies have been conducted with isozymes (Lebot and Aradhya 1991; Lebot et al. 2000) in a large collection of cultivars from Oceania and Southeast Asia. Their results indicated that the diversity in Oceania was very low compared to that in Southeast Asia. AFLPs were first used by Kreike et al. (2004) in 255 cultivars (including 38 wild accessions) from Southeast Asia and Oceania. They confirmed the isozyme results and revealed that the diversity among wild types was greater than that within the cultivated crops. In Vanuatu, an AFLP analysis was carried out on two samples of 37 and 42 individuals, in order to validate a stratification methodology of large germplasm collections (Quern-Garcia et al. 2004). AFLPs were able to differentiate all the accessions and no duplicates were found, even in accessions geographically different but morphologically almost identical. The variability did not show any geographic pattern as cultivars from the same village were dispersed throughout the dendrogram. Finally, microsatellites have been used on a sample of Pacific cultivars. They have been found to be powerful tools for cultivar identification and duplicate detection (Mace et al. 2002). Noyer et al. (2005) studied a much larger sample and confirmed the distinction between Southeast Asian and Pacific gene pools.

Contrary to papers dealing with taro diversity at the country or regional level, the objective of this study was to obtain an understanding the nature of taro genetic variability present at the village level, Vêtuboso, in a Pacific Ocean territory, Vanuatu. We attempted to do this by combining ethnobotanical and genetic analyses using AFLPs. The diversity in the village was then compared to that existing in the country. The suggested origin of diversity (introductions, mutations and/or sexual reproduction) and the origin of locally so-called wild forms are discussed. It is proposed that an understanding of the traditional root crop management of the diversity in a country such as Vanuatu could contribute towards defining a dynamic *in situ* conservation strategy.

Materials and methods

Study area

Vanuatu, an 850 km long archipelago of 81 volcanic islands hosting 186,678 inhabitants (Vanuatu Statistics Office 1994), is situated at 800 km from the Solomon and Fiji islands between 13° and 22°S. The typical climax vegetation of Vanuatu is a dense, closed canopy bush with scattered patches of rain forest and individual large crowned trees such as banyans (*Ficus* spp.). The forest in Vanuatu is highly anthropo-posed and is lower in stature, sparser and poorer in diversity than the ones in Malaysia, Papua New Guinea and the Solomon islands (Weightman 1989). Thanks to horticulture, mainly vegetable and agroforestry systems, the rural population is autonomous for its alimentation.

Vêtuboso is located on the island of Vanua Lava, the largest (331 km²) of the Banks archipelago, situated in the north of Vanuatu (Figure 1). As the other islands from Vanuatu, its climate is a typical tropical oceanic (3310 mm annual rainfall per year, mean max temp.: 26.1 °C on the east coast). Vêtuboso, the biggest village of the island, hosted 610 inhabitants in 2001 (S. Hess 2001, personal communication). Lying between the mountains at an elevation of about 150 m, Vêtuboso is relatively isolated and is served irregularly by commercial boats, every one to three months or so. There are no road connections between the village and the airport (19 km), where two flights arrive every week.

Taro is the staple crop of Vanua Lava and the most valued food. It is consumed in significant quantities (0.43 kg of dry matter/person/day). The conservation of cultivar diversity is mainly conditioned by social behaviour (Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005). Taro is cultivated in irrigated pondfields covering an area of 20.6 ha, so a potential of 338 m² per person. It is cultivated using an original non-permanent irrigation (with a productivity of 7.1 t/ha of dry matter), simply inundated in between river stones (20.1 t/ha) or cultivated in mud along rivers or in swamps without draining (10.2 t/ha). In Vêtuboso, taros are never grown on dry land because of the taro beetle (*Papuana* spp.) threat and recurrent drought events.

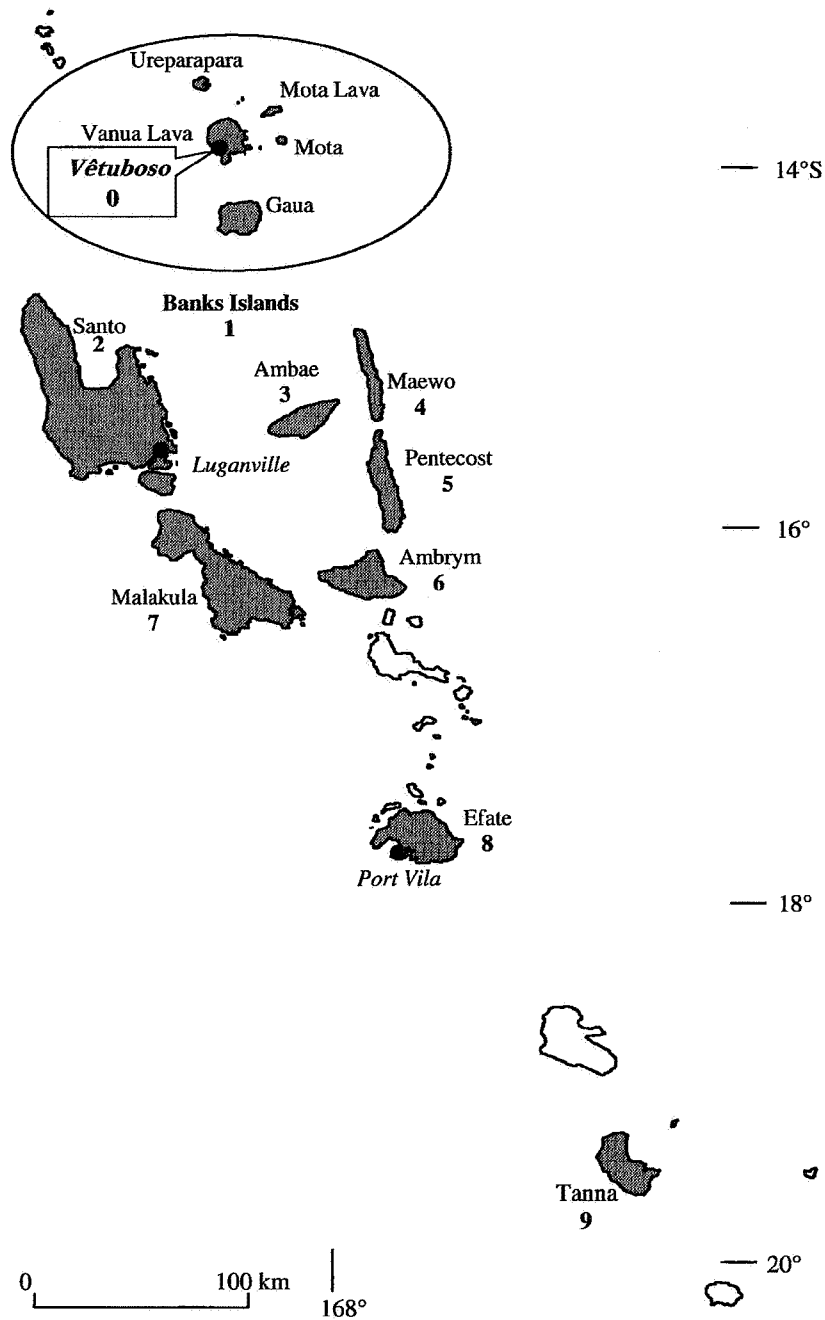


Figure 1. Map of Vanuatu, Islands coloured in grey are those from which materials were collected to perform AFLP. Numbers indicated near the island name correspond to codes used to trace accessions in the second dendrogram (Figure 4).

Surveys

Between 2001 and 2003, in depth semi-directive surveys were first conducted in 9 households by

interviewing the head-man and woman. In addition to posing agronomical questions we also gained information to describe the social and economical status of the household, their lifestyle

and the farming system's organisation. Results were used to define a rapid directive questionnaire filled by 56 other individuals randomly chosen.

Plant materials

Plant material, used for this analysis, has two origins: the village of Vêtuboso and the national collection. First, a sample of 118 accessions was collected in 2001 from Vêtuboso and planted in the national germplasm collection at VARTC (Vanuatu Agricultural Research and Technical Centre) on Santo Island. Leaves from 74 accessions were freeze-dried in Vanuatu and then sent to CIRAD-Montpellier in France (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) to be analysed with AFLPs. These 74 accessions (Table 1) correspond to 69 cultivars, that is 72% of Vêtuboso's cultivars.

Accessions named 'Rov' and 'Qiatrev' were respectively repeated four and three times. 'Rov' has been cultivated for at least two generations by Vêtuboso inhabitants and is the most appreciated cultivar. In order to maximize the time elapsed since the common source, 'Rov' accessions (acc. 70, 73, 77, 87) were collected from four different households whose lineage and alliance patterns were sufficiently distinct to have limited recent exchanges.

'Qiatrev' is a general name referring to a set of morphotypes recognised as wild by the cultivators for they are not planted and are not edible. They have long stolons and are aquatic. Three of them (acc. 29, 62, 126), morphologically different, were collected in distinct pondfields and habitats.

Eight new morphotypes (acc. 15, 17, 18, 19, 79, 81, 82 and 85) were collected from a farmer named Jonis who had recently found them in a freshly weeded pond. Another accession (acc. 119) was recently discovered by another farmer named Kali.

For estimating the diversity prevalent in the country, samples were obtained from the national *ex situ* collection established in 1998 at VARTC, which includes 452 accessions collected from throughout Vanuatu. A sample of 46 individuals, chosen from the collection for their origin in order to maximise the number of islands, were added to the 74 accessions of Vêtuboso in the final AFLP analysis.

Eight accessions possessing wild characteristics were collected. The first one (acc. WS) came from Santo island and the other seven were collected from two populations found along two streams of Efate island (acc. WE1, WE2, WE3, WE4, WE5 and W1, W2). W1 and W2 showed morphological differences, and we consider the remaining five as homogeneous.

Morphological characterisation

Farmers from Vêtuboso identified all the planted cultivars according to 11 local criteria. Sixty-four of the village's cultivars were morphologically characterised after their plantation at VARTC using a core set of 31 international standardised descriptors. A comprehensive morphological characterisation of Vanuatu cultivars has previously been conducted (Quero-Garcia et al. 2004), as part of a broader regional study (Lebot et al. 2004), using 19 international standardised morphological descriptors. It appears that the variation found in Vanuatu is less than that existing in Southeast Asia. However, the variation found in Vêtuboso is similar to the one existing in Vanuatu (Caillon and Quero-García 2003, personal observation). These morphological data were used to check if accessions genetically close are also phenotypically similar.

DNA extraction and purification

Total DNA was extracted from 1.5 g of young leaves (freeze-dried for Vêtuboso accessions and fresh material for the others) using the MATAB solution as buffer after grinding materials in liquid nitrogen. This buffer contained 100 mM Tris-HCl pH 8.0, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA pH 8.0, 2% MATAB, 1% PEG 6000 and 0.5% sodium sulphite. The mix was incubated for 30 min in a water bath at 74 °C. Fifteen mL of CIAA (chloroform:isoamyl alcohol = 24:1) were added, and the mixture was then centrifuged at 4000 rpm for 5 min. The aqueous phase was transferred to a new tube in which a 2.5 volume of ethanol was added to precipitate the DNA. DNA pellets were then suspended in 1.5 mL of a buffer containing 50 mM Tris-HCl, 0.7 M NaCl and 10 mM EDTA at pH 7. Finally, DNA was purified by passing through a QIAGEN - Tip 20 micro-column.

Table 1. List of 74 accessions (69 cultivars) from Vêtuboso analysed with AFLPs annotated.

| Acc. no. | Taro name in Vurēs | Origin | Cooking suitability | Major distinctive traits |
|--------------|---------------------------|---|---------------------|--|
| 1 | Wēvē | Mother-plant from 76/Found as seedling | Laplap | Large corm |
| 2 | Qiatminwog or Qiatlēlē | Mythic origin | | |
| 5 | Wakata (mamē) | Mother-plant of 60/Introduced from Gaua | Laplap | |
| 7 | (Wa)Santo | Introduction from Santo | Laplap | Large corm |
| 9 | (Marē)Wasalav or Marē | | Roasted | Elongated corm |
| 11 | (Re)Lenman | | Laplap | |
| 12 | Qiatgōl | Mythic origin/Classified with 9 by farmers | Roasted | |
| 14 | Varvarsōm | | | |
| 15 | Regeltēv | Seedling found by Jonis | | |
| 17 | Titiritowetam | Seedling found by Jonis | Roasted | |
| 18 | Silegtel | Seedling found by Jonis | | |
| 19 | Susdenle | Seedling found by Jonis | | Bear stolons |
| 20 | Teñtur or Qiatmingala | Found as seedling | | |
| 21 | Wotmēlēv | Introduction from Ureparapara | | |
| 24 | Wēbiggō | | | Grows only in swamps |
| 27 | Tanna | Introduction from Santo | | |
| 28 | Ñēvinian | | | Resistant to pest |
| 29,62, 126 | Qiatrev | Said to be wild | | Grows only in water/Bear stolons stolons |
| 30 | Mōlkēl | | | |
| 31 | Wasē | Mythic origin/Mother-plant of 71 | | |
| 35 | Ñēw | Introduction from Maewo | | |
| 36 | Rēwurweg | | | |
| 38 | Ñērlav | Introduction from Mere Lava | | Large corm |
| 39 | Gōtō | Found as seedling | | |
| 40 | Rēgēt | Mythic origin | | |
| 41 | Ñōvōl | Mythic origin/Classified with 63 and 99 by farmers | | |
| 45 | Qōtugō | Found as seedling | | |
| 46 | Orbarbar | Introduction from Ureparapara | | |
| 48 | Wotkēvēvor | | Laplap | Bear stolons |
| 51 | Burmatan | Mythic origin | | Dump-bell corm |
| 52 | Biliag | Found as seedling | | |
| 54 | (Bus)ōr or Wēlēbēur | | | |
| 55 | Siritimiat | Family of 9/Introduction from Ureparapara | | |
| 56 | Mesmamē | | | |
| 57 | Vinnōtōl | Mythic origin/Classified with 113 by farmers | | |
| 60 | Wakataqagqag | Introduction from Gaua or Mutant of 5 | | |
| 63 | Malmaleilantar or Mensēkē | Mutant of Lantar/Classified with 41 and by 99 farmers | Laplap | Small corm |
| 64 | Rēlēgtel | Possible double of 35 | | |
| 65 | Wakatagatgat | Introduction from Gaua or Mutant of 5 | | |
| 66 | Tewesqeql | Mother-plant of 70, 73, 77 and 87 | | |
| 70,73, 77,87 | Rov | Mutant of 66 | Nalot | |
| 71 | Wasēmalrara | Mutant of 31 | | |
| 72 | Wēbiggō mamē | | | Grows only in swamp |
| 75 | (Qiatmin) Lōkreg | | Nalot | |
| 76 | Wēvē lamkōr | Mutant of 1 | | |
| 79 | Dinvenqiat | Seedling found by Jonis | | |
| 81 | Wotminmendala | Seedling found by Jonis | | |
| 82 | Lakakeris | Seedling found by Jonis | | |
| 85 | Ermame | Seedling found by Jonis | | |
| 88 | Nērsul | Introduction from Maewo | | |

Table 1. Continued.

| Acc. no. | Taro name in Vurës | Origin | Cooking suitability | Major distinctive traits |
|----------|--|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 89 | Dogon | Use in custom | | |
| 91 | Wotlievgatgat | Unknown in Vëtuboso | | |
| 93 | Agricaltcha | Introduction from Santo | | |
| 95 | Wotlëqitëgidavaqal | Found as seedling | | |
| 96 | (Wë)Viti | Introduction from Fiji | | |
| 97 | Wamal | Found as seedling | Laplap | |
| 98 | (Re)Mesvölvöl | | | |
| 99 | Rövöl | Classified with 41 and 63 by farmers | | |
| 100 | Taltal | Introduction from Ureparapara | | |
| 101 | Siagëgët | | | Dump-bell corm |
| 102 | Novok or Novkalan | Introduction from Norfolk | | |
| 103 | Suwbë | | | Grows only in water |
| 105 | Wotvadadän | Found as seedling | | |
| 107 | Sestän | Found as seedling | | Grows only in water/ Large corm |
| 112 | Römöwuler | Mythic origin | | |
| 113 | Bulalef | Mythic origin | | |
| 114 | Rësim | Introduction from Ureparapara | | Grows only in water/ Bear stolons |
| 119 | Wotminkali | Seedling found by Kali | | |
| 121 | (We)Menriver or Natekmeegersurletes | Introduction from east Vanua Lava | | Grows only in water |

Legend: 'Nalot', 'laplap' and 'roasted' are three types of food preparation.

AFLP procedure

AFLP fingerprints were performed according to the procedure given in the "AFLP Core Reagent Kit" of Life Technologies. The extensions of the *EcoRI/MseI* primer pairs used are shown in Table 2. Eight primer pairs were used for the AFLP analysis of Vëtuboso accessions and five for the national samples. The amplification products were analysed in 5% urea-acrylamide gels. The gels were run at 55 W for approximately 90 min. AFLP products were revealed by exposure to X-ray films (X-OMAT) after 6–7 days.

Data analysis

Banding patterns of the AFLP autoradiographs were scored as band levels and coded as present (1) or absent (0). Genetic similarities were calculated using the Simple-Matching index (Sokal and Michener 1958), equal to $(a + d)/P$, where a represents the common presences, d , the double absences and P , the total number of bands. Both monomorphic and polymorphic bands were taken into account in distance calculations in order to

avoid distances' over-estimation (Ghérardi et al. 1998) and enable comparison with previous results (Quero-Garcia et al. 2004). For the construction of the similarity matrices and the trees, the software used was Darwin, a non-commercial software developed by CIRAD (Perrier et al. 2003). Bootstrap values were calculated by drawing 300 samples. To compare an accession with others in the

Table 2. Number of polymorphic markers for each of the eight primer pairs used for the sample of Vëtuboso (sample no. 1, S1) and for the whole sample, Vëtuboso and the national collection (sample no. 2, S2).

| Primer pairs | Number of polymorphic markers | |
|--------------|-------------------------------|----|
| | S1 | S2 |
| E-AAC/M-CAT | 17 | 16 |
| E-ACA/M-CAT | 12 | 10 |
| E-A.CC/M-CAT | 13 | 11 |
| E-ACC/M-CTC | 14 | 10 |
| E-AAC/M-CTA | 24 | 22 |
| E-AGG/M-CAT | 23 | |
| E-A.CT/M-CTA | 15 | |
| E-ACC/M-CTT | 8 | |
| Total | 126 | 69 |

same cluster, the mean dissimilarity with the other cluster's accessions was calculated. When a small group was compared to all the other individuals, the mean dissimilarity gave qualitative information, as the effect of the sample size could bias the interpretation. In such case, repeated accessions (i.e. acc. 73, 77 and 87) were removed. Bands differentiating close individuals were verified to reject the possibility of reading mistakes. Analysis of the dendrograms, and more precisely of those clusters with high bootstrap values, allows a comparison between the farmer's knowledge and the results by the AFLP.

Results

Folk classification in Vêtuboso

When a farmer observed a new morphotype, she/he employs three folk processes. First, she/he identifies it, then names it, and then classifies it. This is based on 11 descriptors covering the stem's colours, the leaves' colours, the plant's appearance (i.e. size, number of stems, etc.), and if in doubt also the corm's colours and shape.

By combining these descriptors, all interviewed villagers agreed on the identification of 101 names (in the vernacular language, Vurës) which corresponded to 96 morphotypes. As a middle name, five cultivars bear two different names that all the villagers are aware of. Only these synonymies (i.e. two different names corresponding to only one morphotype) exist and no homonymies (i.e. one name defining two different morphotypes) are reported for the cultivated morphotypes. It implies that a single name corresponds to a cultivar in which all the individuals are morphologically

identical to all the ones bearing the same name. The nomenclature process is mainly (80.2%) founded on the story of origin of each cultivar (Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005).

Vêtuboso inhabitants use folk classification systems described by earlier researchers (Conklin 1962; Levi-Strauss 1962) in which different categories of classification overlap. This classification does not use the identification system listed above, intending to associate a name with a morphotype through visible characteristics. Four other criteria are used in classifying taro: 1 – whether they are cultivated or not; 2 – traditional uses; 3 – origin; and 4 – agronomic adaptability.

First, cultivated morphotypes are said to be 'true taros', whereas non-cultivated ones are described as 'false taros' including ornamentals and wild types. Wild looking taros bear non-edible corms, due to calcium oxalate crystals, and propagate quickly in aquatic environments (river banks or swamps) by their numerous long stolons. When the level of acidity is not too high, leaves of so called wild taros are collected and consumed roasted or boiled. Leaves of cultivated taros are not harvested, thus ensuring their photosynthesis potential. In Vêtuboso, all wild looking taros are given the same name, 'Qiatrev', which means 'walking taros'. They are of various colours and shapes.

The second criterion deals with the cooking quality of the cultivars (baked in stone ovens, steamed in bamboos, boiled in cooking pots, roasted on hot stones or ashes) and the preparation ('nalot' and 'laplap') as shown in Figure 2. As an example, roasted cultivars have to be adequate in order to cook quickly and to remain tender, whereas boiled cultivars are preferred when firm. Preparation constraints are also important. Boiled or baked corms prepared in 'nalot', the traditional elastic pudding, have to be tasty and firm when

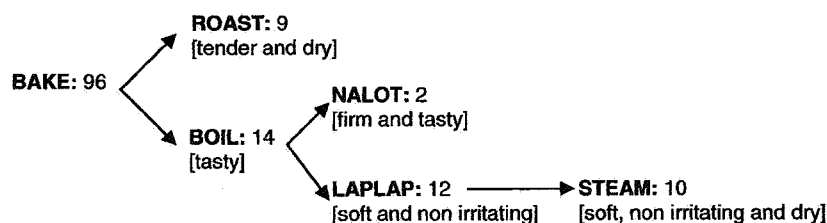


Figure 2. Tree of the cultivars' distribution through cooking (baked in stone oven, roasted on ashes, boiled in water, steamed in bamboo) and preparation ('nalot' when boiled corm are mashed in a pudding, and 'laplap' when raw corms are grated and baked) abilities, Numbers correspond to the number of cultivars preferred for each one.

mashed and then flattened on a wooden plate. On the other hand, the 'laplap', another type of pudding, is prepared by grating raw corms before wrapping them in a parcel with tough leaves (*Heliconia indica* Lam.) that will be baked in a stone oven. Cultivars are chosen for their soft corm (to ease the work) and to avoid irritations (related to calcium oxalate particles) while grating corms bare-hands.

The third criterion concerns the origin or how they are known to have 'appeared' on the island. According to informants, new morphotypes can be discovered in three different ways: they are found (47%), they are introduced (38%) or they have changed from another cultivar (15%). (1) Found taros correspond to new morphotypes that appear after farmers clean weeds in pondfields' fallows that are at least 10 years old. For example, in the early 90s, the informant named Jonis did not see any taro plant when first entering a fallow abandoned for at least 100 years, according to the inhabitants' memory. Several weeks later after clearing, he found 12 new morphotypes in a 2-m² surface area. There are two other contemporary reported cases when farmers found, respectively one and two new morphotypes each in freshly weeded old pondfields. (2) Cultivars qualified as introductions or exotics are those for which villagers remember, through personal commitments or oral history, conditions of introductions, that is, the island of origin and the person responsible for the introduction. The majority is coming from the near Banks group islands (seven inhabited islands) but cultivars brought from other Pacific countries such as Fiji and Norfolk islands have also been reported. (3) The other cultivars morphologically (mostly colours of stem or corm) changed in the 'hand' of a farmer, meaning that a well-known and named cultivar acquired new morphological characteristics after being replanted. The new morphotype will bear another name.

Finally, 90% of cultivars are known to grow in any agro-ecological environment (irrigated pondfields, rivers or swamps). However, corm's quality depends on the influences of the environment, including the ecological features and practises. These interactions between the genotype and the environment give rise to another level of classification. A cultivar will tend to be associated with a particular agro-system that will reveal its advantageous characteristics. A cultivar planted through

different practises in the same area or with the same technique but in distinct ecological sites, will have different flavours and textures. As an example, corms will be firmer when cultivated with intermittent irrigation or in swamps, and softer when planted in rivers.

AFLP results

Within Vêtuboso

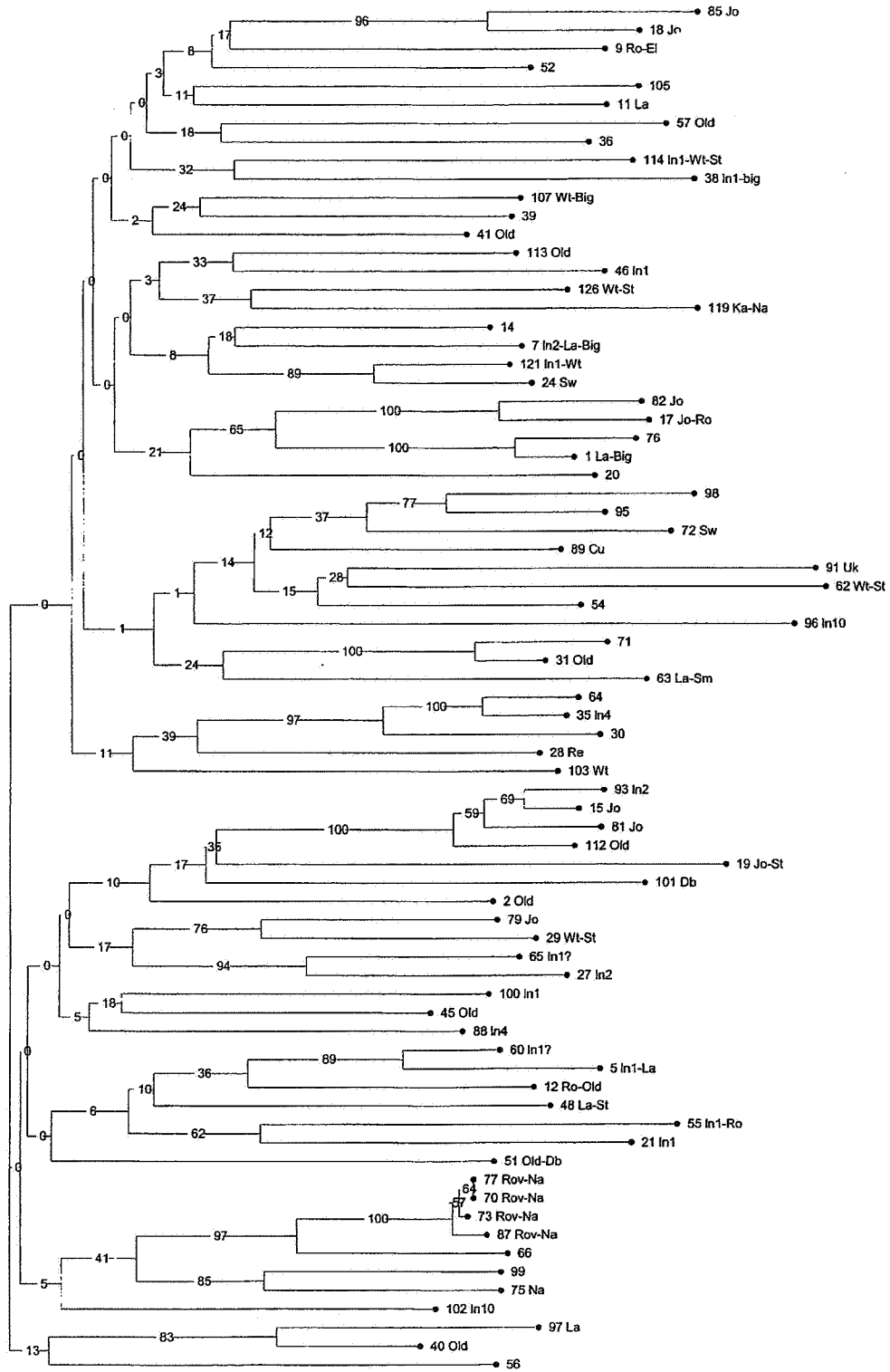
Overall, 126 polymorphic bands were used for this study (Table 2). The dendrogram produced for the village of Vêtuboso presents very low bootstrap values for the main nodes, with a certain number of null values (Figure 3). Significant bootstrap values (> 75) are presented in Table 3.

The 16 introduced cultivars appeared scattered over the dendrogram (Figure 3). They did not present a significantly larger mean dissimilarity (0.084) than local cultivars (0.083) except for acc. 96 from Fiji with a mean dissimilarity of 0.097. It is known that in the 1960s, acc. 21 and 55 were brought from Ureparapara, located about 30 km north of Vanua Lava (Figure 1). Moreover, high bootstrap values linked the two pairs of acc. 27 and 65, and acc. 5 and 60, coming, respectively, from Santo and Gaua islands.

The four accessions named 'Rov' (acc. 70, 73, 77, 87) were tightly clustered with only 3 polymorphic bands out of 126 and with a mean dissimilarity of 0.003. The dissimilarity between a cultivar and its mother-plant, according to farmers' knowledge, was studied for three pairs of individuals, acc. 66, 71 and 76 that originate, respectively, from acc. 70, 31 and 1 with a mean dissimilarity for these three pairs of 0.020.

The eight accessions (acc. 15, 17, 18, 19, 79, 81, 82 and 85) found by the farmer Jonis in an abandoned irrigated pond are all morphologically different between them and with the rest of the village's portfolio but only acc. 79 presents wild characteristics and stolons. Corm qualities are variable. These so-called 'found taros' were scattered over the dendrogram and clustered together with other local cultivars or with unplanted taros said to be wild. Acc. 119 found by another farmer (Kali) remained isolated with a high mean dissimilarity (0.090).

Finally, the three wild accessions, all named 'Qiatrev', are dispersed over the dendrogram. Acc.



0 |-----| 0.05

Figure 3. Dendrogram (NJTree) of genetic relationships among 74 accessions of taro (representing 69 cultivars) from the village of Vêtuboso based on the analysis of 126 polymorphic and 430 monomorphic AFLP bands (sample S1). Bootstrap values are shown. Legend; La, Laplap; Na, Nalot; Ro, roasted; Cu, customary use; Big, large corm; Sm, small corm; Db, dump-bell corm; Re, Resistant to pest; Wt, grow only in permanent immersion; Sw, grow only in swamp; St, bear stolons; Old, part of a mythic history; In, Introduced from another island (1 Banks islands, 2 Santo, 4 Maewo, 10 Fiji or Norfolk island); Jo, seedlings found by Jonis; Ka, seedling found by Kali; Uk, Unknown by informants from Vêtuboso (carried from a neighbouring village, Vatrata).

Table 3. Most significant bootstrap values in sample S1 Vêtuboso's cultivars (Figure 3).

| Accession number | Bootstrap value | Dissimilarity | Common characteristic |
|------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|
| 65 | 94 | 0.038 | Introduced |
| 27 | | | |
| 5 | 89 | 0.023 | Introduced or Mutant |
| 60 | | | |
| 70 | 100 | 0.017 | Same cultivar |
| 73 | | | |
| 77 | | | |
| 87 | | | |
| 70 | 97 | 0.031 | Mutant |
| 66 | | | |
| 31 | 100 | 0.016 | Mutant |
| 71 | | | |
| 1 | 100 | 0.014 | Mutant |
| 76 | | | |
| 98 | 77 | 0.032 | ? |
| 95 | | | |
| 99 | 85 | 0.038 | ? |
| 75 | | | |
| 15 | 100 | 0.014 | Mixed old and newly found taros |
| 81 | | 0.02 | |
| 93 | | 0.018 | |
| 112 | | 0.021 | |
| 17 | 100 | 0.023 | Found together |
| 82 | | | |
| 18 | 96 | 0.029 | Found together |
| 85 | | | |
| 24 | 89 | 0.023 | Dark stem |
| 121 | | | |
| 30 | 97 | 0.032 | Purple stem |
| 35 | 100 | 0.014 | |
| 64 | | | |
| 40 | 83 | 0.032 | Light green bottom and red top stem |
| 97 | | | |
| 29 | 76 | 0.041 | Stolons |
| 79 | | | |

62, collected on a ground-wall in between ponds, was the most dissimilar (mean dissimilarity of 0.098). Both acc. 126 removed from a river and acc. 29 found in a pond's channel, were integrated into the cultivated pool (respectively, 0.080 and 0.084).

Four other clusters (acc. 24, 121; 30, 35, 64; 40, 97 and 29, 79) highlighted by their high bootstrap values and low dissimilarities present morphological similarities such as petiole colour or presence of stolons.

Within Vanuatu

For the sample gathering accessions collected in Vêtuboso and in the national collection, 69 polymorphic and 351 monomorphic bands were obtained (Table 2). On the dendrogram produced, bootstrap values were again very low for the main nodes (Figure 4). The highest bootstrap values corresponded to previously studied cultivars from Vêtuboso. The strongest clusters including accessions from other islands are reported in Table 4. Cultivars did not group by island of origin (see island's numbers in brackets in Figure 1) and no regional differentiation was detected.

Wild taros from Vêtuboso (acc. 29, 62, 126), Santo (acc. WS) and Efate (acc. WE1, WE2, WE3, WE4, WES and W1, W2) had a mean dissimilarity (0.068) not significantly different from cultivars (0.070). The most distant wild taro was acc. 62 (0.080) from Vêtuboso, followed by those collected along a stream on the island of Efate (acc. W1: 0.072 and acc. W2: 0.074). They were broadly dispersed on the dendrogram, indicating that they do not form a clearly differentiated group of genotypes. Accessions collected on Efate clustered in two related groups: WE1, WE2, WE3 (mean intra-cluster dissimilarity of 0.014) and WE4, WE5 (0.003).

Discussion

We will attempt to clarify how 96 cultivars were differentiated in a village of Vanuatu.

Introduced cultivars

The latest reported introduction of cultivars in Vêtuboso from another island in Vanuatu dates

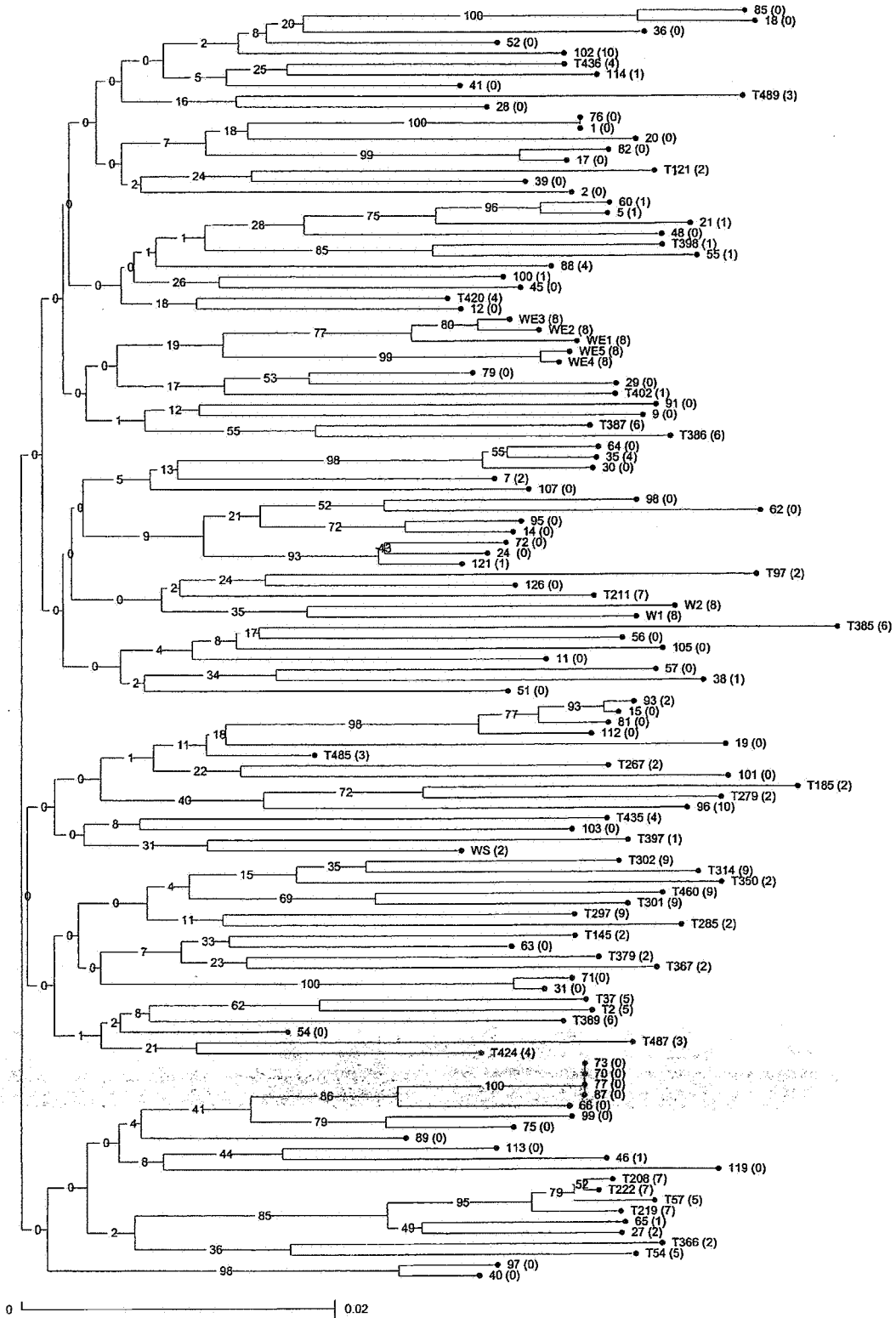


Figure 4. Dendrogram (NJTree) of genetic relationships among 120 cultivars of taro from Vanuatu (74 from Vêtuboso and 46 from the national collection) based on the analysis of 69 polymorphic and 351 monomorphic AFLP bands (sample S2). Bootstrap values are shown. Codes in parentheses indicate the island of origin (Figure 1).

Table 4. Most significant bootstrap values in sample S2: Vêtuboso and the national collection (Figure 4) involving cultivars from other islands than Vanua Lava.

| Accession number | Bootstrap value | Dissimilarity | Geographic origin |
|------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| T398 | 85 | 0.031 | Banks |
| 55 | | | |
| 27 | 85 | 0.032 | Vanua Lava |
| 65 | | 0.028 | |
| T57 | | 0.014 | Pentecost |
| T208 | | 0.018 | |
| T219 | | 0.016 | Malekula |
| T222 | | 0.016 | |
| T2 | 62 | 0.034 | Pentecost |
| T37 | | | |
| T302 | 35 | 0.037 | Tanna |
| T314 | | | |
| T301 | 69 | 0.034 | Tanna |
| T460 | | | |
| T386 | 55 | 0.04 | Ambrym |
| T387 | | | |
| T185 | 72 | 0.043 | Santo |
| T279 | | | |

from the early 1940s. As there is no reason for an interruption in exchange of cultivars, we suppose that other ones were introduced before the 1940s and are still cultivated in the village even if they are no more identified with a geographic eponym. Introduced and local cultivars are thus mixed in the village portfolio and we can cast some doubt on the use of the term 'local'.

AFLP fingerprints have confirmed this proposition as the variation within clusters is much larger than that among clusters (Figures 3 and 4). The variability of Vêtuboso does not present a geographical pattern as introduced cultivars are spread among the local ones in the dendrogram. Locally identified exotic genotypes from Vanuatu are not differentiated in the village. Even if the two cultivars from the Pacific (Fiji and Norfolk Islands) do not cluster with a Vêtuboso cultivar, they do not show any remarkable dissimilarity. The one from Fiji (acc. 96) presented higher dis-

similarity than the one from Norfolk Island. This may be explained by a continual exchange of planting material with Norfolk Island since missionaries' visits that began the middle of the XIX^e century.

It has already been demonstrated, using isozymes (Lebot and Aradhya 1991) and then AFLPs (Kreike et al. 2004), that Pacific taros share a very narrow genetic base. This result was again supported when we analysed together the accessions from Vêtuboso and the national collection (Figure 4). Accessions of Vêtuboso and other islands from Vanuatu do not present a clear geographical structure.

The high rate of cultivars exchange between communities, islands and the Pacific countries was and is still so important, that Vanuatu cultivars represent a continuum of diversity. This type of pattern has also been observed in greater yam (*Dioscorea alata* L.) using isozymes (Lebot et al. 1998) and AFLPs (Malapa et al. 2005).

Somatic mutations

It has been demonstrated elsewhere that the AFLP technique has an extremely high reproducibility (Jones et al. 1997) and that the error uncertainty is estimated to be 1.5%. In our case, this error would concern 8.3 bands for our first sample and 6.3 for the second. As only three bands differentiated the four accessions of 'Rov', this polymorphism observed at the intracolonial level is probably due to experimental uncertainty, and the three accessions can be considered as true clones.

In the village, inhabitants identify nine pairs of 'changed' morphotypes ; three have been analysed by AFLPs, acc. 66 (mutant from acc. 70), acc. 71 (from 31) and acc. 76 (from 1). Distances between a cultivar and its mother-plant are very small (mean dissimilarity of 0.020) but still higher than intracolonial distances (0.003). In this case, the number of bands differentiating the two accessions of a changing pair ranged from 8 to 16. After double-checking, it was concluded that these bands were sufficiently clear to be considered as truly polymorphic and not reading errors.

As farmers clearly differentiated cultivars that have 'changed' from cultivars that have been 'found', and as these three pairs of 'changing' taros are genetically really close, they are certainly

composed of a mutant and its mother-plant. Accumulated somatic mutations through vegetative multiplication could modify one gene or a complex of them responsible for the modification of a visible morphological character (mainly colours of stem and corm) that farmers capture to begin a new clonal population. As proven by isozyme, somatic mutations are mainly responsible for the whole variability observed in Polynesia (Lebot and Aradhya 1991). Variations between mutants and their mother-plant detected with AFLP are surely due to fixed somatic mutations not expressed at the phenotypic level as the probability of targeting a gene linked to pigmentation systems is very slim. Several tests of reproducibility, with highly polymorphic and locus-specific markers (SSR), should be carried out on these accessions in order to support these preliminary results.

Sexual reproduction

In Vêtuboso as throughout the Pacific, farmers do not have a term for taro-seeds in their local language. Farmers describe the inflorescence as a nonfertile and edible organ as the spathe can be boiled, baked or roasted. Like in other sites across the South Pacific (Vanuatu: FSA 1999, PNG: Panoff 1972, Gardner 2003, personal communication; Solomon Islands: Jansen 2002), farmers assume that new morphotypes, found in an abandoned area after weeding, correspond to cultivars planted by their ancestors. But the time elapsed since the last taro cultivation is too long to have allowed a piece of corm to persist in the soil. As farmers do not notice any taro plant before they weed the pond, these plants could not be ground creepers adapted to a wild environment. Moreover, following informants statements, and our own field observations, taro plants found by farmers after clearing in very old fallows, are characterised by their small size and need to be replanted, at least once, to obtain a normal size corm.

Isozyme studies revealed that the genetic dissimilarity was greater in Melanesia than in Polynesia (Lebot and Aradhya 1991). Even if flowering of taro is considered as rare (Sreekumari and Thankamma Pillai 1994; Ivancic et al. 2004) or often abnormal (Ivancic 1995), flowering and

Dipterae pollinators have been frequently observed in the former region (Lebot and Aradhya 1991, Quero-García 2003, field observation). Within Melanesia, Vanuatu showed a much lower polymorphism than New Guinea and the Solomon Islands. Contrary to isozymes, a much stronger polymorphism within the Ni-Vanuatu cultivars was highlighted by our AFLP results, opening the debate toward new hypotheses such as the role of sexual reproduction in explaining the observed amount of genetic diversity.

Although flowering occurs in Vanuatu, germination of seeds remains difficult. Several authors have observed the fragility of taro seedlings from natural seed-set. Kikuta et al. (1938) and Shaw (1975) observed small plants at the base of their 'mother plants' that wilted very quickly.

Farmers from Ureparapara island (Figure 1) use seeds to propagate the crop on rare occasions, especially when they face shortage of planting material after cyclones or drought. Mature fruits are wrapped with a palm leaf (*Licuala grandis* H. Wendt. ex Linden) on the plant alive. Fallen seeds in the palm leaf are then sown in protected plots rich in humus and moisture. When seedlings are tall, they are transplanted in the field. Since seedling progenies show much variability, farmers select plants that are adapted to their agronomical, culinary and social needs (Caillon 2003, field observation). This seed selection process has already been observed for other vegetatively propagated plants such as cassava in South America (Salick et al. 1997; Emperaire et al. 1998; Elias 2000) and sweet potato in New Guinea (Yen 1960; Bulmer 1965; Prain et al. 2000).

It is, therefore, likely that some taro genotypes might have arisen from seeds in Vêtuboso. As *C. esculenta* is a highly heterozygous species, a single crossing could produce much variability resulting in the dispersal over the dendrogram of the cultivars found by Jonis. AFLP markers do not allow us to clarify the relation between these individuals: they could have originated from seeds coming from different plants or from a single inflorescence. Moreover, as *C. esculenta* can be self compatible, partly self-compatible and self-incompatible (Ivancic and Lebot 2000), three possibilities can be considered: selfing events (eased by rainfall), single cross (full-sibs) or open pollination (half-sibs). Co-dominant markers such as microsatellites would be needed to clarify it.

Wild taros

In New Guinea or North Australia, typical wild forms have already been observed (Lebot and Aradhya 1991; Coates et al. 1988). Differences between zymotypes found in New Guinea and in Indonesia confirmed the hypothesis of two independent domestication processes in Sunda (a southward extension of mainland Southeast Asia) and Sahul (an extension from the north coast of Australia to the island of New Guinea) shelves (Lebot and Aradhya 1991). Therefore, it is likely that wild forms existed in New Guinea before the arrival of the first migrants as a heritage from Gondwana flora (continent gathering Australia, India, South America, Africa and Antarctica, that broke up some 130 million years ago). Cultivated forms were then domesticated from these wild populations.

In New Caledonia, another continental island, zymotypes of three wild taros accessions were found to be well differentiated from the pool of New Caledonian and in general of Melanesian cultivars (Ivancic and Lebot 1999). These results were confirmed with AFLPs and microsatellites since these accessions were clustered with Asian and not with New Guinea or Ni-Vanuatu cultivars (Noyer et al. 2005; Kreike et al. 2004).

But, Lebot and Aradhya (1991) also found that so-called wild taros in Melanesia had the same zymotype as other cultivars. Two hypotheses could be advanced: some cultivars are clones from wild taros or, more likely, some wild taros are ferals or escapes from cultivation.

Ferals appear when cultivars are left untouched along streams. They slowly regress into a wild phenotype after several generations of vegetative propagation through the production of stolons (Ivancic and Lebot 2000). The production of numerous stolons can explain the presence of smaller deformed corms. Moreover, taros living in a wild environment might require a higher proportion of calcium oxalate crystals as pest repellents in order to survive in an hostile environment compared to cultivars for which farmers have developed practices to protect them and which are rejuvenated every year.

Since Vanuatu is an oceanic island, if wild taros existed before any human settlements, the question of their origin has not yet been elucidated. They could have been dispersed from the continental

islands New Guinea and New Caledonia through birds known to eat fruits from *C. esculenta* (Purple Swamphen, *Porphyrio porphyrio* (Caillon 2002, field observation), and an unidentified green parrot (Psittacidae) in Solomon Islands (Jansen 2002) according to local population) and of *Alocasia* sp. (Greater Sicklebill, *Epimachus fastosus*, in New Guinea (Majnep and Bulner 1977)). The travel to reach Vanuatu from the Santa Cruz, the southern islands of the Solomon, was a risky maritime adventure that probably lead migrants to choose edible forms of taro rather than wild ones to carry in their canoes.

Moreover, among the analysed so-called wild taros from Vanuatu, only acc. 62 from Vê tuboso is significantly distant in the dendrogram. Wild types collected from Santo or Efate do not show much higher dissimilarities, are not all clustering together (except acc. from Efate), and are associated with cultivars (ex. acc. WS, T397).

As wild taro seed dispersion from a continental to an oceanic island seems difficult and as so-called wild types are genetically integrated into the cultivated pool, the 11 accessions analysed appear to be ferals and not native distinct wild types. But further studies on larger samples will have to be conducted in Vanuatu in order to produce stronger conclusions.

Moreover, regarding the ferals collected from Efate, the dissimilarity differentiating groups WE1-WE3 and groups WE4 and WE5 is high enough (0.042) to suggest that these two groups could originate from two cultivars. As intra-feral group dissimilarities are lower than for mutants (0.023 between ferals acc. 66 and 70; 0.006 between the cultivated mutants acc. 31 and 71 in the second sample) both cultivars would have multiplied asexually to develop two different populations.

Farmers' memory failure

Five morphotypes are called by two names and they are known to all farmers. Synonymy may have come from an uncertainty about origin or from a disorder in the nomenclature process. For example, two farmer names are given when both claimed to be the first to have found it. Normally, when a farmer finds a cultivar somewhere, it should be named according to the person name

but in few cases it happened that the new morphotype bears both the place and the person's name.

The fact that an introduced cultivar (acc. 35) is very close to an ancient local one (acc. 64) brings us to the idea that they could be the result of parallel selection or, more probably, that they could be the same clone. They both have a purple stem and the old one is so rare nowadays that most of the villagers have forgotten its detailed morphological characteristics. When asked to collect acc. 64, the informant might have taken by mistake acc. 35, which is phenotypically similar.

The origin of the three acc. 5, 60 and 65 is still unclear. According to their vernacular name meanings (Caillon and Lanouguère-Bruneau 2005), cultivars 60 and 65 should have 'changed' from acc. 5 when planted. But inhabitants remember that acc. 5 and acc. 60 were brought in the 1960s from the island of Gaua (30 km south). Genetic variation between acc. 5 and acc. 60 (Table 3), which is comparable to that between a mutant and its mother-plant, and nomenclature rules corresponding to the one applied to mutants, lead us to think that acc. 60 is preferably the mutant of acc. 5, which contradicts villagers' memory. Another confusion still exists for acc. 65 as only one farmer stated that it came with the two others from Gaua; the other informants did not recognise this morphotype.

Another uncertainty is about the origin of cultivar 27, named after the island of Tanna, but which was in fact brought from the town Luganville on Santo Island (190 km south) by the daughter of a Vêtuboso's inhabitant. Villagers confused this cultivar with a previous one introduced by the same person a year earlier from the island of Tanna, which has since disappeared. Moreover, acc. 65 and 27, for whose origins are uncertain, are clustering with cultivars from Pentecost and Malekula (Figure 4). All of them are characterised by a white flesh corm with purple fibre and moderately good taste (mean dry matter content of 36.3%, Quero-Garcia et al. 2004). It is likely that they have all descended from a cultivar whose usefulness was so broad that it has spread all over northern Vanuatu.

We were able to detect four discrepancies using ethnobotanical and genetic evidences. They related to the confusion about their origin, nomenclature and identification. These instances illustrate that it

is the flow of information between indigenous and scientific knowledge that could, among others, highlight diversity inventory. Neither social surveys nor genetic tools can bring a consistent answer by their own.

Conclusion: Towards a dynamic *in situ* conservation (DISC) of taro agrobiodiversity

In this paper we have attempted to make a number of points:

1. The AFLP technique is a reliable tool to identify duplicates, somatic mutants, related genotypes and feral plants of taro. However, without farmers' knowledge this powerful tool is unable to list and quantify the distinct but complementary diversifying patterns of taro germplasm and especially, to highlight the importance of sexual reproduction.
2. AFLP markers show that the diversity in a single village is not significantly lower than that from a national sample representative of the diversity found throughout Vanuatu. These markers have proved that cultivars are exchanged, that the Vanuatu genetic base is rather narrow, and that the isolation and inter-crosses of certain cultivars on a particular island do not lead to sufficient genetic drift to have resulted in geographical differentiation. Moreover, it can be considered that the crosses between related genotypes (or within the same cultivar) will progressively decrease the heterozygosity.
3. A diversity study is a necessary prerequisite to obtain an accurate image before deciding if preservation *per se* is the priority or if base broadening is needed. The loss of numerous morphotypes could occur rapidly because of disease's spread or because of social trends. Vêtuboso is unfortunately a rare case in Vanuatu and in other sites, taro diversity is eroding rapidly because traditional knowledge is vanishing and competition is accelerating with cassava or sweet potato (Caillon et al. 2004).
4. The existing limited genetic diversity predicts a pessimistic future for a crop vulnerable to a serious threat, the leaf blight caused by *Phytophthora colocasiae* Racib., which is already prowling around the country. *Ex situ* collections have shown their usefulness al-

though complex to manage. A DISC program could offer an interesting way to secure local material that could not be included as a whole into genebanks.

5. In such context of potential genetic erosion, a DISC strategy would appear appropriate because it matches what farmers are already doing: introducing and selecting new morphotypes (both seedlings and mutants). Instead of attempting to maintain the diversity existing in Vêtuboso or in another village, it may be more efficient to encourage farmers in their traditional processes while broadening the genetic base. Farmers could make their own choices in a heterogeneous population of hybrids (i.e. participatory varietal selection). In the case of Vanuatu, if the disease (*P. colocasiae*) enters the country some of the ocal genes will be preserved. Knowing that the driving forces are innovative farmers, researchers could even demonstrate the practice of hand pollination and true seed production (i.e. participatory plant breeding).

The example of Vêtuboso illustrates what a DISC strategy for minor root crop species would have to take into consideration before it could be implemented. It also demonstrates the necessity for base broadening which will have to be combined with participatory selection and/or breeding in order to be sustainable.

Acknowledgements

Thanks are due to Région Centre for funding the PhD thesis of S. Caillon from 2001 to 2003, to CIRAD (Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement) and IRD (Institut de Recherche pour le Développement) for supporting the project. VKS (Vanuatu Cultural Centre) was particularly helpful in providing information and organisational facilities. This work would not have been possible without farmers' generosity. Special thanks are due to Chief Hosea Woras and Chief Eli Field Malau from Vêtuboso.

References

- Bulmer R. 1965. Beliefs concerning the propagation of new varieties of sweet potato in two New Guinea Highlands societies. *J. Polyn. Soc.* 74(2): 237–239.
- Caillon S. and Lanouguère-Bruneau V. 2005. Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu): stratégies de sélection et enjeux sociaux. *J.S.O.* (120)1.
- Caillon S., Quero-García J. and Guarino L. 2004. Taro in Vanuatu: towards a dynamic conservation strategy. *LEISA* 20(1): 18–20.
- Coates D.J., Yen D.E. and Gaffey P.M. 1988. Chromosome variation in taro, *Colocasia esculenta*. Implications for origin in the Pacific. *Cytologia* 53: 551–560.
- Conklin H. 1962. Lexicographical treatment of the folk taxonomies. In: Householder F.W. and Saporta S. (eds), *Problems in Lexicography*. Indiana University Research Center in Anthropology, Folklore and Linguistic Publication no. 21, Bloomington, USA, pp. 119–141.
- Empereire L., Pinton F. and Second G. 1998. Gestion dynamique de la diversité variétale du manioc en Amazonie du Nord-Ouest. *N.S.S.* 6(2): 27–42.
- Elias M. 2000. Perception and Management of Cassava. *J. Ethnobiol* 20(2): 239–265. France.
- Farmer Support Association (FSA) 1999. *In situ* conservation of taro. A Feasibility Study: Vanuatu. Taro Genetic Resources Project, ACIL, AUSAID, ACIL, AUSAID, Luganville, Vanuatu.
- Ghérardi M., Mangin B., Goffinet B., Bonnet D. and Huguet T. 1998. A method to measure genetic distance between allogamous populations of alfalfa (*Medicago sativa*) using RAPD molecular markers. *Theor. Appl. Genet.* 96: 406–412.
- Ivancic A. 1995. Abnormal and unusual inflorescences of taro, *Colocasia esculenta* (Araceae). *Aust. J. Bot.* 43: 475–489.
- Ivancic A. and Lebot V. 1999. Botany and genetics of New Caledonian wild taro, *Colocasia esculenta*. *Pacific Sci.* 53(3): 273–285.
- Ivancic A. and Lebot V. 2000. The Genetics and Breeding of Taro. *Séries Repères MAD*, Montpellier, France.
- Ivancic A., Lebot V., Roupsard O., Quero-García J. and Okpul T. 2004. Thermogenic flowering of taro (*Colocasia esculenta*). *Can. J. Bot.* 82(11): 1557–1565.
- Jansen T. 2002. Hidden Taro, Hidden Talents: A Study of On-farm Conservation of *Colocasia esculenta* (taro) in Solomon Islands. Solomon Islands Planting Material Network and Kastom Garden Association, Honiara, Solomon Islands.
- Jones C.J., Edwards K.J., Castaglione S., Winfield M.O., Sala F., de Wiel C., Bredemeijer G., Vosman B., Matthes M., Daly A., Bretschneider R., Bettini P., Buiatti M., Maestri E., Malcevski A., Marmioli N., Aert R., Volckaert G., Rueda J., Linacero R., Vazquez A. and Karp A. 1997. Reproducibility testing RAPD, AFLP and S SR markers in plants by network of European laboratories. *Mol. Breed.* 3: 381–390.
- Kikuta K., Whitney L.D. and Parris G.K. 1938. Seeds and seedlings of the taro, *Colocasia esculenta*. *Am. J. Bot.* 25: 186–188.
- Kreike C.M., Van Eck H.J. and Lebot V. 2004. Genetic diversity of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) in South-East Asia and Pacific. *Theor. Appl. Genet.* 109: 761–768.

- Lebot V. and Aradhya K.M. 1991. Isozyme variation in taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) from Asia and Oceania. *Euphytica* 56: 55–66.
- Lebot V., Hartati S., Hue N.T., Viet N.V., Nghia N.H., Okpul T., Pardales J., Prana M.S., Prana T.K., Thongjiem M., Krieke C.M., VanEck H., Yap T.C. and Ivancic A. 2000. Genetic variation in taro (*Colocasia esculenta*) in South East Asia and Oceania. In: Nakatani M. and Komaki K. (eds), Proceedings of the Twelfth Symposium of the ISTRC, Tsukuba, Japan, September 10–16, 2000, pp. 524–533.
- Lebot V., Prana M.S., Kreike N., Van Eck H., Pardales J., Okpul T., Gendua T., Thongjiem M., Hue H. and Yap T.C. 2004. Characterisation of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic resources in Southeast Asia and Oceania. *Genet. Resour. Crop Evol.* 51: 381–392.
- Lebot V., Trilles B., Noyer J.L. and Modesto J. 1998. Genetic relationships between *Dioscorea alata* L. cultivars. *Genet. Resour. Crop Evol.* 45(6): 499–509.
- Levi-Strauss C. 1962. *La pensée sauvage*. Ed. Pion, Paris.
- Mace E. and Godwin I.D. 2002. Development and characterization of polymorphic microsatellite markers in taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott. *Genome* 45(5): 823–832.
- Malapa R., Arnau G., Noyer J.L. and Lebot V. 2005. Genetic diversity of the Greater Yam (*Dioscorea alata* L.) and relatedness to *D. nummularia* Lam. and *D. transversa* Br. as revealed with AFLP markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* (in press).
- Majnep I.S. and Bulmer R. 1977. *Birds of my Kalam Country*. Auckland University Press, Auckland, New Zealand.
- Noyer J.L., Billot C., Weber A., Brottier P., Quero-García J. and Lebot V. 2005. Genetic diversity of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) assessed by SSR markers. In: Guarino L. and Taylor M. (eds), Proceedings of the 3rd International Taro Symposium, SPC-TPGRI-FAO-CIRAD, Nadi, Fiji, 22–24 May, 2003, (in press).
- Panoff F. 1972. *Maenge Gardens. A Study of Maenge Relationship to Domesticates*. Ph.D. Thesis, Australian National University, Canberra, Australia.
- Perrier X., Flori A. and Bonnot F. 2001. Methods of data analysis. In: Hamon P., Seguin M., Perrier X. and Glaszmann J.C. (eds), *Genetic Diversity of Cultivated Tropical Plants*. Cirad, Montpellier, France, pp. 31–63.
- Prain G., Schneider J. and Widiyastuti C. 2000. Farmers' maintenance of sweet potato diversity in Irian Jaya. In: Almekinders C. and de Boef W. (eds), *Encouraging Diversity. The Conservation and Development of Plant Genetic Resources*. London, Intermediate Technology Publications Ltd, 362, pp. 54–59.
- Quero-García J., Noyer J.L., Marchand J.L. and Lebot V. 2004. Germplasm stratification of taro (*Colocasia esculenta*) based on agro-morphological descriptors. Validation by AFLP markers. *Euphytica* 137: 387–395.
- Salick J., Cellinese N. and Knapp S. 1997. Indigenous diversity of cassava: generation, maintenance, use and loss among the Amuesha, Peruvian Upper Amazon. *Econ. Bot.* 51(1): 6–19.
- Shaw D.E. 1975. *Illustrated notes on flowering, flowers, seed and germination in taro (Colocasia esculenta (L.) Schott)*. Port Moresby, Papua New Guinea, Res. Bull. Dept. Agric. 13: 39–59.
- Sokal R.R. and Michener C.D.A. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 38: 1409–1438.
- Sreekumari M.T. and Thankamma Pillai P.K. 1994. Breeding barriers in taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *J. Root Crops* 20(1): 20–25.
- Vanuatu Statistics Office 1994. *Vanuatu National Agriculture Census. Main Report*. Port Vila, Vanuatu.
- Yen D.B. 1960. The sweet potato in the Pacific: the propagation of the plant in relation to its distribution. *J. Polyn. Soc.* 69: 368–375.
- Weightman B. 1989. *Agriculture in Vanuatu. A Historical Review*. The British Friends of Vanuatu, Portsmouth.