



HAL
open science

Réseaux et connectivité

Etienne Edouard Cossart, Colin Fontaine, Grégor Marchand, Marie Balasse, Stéphanie Bréhard, Claire Manen, Vincent Miele, Jean-Marc Pétilion, Solange Rigaud, Yohan Sahraoui, et al.

► **To cite this version:**

Etienne Edouard Cossart, Colin Fontaine, Grégor Marchand, Marie Balasse, Stéphanie Bréhard, et al.. Réseaux et connectivité. Stéphanie Thiébault et al. (coord.). Prospectives de l'Institut Écologie et environnement du CNRS, CNRS, pp.187-193, 2017, Les Cahiers Prospectives. hal-02473919

HAL Id: hal-02473919

<https://hal.science/hal-02473919v1>

Submitted on 3 Dec 2020

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.



RÉSEAUX ET CONNECTIVITÉ

Auteurs : Etienne Cossart, Colin Fontaine, Grégor Marchand

Contributeurs : Marie Balasse, Stéphanie Bréhart, Claire Manen, Vincent Miele, Jean-Marc Pétilion, Solange Rigaud, Yohan Sahraoui, Alix Sauve, Cédric Sueur, Nicolas Teyssandier, Vincent Viel

Introduction

Dans le champ des sciences de l'environnement, les approches de réseau d'interactions offrent un cadre conceptuel et méthodologique pour décrypter la complexité et l'évolution des systèmes environnementaux. Cette évolution est dictée par divers facteurs externes, au premier rang desquels se situent les perturbations anthropiques ou les variations climatiques. Une hypothèse forte est que les propriétés de connectivité des réseaux, ou en d'autres termes le nombre et la distribution des interactions entre les nœuds d'un réseau, expliqueraient leur résilience face aux forçages externes.

Les approches de réseaux sont utilisées de longue date en écologie, notamment pour décrire les relations trophiques entre les espèces (e.g. Hardy 1924) et étudier les conséquences de cette connectivité trophique sur la stabilité des écosystèmes (May 1972). Le concept de connectivité a également été utilisé pour évaluer la cohérence spatiale d'un système, une cohérence nécessaire pour maintenir ou restaurer les fonctions écologiques (Taylor *et al.* 1993 ;

Bennett 2004). À la suite de ces travaux, les géographes-géomorphologues ont mobilisé le concept pour décrypter l'instabilité spatio-temporelle des signaux sédimentaires dans les bassins-versants (Hoffmann 2015) et comprendre le caractère anarchique des flux sédimentaires (Ferguson 1981). En écologie comme en géographie (Viel *et al.* 2014), la connectivité aide alors à synthétiser la complexité du système étudié et de son fonctionnement : il s'agit de comprendre comment la combinaison d'interactions élémentaires (au sein d'une chaîne trophique, au sein d'une cascade hydro-sédimentaire) fait émerger un signal, un comportement original (et difficile à anticiper) de l'ensemble du réseau. Dans le champ de l'archéologie, la connectivité est également utilisée comme une clef de compréhension des modalités d'organisation de systèmes sociaux ou économiques (Östborn, Gerding 2014), par exemple pour favoriser l'anticipation des aléas et le partage d'information à longues distances chez les chasseurs-cueilleurs (Whallon 2006). Elle fournit des clefs d'interprétation intéressantes en termes d'évolution des socié-

tés humaines, ainsi que du développement de la coopération chez les chasseurs-cueilleurs (Apicella *et al.* 2012). Aujourd'hui comme par le passé, les transferts de biens et de savoir-faire sont en effet primordiaux pour établir et maintenir les interactions économiques et sociales entre et au sein des populations humaines. La connectivité entre les communautés humaines est ainsi considérée comme un facteur critique déterminant l'émergence, la circulation et la persistance des traits culturels.

Quelle que soit la thématique abordée, la connectivité appelle à réintégrer la « flèche du temps » dans les études, c'est-à-dire identifier les enchaînements dans le temps des processus qui animent les réseaux, reconstituer les éventuelles recompositions qui affectent la structure des réseaux par le jeu de multiples rétroactions, et en déduire une trajectoire évolutive du système

étudié. Les outils développés pour effectuer cette reconstruction et en étudier la dynamique permettent alors d'explorer les chaînes causales qui sous-tendent, par exemple, la diffusion d'information entre individus, ou l'évolution d'un réseau de communautés humaines. Ces mêmes outils peuvent également devenir des leviers pour aider à la décision les gestionnaires qui, dans une logique d'aménagement du territoire, cherchent à concilier les enjeux environnementaux avec une urbanisation et une anthropisation croissante.

Cette rapide présentation montre que la notion de connectivité peut être mobilisée sur un large spectre de thématiques, de disciplines. Malgré cela, ou peut-être à cause de cette multiplicité des usages, le concept apparaît parfois flou voire discutable dans son utilité scientifique. Est-ce du « *old wine in new bottle* », pour reprendre une expression de Louise Bracken ?

La formalisation d'un système sous forme d'un réseau

Architecture des réseaux écologiques en lien avec leur fonctionnement et leur durabilité

Les communautés biologiques, qu'elles soient forestières, lacustres, prairiales ou coralliennes, consistent en une grande diversité d'espèces qui interagissent entre elles de façon variée. Ces interactions sont une composante clef de la biodiversité en général et des communautés en particulier : tous les organismes en dépendent par exemple pour se nourrir, se reproduire ou bénéficier d'habitats favorables. Par rapport à la seule information donnée par la composition spécifique, l'ajout des relations d'interdépendances entre espèces permet de mieux appréhender l'organisation et la dynamique des communautés biologiques, ainsi que les conséquences de perturbations.

En écologie, la formalisation des systèmes dépasse désormais le réseau unitaire, formé d'un type de nœuds connectés par un type d'interactions, pour aborder la formalisation d'empilements de réseaux. Ces approches visent à rassembler différents types de nœuds (e.g. individus et espèces, ou bien espèces et sites) et/ou différents types d'interactions (e.g. mutualisme,

prédation, parasitisme) au sein d'un méta-réseau, permettant ainsi d'intégrer différents processus ou dimensions au sein d'un même formalisme. Par exemple, un paysage peut être décrit comme une mosaïque d'habitats se différenciant notamment par leur composition en espèces. Les communautés locales de chacun de ces habitats sont connectées entre elles par les espèces en interactions, par des phénomènes de dispersion et migration, formant ainsi une méta-communauté. Comment l'intégration de cette dimension spatiale ainsi que de la diversité des interactions écologiques affecte-t-elle notre compréhension de la structure, de la stabilité, et du fonctionnement des réseaux trophiques ? Répondre à cette question implique notamment de proposer des mesures de connectivité pertinentes permettant d'évaluer à quel point les habitats sont séparés ou connectés étant données les interactions trophiques entre les espèces qui les habitent.

Mis à part dans le cadre d'approches expérimentales permettant de suivre un réseau en continu, comme par exemple des réseaux d'interactions interindividuelles entre animaux, l'une des difficultés méthodologiques actuelle

qui reste à dépasser est celle de la prise en compte du temps : dans les diverses formalisations des réseaux écologiques les données restent agrégées dans le temps, sans prise en compte de la phénologie ou de cycles saisonniers par exemple.

Archéologie des réseaux sociaux : définir les polarités, révéler les transferts

L'organisation des données archéologiques en réseaux a permis de dépasser une archéologie d'antiquaires centrée sur l'objet, d'abord en connectant celui-ci à son contexte stratigraphique pour en faire un « fossile-directeur », ensuite en l'intégrant dans un large éventail de processus techniques. Qu'est-ce qu'une reconstitution de chaîne opératoire sinon l'étude de la connectivité d'éléments matériels (matières premières, déchets et outils) ? Le fractionnement de ces processus techniques dans l'espace est une des clés de lecture des préhistoriens lorsqu'ils aspirent à comprendre l'emprise de sociétés humaines dans le paysage. Ces processus techniques s'inscrivent dans des réseaux sociaux et économiques, dont le site archéologique est le point nodal. Dans la Préhistoire telle que pratiquée aujourd'hui en France, la polarisation et la hiérarchisation des habitats sont le plus souvent établies sur des bases fonctionnelles ou économiques, quand d'autres types de réseaux peuvent - et doivent - être imaginés.

L'un des enjeux des recherches à venir est l'amélioration des descripteurs de ces activités humaines dans ces différents habitats, que ce soit par des analyses fonctionnelles des outils, la reconstitution des pratiques d'élevage ou de chasse, ou bien l'analyse géochimique des sols et structures au sein des habitats, la liste n'est pas close. L'archéologie bénéficie aussi de nombreux moyens de révéler les transferts entre ces points nodaux, de la typologie des objets aux propriétés géochimiques des matériaux en passant par la diffusion des savoir-faire. L'interprétation de ces connexions apparaît comme plus délicate, le vecteur des transferts ayant disparu (sont-ce des individus, des objets ou des idées qui circulent ?). Les travaux menés sur les pratiques de mobilité subissent actuellement ces interrogations et forment un cadre conceptuel appréciable. Les questionnements sur la nature des transferts impliquent également des développements sur l'apprentissage, l'invention ou l'innovation.

A une autre échelle d'analyse, et dans une perspective jamais très éloignée de préoccupations évolutives, la mise en évidence d'interactions à longues distances incite à réfléchir à la globalisation des phénomènes culturels et historiques en ce qu'elle interagit avec les évolutions régionales : quelles sont les dynamiques sociales sous-jacentes aux grands courants culturels opérant sur des distances continentales à certaines périodes de l'Histoire ? Pourquoi ces vastes réseaux se scindent-ils parfois en entités régionales distinctes ? Jusqu'à récemment, nombre de travaux ont contribué à produire des cartographies détaillées de la distribution des matériaux exotiques, mais également la répartition de traits stylistiques communs sur de larges régions. L'enjeu est maintenant de dépasser ces cartographies figées et vise à identifier les mécanismes évolutifs impliqués dans la création, l'entretien et l'abandon de ces réseaux d'interactions dans le temps et l'espace au cours de l'évolution humaine.

En parallèle des nécessaires et attendus développements techniques, le bilan établi à l'occasion de ces ateliers de l'INEE a fait surgir la faible remise en cause des concepts d'une archéologie processuelle, dont les principes sont directement issus de la « *new archaeology* » des années 1980. Il y a une urgence à penser autrement ces connexions ; il s'agit de mieux définir les marqueurs techno-culturels pertinents pour dessiner les contours des réseaux socio-économiques ou encore de formaliser davantage le passage d'informations d'ordre économique ou technique à des inférences sur l'organisation sociale ou la distribution des traits culturels.

Flux/cascades sédimentaires vus à travers les réseaux

Les apports du concept de connectivité en géomorphologie, quoiqu'en plein essor, restent en phase de développement, notamment eu égard à la difficulté de formaliser les réseaux qui sous-tendent les flux de sédiments à la surface de la Terre. Pourtant, identifier et comprendre les agencements de flux sédimentaires à l'intérieur des bassins-versants recouvre de multiples enjeux. (1) Ces flux enregistrent les changements climatiques et les impacts créés par l'homme à la surface terrestre. (2) Les flux sédimentaires sont en prise avec la ressource en sol, qu'ils sont susceptibles d'appauvrir. (3) Les flux sédi-

mentaires modifient le fonctionnement des cours d'eau et plus particulièrement les écosystèmes qu'ils représentent. Les enjeux sont nombreux, stimulant les recherches sur le comportement érosif des bassins-versants. Les flux sédimentaires peuvent en effet être complexes, au sens de la théorie de la complexité : étroitement dépendants de multiples couplages locaux, ils restent difficilement prévisibles, à tel point que plusieurs auteurs y voient une *sedimentological anarchy* (Walker 1990).

Les géomorphologues abordent particulièrement la question des flux entre de grands réservoirs sédimentaires, en essayant d'ouvrir les boîtes noires qui jalonnent les cascades sédimentaires. La difficulté est d'intégrer des approches quantifiant la production et l'exportation de sédiments sur les versants, le long des hydrosystèmes, pour prévoir ensuite comment s'organisent progressivement les signaux

sédimentaires le long d'un continuum spatial et temporel. La compréhension de cette organisation bute actuellement sur deux difficultés. Tout d'abord la dynamique paysagère, les infrastructures anthropiques, influencent directement l'agencement géométrique du réseau sédimentaire. L'allure du squelette du réseau peut ainsi être modifiée au sein d'un même bassin-versant et aboutir à une évolution des signaux sédimentaires sans aucun forçage extérieur. Ensuite, les nœuds du réseau sont reliés entre eux par des processus géomorphologiques dont le spectre d'action temporelle (fréquence, magnitude) peut être hautement variable. Ce fait pose le problème de la maturation de la cascade sédimentaire : quand est-ce que les processus entrent en résonance pour faire émerger un pic sédimentaire ? Quand les processus sont-ils antagonistes, provoquant un blocage des transferts sédimentaires au sein du réseau ?

Que mesure-t-on quand on mesure la connectivité ? Comment mesurer la connectivité ?

La connectivité peut se mesurer de différentes façons et il existe d'ores et déjà de nombreuses métriques. L'approche à suivre dépendra évidemment de la nature du réseau étudié et de la question posée : comparaison de réseaux, suivi diachronique d'un même réseau, recherche de causalité, hiérarchisation des nœuds ou des interactions...

La description des réseaux en écologie

Deux grandes catégories d'indices de connectivité peuvent être distinguées : les métriques globales et locales. Les premières vont synthétiser le degré de connectivité du réseau en une seule valeur, alors que les secondes viseront à caractériser la contribution de chaque élément du réseau (nœud et/ou interactions) à la connectivité globale du réseau. Si l'on reprend l'exemple des espèces interagissant au sein de différents habitats avec pour objectif de quantifier à quel point ces habitats sont connectés, les premières devront caractériser globalement le réseau, par exemple en quantifiant la proportion d'espèces et/ou de liens reliant différents habitats. Les métriques de connectivité locales viseront quant

à elles à hiérarchiser les nœuds les uns par rapport aux autres, par exemple en mesurant pour chaque espèce la façon dont elle répartit ses interactions entre les différents habitats, permettant ainsi de quantifier à quel point les espèces sont ubiquistes, traversant de multiples habitats et jouant alors un rôle de *hubs* au sein du réseau.

La description des réseaux en archéologie

La description de la connectivité ou la formalisation des réseaux en archéologie se heurte à la très forte dégradation du signal au cours du temps. Il peut être partiellement restauré par des protocoles analytiques affinés dans le domaine de la taphonomie : la prise en compte des données géochimiques sur les sites eux-mêmes ou à partir d'échantillons de sédiments est évidemment nécessaire.

Le second obstacle est le difficile contrôle du temps. On observe dans les travaux archéologiques une tendance tacite à un « postulat de la synchronie », qu'il conviendrait pourtant de formuler au préalable car c'est une des limites à la crédibilité des modélisations. L'amélioration des

méthodes de datations radiométriques est nécessaire, tout comme celle des modèles d'âge, mais le resserrement du pas de temps n'est jamais suffisant à l'échelle d'un habitat pour y aborder des questions liées au fonctionnement. Et c'est aussi – surtout ? – dans la position des occupations dans les cycles des saisons que se placent les enjeux fondamentaux. Tout ce qui concourt à l'ordonnement des actions humaines en un lieu doit alors être mobilisé, la lecture micromorphologique épaulant la stratigraphie, les remontages et raccords entre vestiges autorisant aussi à traiter de la synchronie. Toute mesure de la connectivité en archéologie requiert donc une réflexion et un traitement préalable de ces questions.

En ce qui concerne le fonctionnement de ces réseaux, il faut insister sur le rôle clef de la mobilité collective à la fois dans les économies de prédation et de production. Quels en sont les descripteurs ? Si l'étendue de ces réseaux bénéficie de l'étude de marqueurs typologiques ou géochimiques évoqués plus haut, les rythmes de cette mobilité bénéficient de différentes méthodes d'évaluation, fondées sur la saisonnalité. Il s'agit des apports de l'archéozoologie, en particulier des développements de la cémentochronologie ou de la sclérochronologie ; il s'agit aussi des apports récents de la dendrochronologie et de l'anthracologie.

Enfin, les connexions à établir entre les réseaux humains et environnementaux sont un enjeu majeur, si l'on veut dépasser les déterminismes simplistes. La question de la résolution temporelle des événements dans les disciplines scientifiques impliquées est un premier écueil ; la translation de l'actuel au passé en est un autre. La quantification des ressources exploitées est un obstacle récurrent rencontré par les archéologues et ces données fondamentales ne peuvent qu'être acquises par une modélisation sur l'actuel. La relation entre géographie physique et culturelle peut maintenant être explorée via de nouveaux outils de modélisation. La prise en compte de l'hétérogénéité des territoires permet d'explorer les corridors naturels, les barrières géographiques ayant pu impacter les réseaux de circulations et de contacts établis entre les groupes. Il manque toutefois à ces modèles l'intégration de la disponibilité des ressources (espaces cultivables, matières premières...). Sur des chronologies plus réduites, au plus près

des modes de vie humains, les systèmes d'élevage de la Préhistoire participent pleinement à la définition des réseaux socio-économiques en connexion avec des territoires ou, peut-on dire, avec des réseaux écologiques lorsqu'il s'agit de se caler sur la disponibilité des ressources.

La description des réseaux par les géographes

Parmi les approches modélisatrices existantes en géographie, la théorie des graphes a récemment démontré que la position des lieux au sein d'un réseau n'est pas neutre : il existe des *hotspots*, des points névralgiques eu égard à leur situation centrale, minimisant les distances avec les autres points du réseau. Quelles métriques spatiales doivent être déployées pour hiérarchiser ces *hotspots* ? Ces métriques se fondent sur la distance... mais comment mesurer l'éloignement ?

Mesurer la connectivité dans un réseau inscrit dans l'espace, et donc l'aptitude des nœuds à être reliés entre eux par les liens du réseau, mobilise la notion de distance : il s'agit, pour chaque nœud, de mesurer son accessibilité depuis tous les autres points du réseau, ou depuis tous les nœuds situés en amont et/ou en aval lorsqu'il s'agit de flux forcés par la gravité (comme dans le cas des cascades hydro-sédimentaires). Positionner chaque nœud relativement aux autres permet de caractériser sa centralité et donc son aptitude à intercepter structurellement (de par sa situation stratégique) une grande part du flux qui anime le réseau.

Cependant, mesurer une distance, un éloignement, nécessite de faire des choix méthodologiques. Par exemple, dans le cas d'un réseau d'aires écologiques qui entrent en interaction par le jeu de la mobilité des espèces, les flux sont entravés ou facilités en fonction des unités paysagères, des obstacles éventuels. La distance prise en compte dans ces réseaux ne doit alors pas simplement mesurer un éloignement kilométrique, mais plutôt une distance-coût, reflétant la difficulté du parcours. Par analogie, c'est également la difficulté à relier deux réservoirs sédimentaires, ou le temps de parcours entre deux réservoirs, qui va principalement intéresser le géomorphologue pour mesurer une connectivité dans le réseau sédimentaire. Pour estimer une telle distance, l'éloignement géométrique est alors associé à la rugosité de l'état de surface, ou encore au gradient de pente.

Quelles interprétations en faire ?

La connectivité permet de caractériser des agencements au sein des réseaux. Ces agencements confèrent cohérence et consistance au réseau, et rejaillissent directement sur ses propriétés de résilience. Que signifie pour autant une forte connectivité ? A l'échelle du réseau entier : est-ce une aptitude du réseau à encaisser/amplifier des forçages extérieurs ? A l'échelle intra-réseau : à quoi correspondent les points nodaux, stratégiques, identifiés par leur aptitude à être bien reliés aux autres éléments du réseau ? Quelles implications scientifiques, opérationnelles, peut-on prévoir à partir de ces évaluations de la connectivité ?

Quel que soit le champ disciplinaire, l'interprétation de la connectivité commence par une validation du modèle sous-jacent, ou plutôt par une confrontation du modèle à un « modèle nul ». En effet, mesurer la connectivité dans un réseau amène à faire des choix, des simplifications multiples : (1) tout d'abord dans la formalisation du réseau et notamment de sa structure, (2) ensuite sur les jeux d'interaction entre ce qui constitue les nœuds du réseau, (3) enfin sur ce que doit éclairer une mesure de la connectivité (importance locale d'un nœud, ou qualité globale du réseau). Le modèle qui résulte de ces choix doit être confronté à un modèle attendu, de référence ; il reste toutefois à définir ce qui est attendu dans un modèle théorique de référence !

L'interprétation de la connectivité demeure par ailleurs ambiguë. Même si elle est souvent associée à la résilience du système qui sous-tend le

réseau, la connectivité est-elle nécessairement positive ? Dans le cas des réseaux écologiques, améliorer la connectivité peut supposer de diffuser des pathogènes, d'augmenter la compétition et l'érosion de la biodiversité, etc. En hydrologie et en géomorphologie, la directive-cadre sur l'eau (2000/60/CE) impose d'améliorer la connectivité hydro-sédimentaire dans les bassins-versants en démantelant des ouvrages désuets pour restaurer la qualité des cours d'eau, mais n'augmente-t-on pas là le risque de crues ou de diffusion de polluants ? (Viel *et al.* 2014).

En termes d'interprétation des métriques locales de connectivité, un point commun à l'ensemble des réseaux étudiés réside dans l'identification et la hiérarchisation des points névralgiques de ces réseaux. Le dysfonctionnement de *hotspots*, voire leur rupture/déconnexion, peut aboutir à une modification profonde du système initial, sans présager du caractère finalement péjoratif ou non de cette désorganisation. Par exemple, au sein d'une cascade sédimentaire, le dysfonctionnement du point ayant la plus haute connectivité amènerait à un scindement en plusieurs systèmes indépendants, de taille aussi équivalente que possible, de telle sorte qu'aucun ne pourrait de toute façon atteindre le niveau d'organisation du système initial. On entend ici par niveau d'organisation le jeu des interactions mutuelles qui animent les réseaux. Finalement, ces métriques locales aident à identifier les points les plus névralgiques, c'est-à-dire ceux dont le dysfonctionnement aboutirait au maximum de désorganisation du système initial.

Conclusions

La connectivité apparaît comme un concept favorisant le dialogue entre les disciplines. Dans les systèmes environnementaux étudiés, des flux de natures diverses enregistrent des changements locaux ou globaux. Le réseau est alors une modalité de formalisation de ces systèmes, et la connectivité une propriété du réseau. Modéliser cette connectivité, la mesurer, éventuellement la cartographier, est nécessaire pour comprendre comment les flux qui animent

les réseaux réagissent (ou pas) à des forçages globaux (climatiques par ex.) ou locaux (interférences anthropiques). La connectivité est ainsi vue souvent comme un moyen d'évaluer la capacité de résilience des systèmes environnementaux. Les applications sont multiples : gérer des ressources en sol, gérer la qualité de l'habitat écologique, etc.

Pourtant, appréhender la connectivité dans le temps reste encore un champ de recherche à

explorer. Les réseaux restent souvent appréhendés de façon statique, et les données caractérisant l'état des systèmes étudiés agrégées au sein d'une même phase temporelle. Pourtant les flux qui animent le réseau, les jeux d'interactions ne sont pas instantanés, ils s'enchaînent, et ce le plus souvent de façon organisée en suivant un ordre logique. Chaque nœud est caractérisé par une dynamique, un comportement évolutif en fonction des jeux d'interactions avec les autres nœuds. De nouveaux outils, algébriques, informatiques, doivent donc être développés pour proposer de telles modélisations temporelles. Bien qu'elle soit un outil nécessaire, la modélisation doit toutefois se fonder sur la réalité du terrain. C'est bien la retranscription du fonctionnement des objets du réseau qui permet de définir les hypothèses de la modélisation, d'identifier l'agencement des liens existants, de calibrer la valeur des flux qui animent le réseau.

Plus largement, nous rappelons que formaliser un système sous forme de réseau, le décrire sous l'angle de la théorie des graphes pour décrypter

ses qualités de connectivité amène à effectuer un effort de simplification, de conceptualisation, quelle que soit la discipline concernée. Ce niveau de conceptualisation reste inégal entre les disciplines, en fonction de leur histoire (l'écologie ayant été pionnière dans la mobilisation de ces concepts) et de la nature même des données qu'elles mobilisent. En archéologie, les données qui servent à décrire l'état des systèmes restent par exemple lacunaires et entravent l'effort de modélisation. Mais plus généralement, ce type d'approche apparaît parfois minoritaire au sein de certaines communautés scientifiques peut-être moins enclines au travail de modélisation. Aborder les réseaux et leur connectivité requiert alors de la part des chercheurs un positionnement fort et la nécessité de rechercher dans les disciplines connexes l'échange nécessaire au bon avancement de leur recherche. Dans cette perspective, le développement d'un Réseau Thématique Pluridisciplinaire serait l'occasion de regrouper une communauté très homogène dans son approche méthodologique, mais dispersée dans différents champs disciplinaires.

RÉFÉRENCES

- Apicella, Coren L., Frank W. Marlowe, James H. Fowler, Nicholas A. Christakis. 2012. "Social Networks and Cooperation in Hunter-Gatherers." *Nature* 481 (7382), p. 497–501.
- Bennett, G. 2004. Integrating biodiversity conservation and sustainable use. Lessons learned from ecological networks. World Conservation Union (IUCN), Gland, Switzerland
- Binford L. R. 1980. - Willow Smoke and Dog's Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation, *American Antiquity*, 45, 1, p. 4-20.
- Binford L. R. 1983. [reed. 1982] – In pursuit of the past. Decoding the archaeological record. Berkeley, University of California Press, 260 p.
- Ferguson, R.I. 1981 Channel forms and channel changes. In. Lewin, J. (Ed.) *British Rivers*. Allen and Unwin, London. pp. 90-125.
- Hoffmann, T. 2015. Sediment residence time and connectivity in non-equilibrium and transient geomorphic systems. *Earth-Science Reviews*, 150, p. 609-627.
- Östborn P, Gerding H., 2014. Network analysis of archaeological data: a systematic approach, *Journal of Archaeological Science*, 46, p.75-88
- Taylor, P D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 571-573.
- Viel V, Delahaye D., Reulier R. 2014. Evaluation of slopes contributions to catchment sediment budget for a low energy water system. A case study from the Lingèvres catchment (Normandy, western France), *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 15p. DOI. 10.1111/geoa.12071
- Whallon R. 2006 - Social networks and information: Non-"utilitarian" mobility among hunter-gatherers, *Journal of Anthropological Archaeology* 25 (2006), p. 259–270.

PROSPECTIVES DE BORDEAUX

