



Le Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle (GIEAN) : Retour sur une expérience interdisciplinaire radicale

Marc Conesa, Julien Mary

► To cite this version:

Marc Conesa, Julien Mary. Le Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle (GIEAN) : Retour sur une expérience interdisciplinaire radicale. *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science*, 2023, *Penser l'interdisciplinarité en pratique*, 11, <10.46298/jimis.10994>. <hal-04205255>

HAL Id: hal-04205255

<https://hal.science/hal-04205255v1>

Submitted on 12 Sep 2023

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



Le Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle (GIEAN) : Retour sur une expérience interdisciplinaire radicale

Marc CONESA¹, Julien MARY²

¹ Université Paul-Valéry Montpellier 3, France

² CNRS, France

*Correspondance : marc.conesa@univ-montp3.fr ; julien.mary@cnrs.fr

DOI : [10.46298/jimis.10994](https://doi.org/10.46298/jimis.10994)

Soumis le 23 avril 2022 – Accepté le 12 mai 2023

Volume : **11** – Année : **2023**

Titre du numéro : **Penser l'interdisciplinarité en pratique**

Éditeurs : *Deborah Nourrit, Guillaume Alévêque, Laurent Fauré, Anne Laurent, Thérèse Libourel*

Résumé

Cet article vise à analyser l'interdisciplinarité telle qu'elle a été mise en pratique ou en tension sur le terrain d'un projet collectif, le GIEAN (Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle), ayant réuni un panel de chercheurs de disciplines différentes pour identifier d'une part les facteurs de blocages, et d'autre part les apports heuristiques et épistémologiques. Les moments de rencontres et d'échanges fournissent la plus grande partie du matériau analysé par les deux auteurs, également participants-observateurs du projet. L'article propose une triple lecture : celle de la genèse du projet, des premières rencontres et de sa formalisation institutionnelle, celle ensuite des objets d'étude, de leurs constructions par les différentes disciplines à travers lesquelles se manifestent des temporalités de recherche différentes, mais aussi des impensés implicites — ou parfois explicites — de hiérarchisation des disciplines, révélant des régimes de vérité et d'administration de la preuve scientifique différents sans être entièrement opposés. Une troisième lecture interroge enfin les effets pluriels de l'interdisciplinarité sur le projet, les disciplines, les chercheurs, mais aussi la structure de recherche qui a soutenu et accompagné le projet — en l'occurrence une Maison des Sciences de l'Homme (MSH) —, pour conduire, sous forme d'épilogue, à la manière dont a été reçu cet article par la co-porteuse du projet. De bout en bout, ce papier propose donc une écriture centrée sur les rencontres et pratiques interdisciplinaires, car si les résultats d'un projet de recherche financé sont le plus souvent publiés, les démarches, les blocages, les préjugés implicites et les apports épistémologiques — bref, tout ce qui forme la mémoire et l'infra-récit d'un projet — sont quant à eux rarement interrogés et capitalisés. Or faire de la science, n'est-ce pas aussi savoir transmettre en s'interrogeant sur ce qui est transmis ?

Mots-clés

électricité atmosphérique naturelle ; humanités environnementales ; interdisciplinarité ; disciplinarité ; intermédiation ; incubation ; paradigme indiciaire ; exceptionnel normal

I INTRODUCTION

Au quotidien, avec près de 100 décharges par seconde, les éclairs, la foudre, et l'ensemble des processus d'électrification naturelle, frappent la terre sans que leur rôle sur l'atmosphère par la production de nanocomposites métal-carbone à base d'aérosols ne soit pris en compte¹. Pour l'essentiel, le Groupe Interdisciplinaire sur l'Electricité Atmosphérique Naturelle (GIEAN) a travaillé entre 2016 et 2022 à mieux comprendre, dans la longue durée, la formation et les effets de ces nanocomposites sur le climat, le monde minéral et le vivant, car ceux-ci restent largement ignorés. Pour ce faire, le GIEAN associe sciences de la terre — principalement géologie —, sciences physiques — notamment physique des matériaux —, Sciences Humaines et Sociales (SHS) — en particulier l'histoire — et médecine. Relevant de régimes épistémologiques et de registres de pratiques très hétérogènes, ces disciplines ont chacune une culture et une approche propres de l'objet ; dans le projet, elles portent aussi des exigences, des temporalités et des urgences qui ne sont pas les mêmes. Ensemble, ces éléments contribuent à faire du GIEAN un véritable « ovni » dans la galaxie scientifique.

Sur la base de l'expérience interdisciplinaire GIEAN, cet article rend compte des situations de blocage, des difficultés rencontrées, et met en lumière, au-delà des déclarations d'intention et de principe, les pratiques qui ont permis le tressage interdisciplinaire. Ce faisant, cet article est aussi l'occasion de s'interroger sur la nécessité d'offrir des espaces et des temps d'incubation pour accompagner l'amorçage de tels projets exploratoires, à l'image de ce que la Maison des Sciences de l'Homme « Sciences et société Unies pour un autre Développement » (MSH SUD) a mis à disposition du projet GIEAN.

L'objectif n'est donc pas d'exposer ici les résultats « produits » par les différentes disciplines impliquées dans le GIEAN : cela a été fait dans des revues et des congrès ad hoc, au périmètre disciplinaire bien établi (Courty, 2018 et 2017 ; Hamdan *et al.*, 2017). Cet article ne prétend pas plus contribuer aux débats théoriques visant à asseoir une définition de la pluri-, inter- ou trans-disciplinarité². On s'attachera ici essentiellement à la praxis, c'est-à-dire aux démarches, aux relations entre les savoirs, aux entre-deux disciplinaires, en cela qu'ils constituent le territoire de ce projet. L'analyse porte ainsi sur les pratiques à partir d'un matériau incertain, celui des moments de rencontre, des façons de faire des objets communs et des façons de les dire (en référence à Verdier, 1979). Le projet a donc été le terrain d'une enquête, sans que cela eût été entièrement programmé, bien que cela fut un temps envisagé au début du GIEAN. Ce travail nous a paru nécessaire, tant les démarches et les pratiques de l'interdisciplinarité s'écrivent peu et se transmettent mal, conduisant chaque nouveau projet interdisciplinaire à partir de zéro, tandis que les résultats qui en ont bénéficié sont publiés, y compris dans des revues prestigieuses.

Mais que « produit » donc ce type de terrain ? Peut-on y voir autre chose qu'un recueil d'anecdotes aux effets de savoir peu sérieux ? Que pèse l'étude d'échanges verbaux tenus lors d'un repas par rapport aux résultats d'une analyse au spectromètre ? Que valent les SHS ? Ces questionnements jalonnent cet article. Disons-le d'emblée, cette démarche réflexive a suscité une discussion dont la conclusion de l'article est l'écho, nous invitant à préciser nos positions. Premièrement, l'article est le résultat d'une communication au colloque « Interdisciplinarité(s) » organisé en deux sessions, l'une en septembre 2021, l'autre en janvier 2022, par le Réseau national des MSH. Celui-ci invitait à faire retour sur les pratiques interdisciplinaires pour mieux en comprendre les ressorts et modalités d'accompagnement, en particulier dans des dispositifs

1 Les nano-composites sont des matériaux structurés et multiphasés, de taille nanométrique. Le projet GIEAN s'est attaché à étudier leur formation dans l'atmosphère, leur caractérisation et leurs caractéristiques. Voir Camargo *et al.*, 2009.

2 Pour une approche de cette littérature, nous renvoyons notamment aux travaux de Julie Thomson Klein (1990) ou, en France, à ceux de Jean-Pierre Resweber (2000) et Dominique Vinck (2000).

d'incubation comme peuvent l'être les MSH. Les auteurs sont ouvertement favorables à ces structures qui leur semblent permettre de tisser des liens au service d'une interdisciplinarité effective, et pas un simple affichage ou un habillage de circonstance pour décrocher des financements. Deuxièmement, il est important de noter que les deux auteurs ont eu des positions différentes au sein du projet GIEAN. Marc Conesa (ci-après « *l'historien* »), historien moderniste, ruraliste et environnementaliste, a été co-porteur du projet avec la géologue Marie-Agnès Courty (ci-après « *la géologue* »), pilotant en première ligne le volet SHS du projet et accompagnant la montée en interdisciplinarité de son questionnement. Julien Mary (ci-après « *le référent scientifique* »), ingénieur de recherche au CNRS, référent scientifique de la MSH SUD en a été l'accompagnateur, sans y participer du point de vue de la recherche proprement dite, mais en contribuant à l'animer et à l'accompagner dans un questionnement critique et réflexif sur sa construction, son organisation et ses attendus. L'article est donc écrit par deux participants-observateurs³ qui ont aussi en commun (a) une formation similaire — tous deux sont docteurs en histoire — et (b), en ce domaine, une sensibilité certaine à l'analyse des scènes sociales, aux problèmes posés par les témoignages, à la parole des sans-voix et autres inaudibles, autant d'objets qui gravitent autour de (c), « l'hypothèse du paradigme indiciaire » (Ginzburg, 1989) qu'ils assument résolument. Si celle-ci n'est plus à présenter en histoire ni dans les SHS en général, tant elle a été commentée et discutée, il semble toutefois nécessaire de revenir sur ce paradigme — qui interroge « tout ce qui échappe au regard savant comme n'étant pas "intéressant" » (Thouard, 2007, p. 15) —, car il est ignoré en dehors des SHS, dont les enquêtes suscitent au mieux des incompréhensions et des malentendus, et au pire un déni de scientificité.

L'article est donc bien le résultat d'une enquête dont le projet GIEAN était le terrain, collectant des « traces » et des « indices », afin de comprendre un fonctionnement social et scientifique à partir d'éléments fragmentaires et précaires formant un ensemble de détails exceptionnellement normaux — rarement décrits ni écrits —, auxquels les auteurs ont prêté toute leur attention sans céder à la fétichisation du terrain. Il s'agit bien de partir du sable dans l'engrenage (Ginzburg, 2002) de la production des savoirs pour comprendre ce que la machine produit et ce qu'elle broie, ce qu'elle sait faire et ce qu'elle ignore.

II AUX ORIGINES DU PROJET

Parler du projet GIEAN, c'est aussi parler du projet MSH SUD : tous deux sont en effet nés à peu près au même moment, au tournant de 2016-2017, et compagnonnent jusqu'à aujourd'hui. Intégré dans un premier temps dans le premier dossier IDEX⁴ déposé par les universités montpelliéraines et leurs partenaires, puis au sein de la Communauté d'Universités et d'Établissements Languedoc-Roussillon Universités (COMUE LRU)⁵, la MSH SUD a d'emblée

3 En mobilisant la notion de « participation observante » plutôt que d'« observation participante », nous souhaitons souligner que, dans le projet GIEAN, nous avons privilégié la position de participant à celle d'observateur : toutes deux ont été d'emblée posées comme étroitement reliées, mais dans une relation de subordination, la seconde étant nécessairement soumise à la première. Pour une revue des pratiques en la matière, voir Soulé, 2007.

4 Les « Initiatives d'Excellence » (IDEX) sont un programme du plan d'investissement d'avenir (PIA) engagé à partir de la loi de finances rectificative du 9 mars 2010, visant à favoriser « l'émergence de nouveaux pôles pluridisciplinaires d'excellence d'enseignement supérieur et de recherche de rang mondial sur le territoire français », ce par des « groupements territorialement cohérents d'établissements d'enseignement supérieur, universités et écoles, et d'organismes de recherche, en partenariat avec des entreprises », disposant « d'une puissance scientifique et d'un impact scientifique de tout premier plan dans de larges champs de connaissance ». Extrait de la Convention du 23 juin 2014 entre l'État et l'ANR second programme d'investissements d'avenir (action IDEX/I-SITE), *JORF*, n° 0151, 2 juillet 2014.

5 Fondée le 30 décembre 2014 suite à la nouvelle loi relative à l'enseignement supérieur et la recherche (ESR) de 2013, la COMUE LRU associait les quatre universités d'Occitanie-Est (Montpellier, Montpellier 3,

été conçue comme un outil de structuration d'une « politique de site »⁶, en particulier à l'interface entre SHS et Sciences de la Vie et de l'Environnement (SVE). Cela s'est traduit dans la manière dont le projet scientifique de la MSH SUD a été bâti, entre 2015 et 2017, nourri par des échanges avec toutes les communautés scientifiques de la place régionale, à travers une série d'états généraux de la MSH et de rendez-vous individuels avec des directeurs de laboratoires, SHS comme sciences du vivant, de la nature, de la matière et de l'ingénieur.

Dans le cadre de cette enquête de préfiguration, deux attentes essentielles ont été formulées à l'égard de la MSH SUD. La première consistait à définir la MSH comme un espace à même d'accompagner un décloisonnement disciplinaire et institutionnel plus que jamais nécessaire à l'heure où les enjeux socio-scientifiques se globalisent et les questions de recherche se complexifient en conséquence. À Montpellier, il s'agissait, notamment, d'articuler — sans les inféoder — les SHS aux grandes questions qu'allait bientôt porter l'I-site MUSE⁷, essentiellement animées par les sciences agronomiques, biomédicales et environnementales, tout en prenant soin de se donner les moyens d'explorer d'autres pistes de recherche, notamment avec les institutions ne faisant pas partie de l'I-site. La deuxième attente consistait à concevoir la MSH comme un tiers-lieu favorisant la co-construction de cadres d'intermédiation et de recherche associant acteurs académiques et non-académiques, dans une approche moins descendante et plus collaborative du monde social. Sur cette base, et conformément aux rôles dévolus nationalement aux MSH⁸, la MSH SUD s'est rapidement positionnée comme un espace exploratoire à même d'accompagner l'amorçage et l'incubation de projets complexes, à l'interface entre les disciplines (recherche interdisciplinaire) et/ou entre recherche et action de terrain (recherche participative et collaborative). Grâce à son dispositif global d'animation et d'intermédiation, ses appels à projets (AAP) et ses plateformes d'appui à la recherche, la MSH SUD associe ainsi des types d'acteurs divers, évoluant dans des régimes épistémologiques et des registres de discours et de pratiques souvent très différents. Ce faisant, la MSH propose de rendre possible la co-construction de questionnements et de problématiques partagées ainsi qu'un système de coopération efficace et équitable.

Perpignan et Nîmes) au CNRS, à l'IRD, et aux écoles nationales supérieures de Chimie (ENSCM) et d'Agronomie (Montpellier SupAgro). Coordonnant, jusqu'à sa dissolution le 31 décembre 2019, la stratégie de site contractualisée avec l'Etat pour la période 2015-2019, la COMUE LRU entendait favoriser « la mise en place de projets fédérateurs ambitieux, orientés autour de la recherche, mais également de la formation, de l'international, et plus généralement autour de toutes les formes d'interactions avec la société ». « La ComUE Languedoc-Roussillon Universités.

6 Suite à la loi relative aux libertés et responsabilités des universités (LRU) du 10 août 2007 – loi dite « d'autonomie des universités » –, et à l'établissement qui s'en est suivi de stratégies locales de recherche, d'innovation et de formation, des « politiques de site » ont été progressivement constituées, qui ont vu les opérateurs de l'ESR invités à se regrouper territorialement, pour mieux faire valoir certains domaines d'« excellence » au sein d'une économie de la recherche présentée comme toujours plus concurrentielle et mondialisée.

7 Le 24 février 2017, l'Université de Montpellier (issue de la fusion des universités Montpellier 1 et 2) obtenait la labellisation ministérielle « Initiatives – Science – Innovation – Territoires – Économie » (I-SITE), associée à dix organismes de recherche (BRGM, CEA, Cirad, CNRS, Ifremer, Inra, Inria, Inserm, IRD et Irstea), quatre écoles (ENSAM, ENSCM, EMA et SupAgro), trois établissements de santé (CHU Montpellier, CHU Nîmes et Institut de Cancérologie de Montpellier) et une organisation internationale (CIHEAM-IAMM). Définitivement labellisé en février 2022, l'I-site « MUSE » (pour « Montpellier Université d'Excellence ») entend mobiliser les forces de ces différentes institutions « vers une ambition commune : faire émerger à Montpellier une université thématique de recherche intensive, internationalement reconnue pour son impact dans les domaines liés à l'agriculture, l'environnement et la santé ». « L'I-SITE MUSE », [En ligne], URL : <https://muse.edu.umontpellier.fr/li-site-muse/>.

8 Voir la Charte nationale des Maisons des Sciences de l'Homme, [En ligne], URL : https://www.msh-reseau.fr/media/pages/ressources/1f0b2d6aad-1626816186/charte_2019_0.pdf

C'est dans le cadre d'un des rendez-vous bilatéraux ayant accompagné la construction du projet scientifique de la MSH SUD qu'a germé le projet GIEAN. À l'hiver 2016 à Perpignan, lors d'une visite dans une unité de recherche du CNRS spécialisée en physique des matériaux appliquée à l'énergie solaire⁹, la MSH SUD, par l'intermédiaire de son référent scientifique, faisait la rencontre d'une scientifique au parcours atypique. Cette géologue travaillant en contexte archéologique s'était rapprochée des physiciens pour acquérir des bases en physique des plasmas, non données en géosciences, afin d'aborder certains phénomènes naturels. Ses recherches visaient notamment à mieux comprendre son objet d'étude : les interactions entre les sociétés anciennes et leur environnement, envisagées par une étude géologique aux échelles microscopiques des surfaces archéologiques et environnementales. Suite à une fouille effectuée en Syrie, en 1990, et à la découverte de sédiments fondus incongrus, *la géologue* avait été conduite à formuler l'hypothèse de l'impact d'un bolide cosmique sur terre, il y a environ 4 000 ans, qui aurait entraîné une pluie de matériaux incandescents suivie d'un brusque changement climatique (Courty, 2022 ; Weiss *et al.*, 1993), phénomène qui pourrait expliquer des mythes comme l'Apocalypse, le Déluge ou Sodome et Gomorrhe. Ainsi se précisait son champ d'études : les effets des changements climatiques — en particulier les changements abrupts — sur les civilisations anciennes et plus globalement sur les sociétés envisagées sur le temps long. Elle confiait alors au référent scientifique de la MSH SUD vouloir désormais aborder ce champ d'études à travers un objet spécifique : les phénomènes d'électricité atmosphérique naturelle, autrement dit, pour l'essentiel, ce que le commun des mortels nomme « foudre ».

Ainsi compris, l'accompagnement de ce qui n'était pas encore le projet GIEAN a consisté dans un premier temps à comprendre, au niveau de la MSH SUD, le problème scientifique amené par *la géologue* à l'origine du projet GIEAN. En l'occurrence, celle-ci cherchait à tracer, à travers les temps historiques, les marqueurs de l'électricité naturelle, en remontant avant le XIX^e siècle. Ce dernier a en effet été marqué par les débuts de la « révolution industrielle », qui s'est notamment traduite par le dégagement dans l'atmosphère de nouveaux nanocomposites artificiellement produits (Jarrige et Le Roux, 2017) et difficilement discriminables de ceux produits naturellement par la foudre.

À partir de ces premiers éléments de questionnement, une première « traduction » (Callon, 1986) s'imposait, afin d'ébaucher les prémices d'une intelligibilité partageable avec d'autres disciplines. Ce travail nous a conduits à préciser les champs disciplinaires et domaines de recherche en SHS que le projet pourrait intéresser, en l'occurrence d'abord l'histoire. Puis, il s'est agi de mettre en relation *la géologue* avec un collègue historien susceptible de co-construire avec elle un projet de recherche. Le choix s'est porté sur un collègue curieux des approches des sciences de la matière et du questionnement physicien, et à même de le traduire avec intérêt dans sa discipline. C'est ici que *l'historien* entre en scène, aux côtés de sa collègue géologue, tous deux réunis par la MSH et associés dans le co-portage d'un projet déposé en réponse au premier AAP de la MSH SUD, lancé à l'été 2016. Ainsi naissait le premier noyau du Groupe Interdisciplinaire sur l'Électricité Atmosphérique Naturelle, bientôt rejoint par deux médecins urgentistes d'Aurillac¹⁰.

III UNE INCOMMENSURABLE INTERDISCIPLINARITÉ ?

Le projet GIEAN naît du constat que l'électricité atmosphérique n'est pas constituée en domaine d'étude spécifique. Elle se situe ainsi dans l'angle mort des champs disciplinaires constitués depuis le XIX^e siècle. Autrement dit, la carte des savoirs laisse des zones d'ombre rendant nécessaire un travail interdisciplinaire autour d'un même objet. Cette dimension collective

9 UPR PROMES : PROcédés, Matériaux et Énergie Solaire.

10 Laurent Caumont et Rémi Foussat.

s'impose tant la complexité de l'objet a des implications physiques, sanitaires, sociales et historiques. Pourtant, le dialogue paraît d'abord impossible : que peut apporter un historien à des médecins urgentistes qui font face à une augmentation du nombre de fulgurés ? Comment contribue-t-il à la compréhension de nanocomposites bien éloignés de son champ d'expertise, qui est le passé, alors que ces matériaux ont été découverts très récemment¹¹ ? Les difficultés de la co-construction interdisciplinaire apparaissent d'emblée multiples et considérables. On n'en retiendra que quelques-unes, pour montrer tous les obstacles potentiels rendant ce projet a priori impossible à mettre en œuvre, et la nécessité de les identifier pour les surmonter ou les éviter. Quatre points seront ici examinés : (1) les disciplines ne travaillent pas au même rythme et dans la même durée ; (2) elles ne se placent pas toujours sur un pied d'égalité ; (3) cette asymétrie a pour effet qu'elles peuvent être assignées à des tâches qui ne correspondent pas toujours à ce qu'elles font et la manière dont elles le font ; (4) elles se définissent par des régimes de vérité et d'administration de la preuve qui ne sont pas toujours en possibilité de dialoguer.

3.1 Rythmes et temporalités

La première difficulté est de faire travailler ensemble des disciplines qui ont un rapport au temps différent : certaines sont déjà familières de l'objet étudié, d'autres le découvrent en début de projet avec la nécessité de se former pour le comprendre, avec parfois un coût d'entrée élevé. De plus, les durées d'acquisition de données, d'analyses et d'interprétations, voire d'écriture des résultats, ne sont pas équivalentes. Les disciplines s'insèrent donc dans des temps différents, mais elles sont toutes soumises à la même contrainte de durée du projet qui est prédéterminée. La recherche interdisciplinaire est ainsi constituée de temporalités diverses, mais cette asynchronie a des effets inégaux selon les disciplines concernées. Dans le cas de la médecine d'urgence, la question est cruciale parce qu'il y a des patients en attente de soins. L'augmentation du nombre de fulgurés (+15 % d'impacts de foudre/an ; 200 à 500 fulgurés chaque année) devient un enjeu sanitaire qui conduit à une meilleure connaissance, non seulement des effets à court terme de la fulguration, mais aussi de ceux qui se manifestent de façon différée. Les attentes sont donc fortes pour vérifier l'hypothèse de la formation de nanocomposites dans les tissus des fulgurés, et pour comprendre les pathologies qui apparaissent jusqu'à deux ans après les accidents (troubles cardio-vasculaires, de la vision, de la parole, douleurs chroniques, acouphènes...).

L'obstacle consisterait ici à céder à une seule temporalité qui s'imposerait à toutes les disciplines, en les empêchant de se conformer à leurs agendas et à leurs méthodes scientifiques. Toutefois, l'écueil est rapidement levé, car l'écoute et les rencontres permettent de légitimer des rythmes de travail différents. De plus, chaque discipline est en capacité de mobiliser voire de réinterroger les temporalités différentes qu'elle porte dans son bagage scientifique. C'est ainsi que les chercheurs du partenariat médecine-sciences physiques ont pu dépasser ces obstacles et parvenir rapidement à publier leur travail commun (Foussat *et al.*, 2019 et 2017)¹². Car ne pas tenir compte de la diffraction du temps interdisciplinaire peut freiner le projet ; cela peut même renforcer la hiérarchisation des disciplines, ce qui constitue un autre écueil possible.¹³

3.2 Hiérarchisation et régimes de vérité

¹¹ La recherche sur les nanocomposites date des années 1980 et 1990. Elle est notamment financée par des industriels, comme Toyota, en quête de nouveaux matériaux (El Achaby, 2012, p. 33 et 61).

¹² À noter que la thèse de Rémi Foussat, qui entreprend la description des symptômes, immédiats et retardés de la fulguration, avance l'hypothèse, avec M-A. Courty, de la formation de nanocomposites dans le tissu vivant des patients fulgurés, comme cela a déjà été mis en évidence dans l'air, les végétaux ou les tissus synthétiques.

¹³ Sur ces questions de rythmes et de temporalités, nous renvoyons à la revue *Temporalités*, 2013, et à Vinck, 2000.

Le fonctionnement du GIEAN repose sur un principe tacite d'égalité des disciplines impliquées. Aucune ne peut faire valoir une scientificité supérieure ou une domination morale sur les autres. Cette pétition de principe n'est jamais remise en cause ouvertement dans ce projet comme dans bien d'autres. Toutefois, de tels projets peuvent être exposés au risque d'une hiérarchisation et d'un assujettissement de certaines disciplines par d'autres, ce qui serait un obstacle à la pleine réalisation de la dynamique interdisciplinaire. Deux mécanismes sont à l'œuvre. Le premier est pratique et se loge dans la répartition des budgets ; le second est l'inégale considération scientifique prêtée aux différentes disciplines.

Les budgets et leur répartition sont rarement évoqués comme directement reliés à la dynamique scientifique. La répartition se fait généralement en amont, au moment du montage du projet, en fonction des objectifs et des demandes financières des disciplines. Mais elle participe indirectement au processus de hiérarchisation des disciplines, qui peut passer par l'indexation de leur coût comme révélateur de leur valeur. De ce point de vue, les SHS sont classées dans la catégorie « papier-crayon ». Il est vrai qu'elles ne mobilisent pas d'onéreux instruments d'analyse. Parce qu'elles coûtent peu, elles peuvent être perçues comme ne valant pas grand-chose, dans un monde où l'étalon pécuniaire devient la mesure essentielle de l'utilité des choses. Ce processus peut constituer un obstacle au travail interdisciplinaire, car il semble impliquer que tous les savoirs ne se valent pas. Il institue des disciplines dominantes sous la bannière desquelles les disciplines dominées devraient se placer, privant un projet interdisciplinaire de la possibilité d'agencer autrement les connaissances et les idées pour produire de nouveaux savoirs.

Cette hiérarchisation n'est donc pas seulement budgétaire. Elle se révèle aussi scientifique. Ainsi, les SHS peuvent être ramenées à la relativité de leurs savoirs, à leurs incertitudes, à des données fragmentaires et hétérogènes, formant un socle de définition et d'administration de la preuve bien différent de celui que produit un protocole de laboratoire. Il y a parfois un choc des cultures scientifiques, les SHS cherchant des traces, des signes, des indices, et d'autres disciplines n'y trouvant que des anecdotes qui ne sont pas de la Science. L'historien sait bien que sa discipline est « sublunaire, parce qu'elle ne sera pas un morceau de déterminisme », qu'elle n'est donc pas nomothétique et prévisible comme la révolution des astres, ni entièrement livrée au chaos, mais « un mélange très humain et très peu "scientifique" de causes matérielles, de fins et de hasards ; une tranche de vie, en un mot, que l'historien découpe à son gré et où les faits ont leurs liaisons objectives et leur importance relative » (Veyne, 1971, p. 46 et 51).

Plus que des savoirs ou des protocoles, ce se sont ainsi des « régimes de vérité » (Guerrier, 2020), voire des rapports au monde, qui doivent cohabiter dans un projet interdisciplinaire comme le GIEAN, en se situant parfois à la limite de l'incompréhension. Celle-ci peut se manifester ouvertement. Ainsi, le 28 novembre 2017, à l'issue de la première journée de présentation des travaux des uns et des autres, une discussion de table a pris la forme d'un colloque à trois voix entre le physicien, le médecin et l'historien. Le débat improvisé portait sur la vérité scientifique, relative pour l'historien ou le médecin, c'est-à-dire différente en fonction des situations sociales, sanitaires, économiques ou historiques, mais absolue pour le physicien, pour qui « une expérience réussit ou pas ». Sans doute le contexte de table explique-t-il que ces régimes de vérité différents aient paru alors aussi incompatibles que l'eau et l'huile. Mais ce moment particulier a permis de lever le voile sur le régime de scientificité que chacun attache à sa propre discipline et aux autres, et qui peut être source de blocage. De facto, les chercheurs impliqués dans l'interdisciplinarité n'y arrivent pas comme des pages blanches, avec le même bagage épistémologique, en particulier si l'on prend en compte le regard qu'ils portent sur les autres, ce qui est rarement l'objet d'un tour de table tel que cette discussion de repas l'a entrepris de façon impromptue.

3.3 Représentations et division du travail

Cette hiérarchisation implicite des régimes de vérité et de la valeur des savoirs préside bien souvent à la division sociale du travail collectif. Celle-ci n'est pas seulement dictée par le cadre des appels à projets imposant un découpage d'un objet de recherche en tâches et en lots, restreignant ainsi les possibilités d'une interdisciplinarité transversale. Elle est aussi fonctionnelle et s'attache à distribuer des objectifs à chaque discipline qui ne sont pas toujours conformes à ce que celle-ci fait, mais à ce qu'on attend d'elle, ce qui génère là aussi des incompréhensions, parfois heuristiques, parfois perçues comme humiliantes.

Ainsi, dans le projet GIEAN, l'un des rôles essentiels dévolus à l'histoire est de bâtir le récit commun, ce qui correspond à la représentation commune que l'on se fait de la discipline racontant des histoires savantes, en sous-estimant la dimension analytique, critique et réflexive de la discipline. L'objectif est de rendre intelligible des processus physiques très complexes, difficiles à comprendre pour les non-spécialistes, qu'ils soient de disciplines différentes ou le grand public, en les resituant à hauteur d'homme. L'ouvrage de Gillen d'Arcy Wood (2016), professeur de littérature, a sans doute inspiré cette commande. En effet, l'éruption du volcan Tambora en 1816, pourtant situé dans l'océan Pacifique, n'a pas seulement entraîné un nuage de particules dans l'atmosphère, il a aussi provoqué une « année sans été » en Europe et dans l'océan Indien, déstabilisé les productions agricoles, et même inspiré Mary Shelley qui a puisé dans le climat dérégulé et anxiogène la figure monstrueuse de Frankenstein. Cet exemple montre ainsi qu'on ne peut cantonner les phénomènes atmosphériques à la seule sphère d'analyse de la climatologie, de la physique ou de la chimie, mais que les processus sociaux, économiques et culturels peuvent être altérés et transformés. Un ancrage dans les SHS se justifie donc parce que ces phénomènes sont ancrés dans les réalités sociales. Ce faisant, l'histoire n'est pas chargée de collecter ou analyser des données, mais de les mettre en récit, voire de les « traduire ». Cette demande de traduction globale a été explicite pour constituer une « sphère d'intelligibilité », permettant de donner à voir et à comprendre, à tout un chacun, les processus et les effets de l'électrification naturelle dans l'écosystème.

Toutefois, en porte-à-faux avec ces attentes, les historiens se sont d'abord révélés fortement ancrés dans leur praxis disciplinaire et attachés à leurs « sources », ce qui constitue le socle de la discipline. Cet ancrage disciplinaire a pu constituer un obstacle. En effet, les rencontres de 2017 ont mobilisé les travaux d'historiens des savoirs particulièrement compétents dans le domaine de l'histoire de l'électricité ou de l'atmosphère (notamment Zanetti, 2017 ; Briday, 2014). Mais dans le cadre de ces recherches, ils étudiaient des discours sur l'électricité naturelle, plutôt que celle-ci en tant qu'objet empirique. Ainsi, aussi intéressants soient ces travaux de grande qualité scientifique, ils ne permettaient pas de dialoguer avec les autres disciplines, dont la matière première est matérielle : des objets archéologiques, des prélèvements de sang, d'urine, de cire et de neige. Ce faisant, l'histoire est apparue décalée parce que travaillant dans une dimension idéelle et non matérielle, remettant en cause l'utilité des SHS auprès des autres champs disciplinaires impliqués dans ce projet.¹⁴

3.3 Partager pour dépasser les blocages

Face à de tels obstacles, le GIEAN a utilisé deux leviers. Le premier est lié au portage du projet par la MSH-SUD. La structure, alors en pleine réinvention, qui avait déjà permis la mise en relation des deux co-porteurs du projet, a aussi proposé son carnet d'adresses et des rencontres avec les autres équipes-projets hébergées par la MSH, de façon à découvrir d'autres petites

¹⁴ Pour une vue générale sur les différentes recherches menées au sein du projet GIEAN, nous renvoyons à la bibliographie de fin d'article, de même qu'à la présentation vidéo du projet captée par la plateforme audiovisuelle de la MSH SUD à l'occasion du colloque « Penser les transitions pour agir : colloque bilan et perspectives des équipes-projets de la MSH Sud (acte 1 : 2017-2018) », Montpellier, MSH SUD, 20 décembre 2018, [En ligne], URL : <http://www.mshsud.tv/spip.php?article945>.

fabriques interdisciplinaires et échanger sur nos difficultés communes, les moyens de les résoudre, voire de susciter de nouveaux projets dans l'avenir. Il faut ici souligner les apports de la MSH SUD au projet, de par l'accompagnement fourni, notamment en termes de suivi, d'assistance audiovisuelle, et au-delà d'adaptabilité des services de gestion, rendant possible une utilisation des crédits alloués plus fluide et moins pesante que dans d'autres structures. Ici, le cadre MSH s'est révélé libérateur plutôt qu'une charge supplémentaire pour les porteurs. L'appui fourni par la structure et ses agents, son label encourageant l'interdisciplinarité, et l'absence de contraintes trop normées sous forme de « livrables » programmés, ont permis la libre incubation des idées, mais aussi les tâtonnements et les impasses comme autant de résultats. Enfin, le petit budget de fonctionnement alloué par la MSH-SUD (environ 6000 euros), en grande partie fongible — il a par exemple pu être utilisé pour des datations C14 lors de la crise du Covid —, a été une chance pour deux raisons : il a permis les rencontres et les missions (déplacements, logements, repas), sans devenir un enjeu financier qui aurait pu constituer une pomme de discorde. De plus, chaque porteur du projet décide de la dotation apportée par son laboratoire, constituant au moins 25 % de l'enveloppe globale. Ces sommes permettent aussi de financer les analyses disciplinaires en fonction des besoins du projet, ce dont s'accordent les co-porteurs.

Le deuxième levier est formé de tous les moments où des chercheurs issus de deux disciplines investissent de manière croisée un même « terrain » et un même objet. Cela peut être aussi le lieu de travail de l'un visité par l'autre. La pratique de l'interdisciplinarité est tramée par ces rencontres provoquées, par ces moments de suspension des habitudes disciplinaires ; elle est jalonnée par la trace de tous ces pas de côté faits par des « passeurs » expérimentés et passionnés. *La géologue* est allée à Aurillac travailler aux côtés des deux médecins. On la retrouve encore dans une bergerie de Cerdagne, à 1900 m d'altitude, faire avec l'historien un prélèvement dans une étonnante stratigraphie de fumier pétrifié par les nanocomposites. On les suit encore aux archives départementales des Pyrénées-Orientales pour passer en revue, sous la binoculaire emportée sous le bras, des sceaux médiévaux et de l'époque moderne. Le laboratoire PROMES a plusieurs fois accueilli des chercheurs des différentes disciplines, et l'odeur de son café plusieurs fois réchauffé est devenue celle d'une interdisciplinarité radicale. Ces lieux et ces moments font terrain hybride. Ils sont l'espace de l'enquête, ils permettent une épistémologie construite par l'échange, la formulation d'hypothèses, la prise en compte des méthodes, des limites et des pratiques de chaque discipline. Le moteur en est la relation sociale entre des chercheurs qui discutent, échangent et construisent en commun un objet. Pour reprendre un exemple évoqué précédemment, le sceau de cire sur un document d'archives n'est plus un objet exclusif de l'histoire et il n'est pas non plus seulement celui des sciences physiques, mais il est partagé, ce qui conduit l'historien à prendre en compte la matérialité du document comme témoin des changements environnementaux, et les sciences physiques à penser la durée et les pratiques sociales et politiques des objets. Parce que commun, il renvoie chaque discipline à ses manières de voir et ses façons de faire. *De facto*, l'interdisciplinarité est une pratique, elle est plurielle et à géométrie variable, se redessinant en fonction des disciplines qui investissent en commun un objet, mais aussi dans chaque discipline qui se trouve ainsi transformée par l'exercice interdisciplinaire. Ainsi, l'histoire a opéré un « tournant matériel », après avoir fait le constat de l'impasse partielle que constituait l'approche par le signifié des textes. Les sceaux sont devenus des objets de l'environnement qu'il fallait éclairer, en les insérant dans de nouvelles chronologies. Des séries ont été constituées sur la météorologie ; d'autres sur les météorites et les éruptions volcaniques (Global Volcanism Program, 2013) ont été « bricolées », car elles peuvent participer de la production des nanocomposites.

L'histoire n'est pas la seule discipline à dresser le constat de nouvelles pratiques. L'un des médecins engagés dans le projet¹⁵ a procédé à des enquêtes dans lesquelles les SHS se reconnaissent pleinement, questionnant par exemple les mémoires collectives. Si les résultats de l'interdisciplinarité sont imprévisibles, et pour cela difficilement compatibles avec les injonctions à des découvertes attendues annoncées dès les AAP, leurs effets heuristiques sont plus profonds et plus étendus.

IV LES EFFETS PLURIELS DE L'INTERDISCIPLINARITÉ

In fine, les effets de l'interdisciplinarité ont été pluriels, aussi complexes et riches que le projet GIEAN lui-même. Ils se sont fait sentir sur le projet comme sur ses acteurs, dans leurs disciplines propres, et ont touché jusqu'à la structure qui soutenait le projet.

Ces effets se lisent d'abord dans des résultats bruts, qui ne relèvent d'aucune discipline en particulier, mais de la mise en interdisciplinarité d'un questionnement, entendu comme un processus au long cours révélant la genèse d'un champ scientifique novateur. Les processus physiques de formation des nanocomposites, leurs formes et leurs composants sont en effet mieux connus, ainsi que leur présence aujourd'hui comme dans le passé. Les nanocomposites apparaissent dès lors comme une dimension du monde, discrète, mais structurante, qui s'inscrit non à l'intérieur d'une discipline particulière, mais dans toutes les disciplines impliquées, chacune empruntant aux autres des résultats, des bribes de démarche pour y enchâsser ses propres moyens d'étude. Si l'objet est central, son analyse procède moins par une succession d'études sectorielles que par une démarche spiralaire, où les connaissances, les méthodes et l'appropriation même de l'objet changent de main.

4.1 Interdisciplinarité... et disciplinarité

Mais ces effets se lisent aussi à travers un point souvent aveugle des réflexions sur l'interdisciplinarité : la disciplinarité elle-même (Mary et Verlaet, 2021 ; Morizot et *al.*, 2023). Jusqu'alors, l'électricité naturelle, en tant que telle, n'avait guère été réellement objectivée dans les disciplines mobilisées dans le cadre du GIEAN, à l'exception évidemment des sciences naturelles. On n'en connaissait pour l'essentiel que les effets : rencontrer l'électricité naturelle en médecine, c'était rencontrer un *fulguré* ou autopsier un *foudroyé* ; en histoire, c'était rencontrer la *foudre*, racontée au détour d'un document d'archives. Si en médecine, l'étude des effets des décharges d'électricité atmosphérique sur l'homme a donné lieu à une spécialité biomédicale, la kéraunopathologie¹⁶, cette dernière échouait jusqu'alors à en comprendre toute l'étendue du fait que les bases de physique nécessaires pour comprendre les processus de production de nanocomposites par l'électricité atmosphérique demeuraient largement inaccessibles. Quant à l'histoire, la foudre n'y apparaissait en général qu'au détour de tel ou tel récit, et toujours de manière marginale. Et que dire alors de la matière qu'elle produit ? Des nanoparticules pérennes dont on retrouve pourtant la trace dans les chantiers archéologiques et autres archives historiques, mais dont l'étude aux échelles microscopiques s'était jusque-là heurtée aux pratiques des archéologues et historiens, car elle impliquait une altération (minime) de leurs matériaux, parfois fétichisés, et qu'il semblait difficile du point de vue de ces deux disciplines de confier à d'autres mains que les leurs. En témoigne le mouvement de recul de

15 Rémi Foussat.

16 La kéraunopathologie, ou kérauno-médecine, vise à prendre en charge des patients fulgurés aux symptômes immédiats (brûlures) ou différés. Elle naît dans les années 1980 sous l'impulsion du docteur Virenque, l'un des fondateurs du SAMU, pour prendre le relais de la médecine d'urgence. Récemment, elle a permis la fondation de l'IMEK (l'Institut de Médecine Environnementale Kéraunique) basé au CHU de Toulouse et partenaire du GIEAN.

l'archiviste de Perpignan, quand *la géologue* a passé à la binoculaire les sceaux pour les lire comme un matériau physique, et non seulement comme image du pouvoir.

Si elle marque un retour à la science d'observation, la science du GIEAN, ainsi comprise, apparaît aujourd'hui comme une science d'explorateurs. S'intéresser à l'électricité atmosphérique en histoire, en considérant non seulement ses traces dans les archives, mais en cherchant à la tracer matériellement à travers les temps historiques, est une exploration en soi et implique une prise de risque qui rapporte peu devant le CNU¹⁷. Quant à la médecine, avec la kéraunopathologie, nous sommes loin des spécialités reines dictant le tempo du bal académique. Pour autant, le tournant environnemental pris par les représentants de ces deux disciplines au sein de GIEAN est loin d'être marginal : il intègre en effet un mouvement d'ampleur — au cœur d'un savant mélange entre injonctions politiques, espaces de débats sociaux et intérêts scientifiques —, innervant aujourd'hui la recherche, jusqu'à inviter à « transformer la définition même [des] discipline[s] et, par-là, leur articulation avec les sciences de la nature » (Blanc *et al.*, 2017). C'est le mouvement des « humanités environnementales » ou « écologiques » qui traverse aujourd'hui les SHS¹⁸. Un mouvement que Fabien Locher et Grégory Quenet (2009) invitent à considérer, s'agissant de l'histoire, comme une nouvelle « voie de recherche [qui], loin de constituer un sous-champ spécifique et plus ou moins autonome, prend place au cœur de la discipline », en invitant les historiens à revisiter leurs champs, objets et méthodologies, et en élargissant leur approche essentiellement sociocentrée en considérant d'autres acteurs « non humains » de l'histoire : animaux, plantes, eaux, microbes... et jusqu'aux nanoparticules dans le cas du projet GIEAN.

Le GIEAN a ainsi permis de révéler à ceux qui en doutaient encore que l'interdisciplinarité est aussi la marque de disciplines qui fonctionnent : « l'interdisciplinarité », écrit Bruno Bachimont (2020), c'est aussi « une discipline qui réussit », en « se dépass[ant] sans cesse pour penser des objets nouveaux et forger des concepts inédits ». Précisément, au sein du GIEAN, toutes les disciplines ont été impactées par l'exercice interdisciplinaire. Opérant ce virage matériel décrit plus haut, qui l'a vu prendre en compte, aux côtés du papier, de nouvelles formes d'archives du passé — les nanocomposites, marqueurs de la foudre —, l'historien s'est forgé de nouveaux objets et, au-delà, a élargi sa conception du temps et de l'interface nature-société. Le médecin, lui, a été conduit à mieux intégrer les apports conjugués de la physique et des sciences sociales, ces derniers interrogeant en retour les fondements du cadre d'analyse clinique du système immunitaire et des « dysfonctionnements » causés par des éléments exogènes constitués par les nanoparticules produites par l'électricité atmosphérique. Considérés comme des perturbateurs conduisant, de manière inexpliquée, un système biologique à dérailler¹⁹, ces nanocomposites invitent à reconsidérer la fulguration comme un accident à la fois « électrique » et « toxique », entraînant l'évolution de « l'accident de foudroiement » (objet de la kéraunopathologie en direct) vers la « maladie chronique » (objet de la kéraunopathologie en différé) (Virenque, 2018 ; Caumont, 1998 ; Jean, 1996), conduisant par là même à se tourner vers une approche tout autant médicale que socio-environnementale du problème. Le physicien, quant à lui, confronté aux effets biologiques et sociaux de l'électricité naturelle, a étendu son questionnement à de

17 Composé de 11 groupes, eux-mêmes subdivisés en 52 sections correspondant chacune à une discipline, le Conseil National des Universités est une instance nationale qui se prononce sur la qualification, le recrutement et la carrière des professeurs des universités et des maîtres de conférences.

18 Comme en témoignait encore récemment l'organisation, à l'initiative de l'UMR SENS, de la Société d'Ecologie Humaine et de la MSH SUD, du colloque international « Humanités environnementales : Sciences, arts et citoyennetés face aux changements globaux », Montpellier, 5-7 octobre 2021.

19 Sur les limites de l'approche de ces « dysfonctionnements » par la théorie immunologique classique attribuant une « fonction » au système immunitaire – fonction qu'un élément perturbateur viendrait enrayer –, voir Pradeu, 2010.

nouvelles échelles : celle du temps et de l'espace des sociétés et des êtres vivants qui les composent et celle, épistémologique, des disciplines qui en ont fait leur champ d'études.

4.2 De père à pair

De ce point de vue, le projet GIEAN est un observatoire intéressant, à la fois, de la mise en interdisciplinarité d'un questionnement et de la fabrique d'un consortium interdisciplinaire. Ou comment une « chose » — au sens d'un *réel* rencontré dans le monde qui nous entoure, ici les phénomènes d'électrification naturelle — fait à un moment donné (le contexte a souvent son importance) société.

Dans le cas du GIEAN, la manière dont cette « chose » interpelle les disciplines impliquées éclaire du reste sur la place des disciplines dans la construction du projet. Ainsi l'étude des processus d'électricité atmosphérique constitue un domaine à part entière de la physique. En médecine, qui ne considère pas l'électricité naturelle en tant que telle, mais à l'aune de ses effets sur la biologie et le psychisme humains, le foudroiement a donné lieu à l'émergence d'une spécialité²⁰, dont l'épistémologie et l'ancrage institutionnel, cependant, restent pour l'essentiel à construire. Quant à l'histoire, l'électricité naturelle y est beaucoup plus marginale encore, et essentiellement observée de manière indirecte, par l'intermédiaire de ses interactions avec les sociétés humaines et sur la base de textes, y compris même, nous l'avons vu, dans les travaux ayant pris le tournant de l'histoire environnementale (Briday, *op. cit.*). Ainsi la hiérarchisation des disciplines dont il est question plus haut dans cet article correspond-elle également à une hiérarchie des savoirs, ou plus exactement des degrés et modes d'objectivation de la « chose » étudiée. En matière d'électricité atmosphérique, il y a les disciplines qui « savent » et celles qui « ne savent pas ». Et celles qui savent comprennent aussi ce qui leur manque pour en savoir plus. C'est ce qui explique qu'au sein du GIEAN, les disciplines motrices pour opérer les premières conjonctions ont été pour l'essentiel les géosciences, la physique et la médecine : les géosciences et la physique avaient besoin de l'histoire pour pister dans les âges préindustriels les marqueurs de l'électricité naturelle, et la médecine avait besoin des géosciences et de la physique pour mieux comprendre la composition et les mécanismes de production des nanocomposites produits par cette électricité.

Dans le jeu interdisciplinaire en début de projet, qui s'est essentiellement joué sur la question des besoins d'interdisciplinarité définis par l'une ou l'autre des disciplines impliquées dans le GIEAN, l'histoire s'est ainsi retrouvée, structurellement, au cœur d'une double dynamique, 1/d'*instrumentalisation* — par la physique, intéressé par l'histoire comme méthode globale d'enquête sur le passé — et 2/de *marginalisation* — par la médecine, ancrée dans le présent et *a priori* peu intéressée par la perspective historique. Ce positionnement de l'histoire n'a du reste pas manqué d'interpeller le conseil scientifique de la MSH SUD au moment de l'étude du dossier de candidature de l'équipe GIEAN, suite à l'AAP de la MSH paru en 2016. Les débats ont été vifs, allant jusqu'à soupçonner une tentative d'instrumentalisation de la MSH elle-même, au profit d'une logique entrepreneuriale et d'acceptabilité sociale d'une nouvelle forme d'ingénierie climatique²¹... contre laquelle le projet entendait précisément s'inscrire !

Cette prévention a été levée, un an après, au moment où les porteurs du GIEAN ont présenté leurs premiers résultats en vue d'obtenir la reconduction du soutien MSH, faisant alors la preuve du travail d'hybridation entrepris et de l'importance des enjeux que le périmètre interdisciplinaire de l'équipe permettait de couvrir. Les membres du GIEAN, en lien avec l'équipe de la MSH SUD, ont en effet pris un soin particulier à éviter certains écueils possibles

20 C'est le congrès « Foudre et Montagne », organisé à Chamonix en 1995, qui aurait marqué le début officiel de la Kéraunopathologie (Virenque *et al.*, 2012).

21 Pour une vision critique des technosciences, nous renvoyons à Bensaude-Vincent, 2009.

de ce type d'« interdisciplinarité élargie » (Jollivet et Legay, 2005) ou « radicale ». Pour les SHS, outre la convocation dans la posture de garantes de l'acceptabilité sociale de telle ou telle innovation ou de l'éthique d'un projet, c'est aussi le risque de voir réduire leur apport au simple rôle d'auxiliaire méthodologique ou de discipline-outil du processus participatif, en cela qu'elles apparaissent généralement comme les mieux placées, de par leurs capacités critiques et réflexives et leur questionnement épistémologique permanent, pour prendre en charge et organiser les processus de co-construction d'un questionnement interdisciplinaire.

Pour autant, aux côtés de *la géologue*, *l'historien* a pour partie tenu ce rôle dans le projet GIEAN, en particulier, nous l'avons vu, par la capacité du discours historique, voire micro historique, à ramener à hauteur d'homme les processus complexes étudiés. Facilitant les processus de « traduction » croisée des connaissances d'une discipline vers une autre, pour les rendre saisissables par toutes et tous, ce travail a permis de jeter les bases de cette intelligibilité partagée qui marque généralement la réussite des projets interdisciplinaires²².

Cependant, non seulement *l'historien* n'a pas eu le monopole de cette ingénierie interdisciplinaire — les physiciens n'ayant par exemple pas hésité à apporter leurs machines à produire des éclaircs lors des réunions d'équipe, pour mieux traduire ce qu'ils faisaient et comment ils le faisaient —, mais son rôle ne s'est pas limité à cet aspect, ayant été d'emblée reconnu comme un vrai partenaire de recherche. Car l'histoire est d'autant plus essentielle, aujourd'hui, aux sciences de l'environnement et de la matière, que le « capitalocène » (Campagne, 2017 ; Malm, 2017) bouleverse à nouveaux frais la traditionnelle séparation entre nature et société, invitant à prendre en compte l'histoire des sociétés humaines dans celle de la terre et du vivant, et réciproquement. Ainsi, dans le cadre du GIEAN, si les physiciens ont besoin de l'historien et de l'archéologue, c'est qu'il leur est impossible, avec leurs seuls outils, de mesurer si les risques liés à l'électricité atmosphérique ont oui ou non augmenté avec le temps. L'historien peut alors non seulement accompagner les physiciens dans l'identification d'indicateurs historiques en série chronologique continue (comme les sceaux de cire mentionnés plus haut), permettant de retracer une évolution sur le temps plus ou moins long, mais plus encore, compléter l'approche en laboratoire par une approche de terrain visant à reconstituer la mémoire socio-environnementale d'aléas climatiques. L'on sait en effet depuis plusieurs années les limites des stratégies d'appréhension du risque fondées sur la seule ingénierie, produisant une fausse impression de sécurité derrière de nouveaux remparts techniques et technologiques (Garnier, 2019). Contre l'« amnésie environnementale » (Kahn, 1999), source de vulnérabilité, ce type d'interdisciplinarité à l'interface entre les disciplines historiques et les sciences de la terre, de la vie et de l'environnement, conduit *in fine* à envisager la mémoire des risques comme porteuse d'une mémoire environnementale de longue durée dont, aujourd'hui, les ruptures dans la transmission contribuent à accroître les menaces pesant sur nos socioécosystèmes.

Ainsi compris, le projet GIEAN a permis de révéler que l'instrumentalisation, si elle est énoncée et accueillie comme telle dans le consortium, n'est pas nécessairement synonyme de servitude. Ainsi, si la médecine et l'histoire, malgré des positionnements différents au sein du projet, se sont toutes deux retrouvées subordonnées aux savoirs de la géologie et de la physique, elles ne

22 À titre d'exemple, l'on peut retenir un moment particulier dans l'accompagnement de ce projet intersectoriel complexe : la co-organisation, par le GIEAN et la MSH SUD, d'un atelier de partage des savoirs – proposé et validé comme module de formation doctorale d'initiation à l'interdisciplinarité (<https://www.college-doctoral.fr/agenda/15-l-interdisciplinarite-par-l-exemple>) – dans lequel des chercheurs, enseignants-chercheurs et étudiants extérieurs au projet étaient invités à suivre les présentations et premières discussions des membres de l'équipe GIEAN, autrement dit la mise en interdisciplinarité de leurs questionnements. Ces publics extérieurs étaient ensuite invités à réagir en proposant aux membres de l'équipe d'initier un questionnement réflexif sur l'interdisciplinarité en train de se construire, ses points forts et ses écueils.

s'y sont pas pour autant soumises. La discipline historique s'est effectivement mise au service d'un questionnement initialement porté par les sciences naturelles²³, et la médecine s'est trouvée en situation de dépendance vis-à-vis des savoirs de ces mêmes sciences, toutefois, l'attention des membres du projet à entretenir un questionnement réflexif permanent — encouragé et accompagné par la MSH SUD — sur un cadre équitable de gouvernance et d'administration des savoirs a finalement permis d'expérimenter une nouvelle forme de relation de pair à pair.

Ce faisant, c'est le niveau d'exigence scientifique qui s'est retrouvé renforcé par cette interdisciplinarité. En effet, en mettant à l'épreuve les méthodologies et appareils conceptuels propres à chaque discipline par l'examen critique d'autres disciplines, le projet GIEAN révèle que l'exercice interdisciplinaire invite les disciplines engagées à plus de rigueur dans leurs modes d'objectivation et leurs méthodologies, conduisant *in fine* à un gain de scientificité. Réciproquement, les disciplines ont renforcé la capacité collective du GIEAN à co-produire des savoirs interdisciplinaires solides, ancrés dans leurs fondements épistémologiques et mieux étayés du point de vue de l'administration de la preuve.

4.3 Les services d'accompagnement au défi de l'interdisciplinarité

À l'instar des effets produits par le tournant numérique, les dynamiques collaboratives de co-production de savoirs et de co-construction de méthodologies de recherche interdisciplinaires ou participatives transforment les métiers de la recherche tout autant que les fonctions d'appui à la recherche. Ainsi le soutien accordé au projet GIEAN par la MSH SUD a-t-il permis en retour de nourrir sensiblement l'architecture de cette dernière.

En pratique, le GIEAN a permis à la MSH d'expérimenter la pertinence et l'intérêt du dispositif global d'accompagnement pensé lors de la configuration du projet de la MSH, conçue comme un espace :

- d'exploration, autorisant le pas de côté nécessaire à l'amorçage d'une recherche exploratoire, comme telle difficilement soutenable ailleurs ;
- d'intermédiation, mettant en relation des chercheurs ne se connaissant pas nécessairement et accompagnant la socialisation croisée de leurs questionnements et savoirs, par l'adoption d'une posture de tiers de confiance ;
- de co-construction, travaillant à réunir les conditions de possibilité de cadres garantissant la coproduction de consortia équitables, de problématiques partagées et de méthodologies hybridées ;
- d'incubation, via un financement et un accompagnement adaptés, visant à faire baisser le coût d'entrée des chercheurs dans cette recherche interdisciplinaire et sur projet — au cœur de ce mode 2 de la recherche qui innerve le monde de l'ESR depuis la fin du siècle dernier (Conesa et Lacour, 2013 ; Gibbons *et al.*, 1994) — et à permettre la co-élaboration de projets solides, susceptibles de candidater à des AAP plus conséquents. *In fine*, le projet GIEAN, sur lequel aucun bailleur n'aurait initialement parié, car trop exploratoire, trop risqué ou trop marginal, est devenu l'un des projets phares de la MSH

23 Au commencement du projet, la relation des sciences naturelles aux sciences historiques est en effet envisagée, au moins pour partie, dans une logique de « sous-traitance », « soit la recherche d'une relation unilatérale basée sur la délégation à un partenaire d'un travail aux buts déjà définis » (Prud'homme et Gingras, 2015, p. 43).

SUD²⁴ et, grâce au soutien d'amorçage ainsi obtenu, a été en mesure de développer des projets de plus grande ampleur dans une logique d'incubation²⁵.

Ainsi compris, si l'interdisciplinarité pratiquée au sein du GIEAN a donné lieu à de nouvelles pratiques de recherche, elle s'est également traduite, au sein de la MSH SUD, par l'exploration de nouvelles fonctions d'accompagnement de la recherche, nécessitant, tout à la fois, des compétences de recherche et d'ingénierie de la recherche²⁶. L'accompagnement de ce type de projet implique en effet, d'abord, une bonne connaissance, essentiellement empirique, de l'habitus académique et du monde de la recherche, de ses modes de pilotage et d'organisation²⁷, jusqu'aux questions d'ordre plus épistémologique ordonnant le périmètre, les domaines d'objet et les corpus méthodologiques de chaque discipline. Il nécessite également une certaine familiarité avec les outils et méthodes d'animation, de participation et de concertation (afin de pouvoir accompagner les membres du projet dans la construction d'un cadre méthodologique à même de leur permettre d'avancer), ainsi qu'une ouverture et des capacités d'adaptation (afin notamment de faire face au caractère évolutif des projets). Cet accompagnement impose enfin d'être légitimé auprès des porteurs de projets, ceci afin qu'ils puissent accepter, le cas échéant et pour le « bien » du projet, de se voir proposer certains compléments ou approfondissements, voire de nouvelles orientations, qu'il leur revient évidemment, *in fine*, de suivre ou de ne pas suivre.

Les projets complexes tels que le GIEAN contribuent donc à nourrir une réflexion plus globale sur les nouvelles formes de contrat social à construire entre recherche et services d'appui à la recherche. Car l'accompagnement de ce type de projets touche l'ensemble des secteurs d'activité d'une structure de recherche et/ou d'appui à la recherche :

- depuis évidemment la recherche proprement dite jusqu'à sa « valorisation », dont ce type de projet invite à élargir le spectre en considérant comme relevant de son domaine les formes de valorisation croisée d'une catégorie de savoir (disciplinaire ou d'action) vers une autre ;
- en passant par l'ingénierie du montage de projets, dont les projets tels que GIEAN conduisent à réenvisager la temporalité²⁸ et le cadre de structuration, qu'il apparaît nécessaire d'accompagner le plus en amont possible du dépôt de projet ;

24 Notons cependant que le projet GIEAN et l'accompagnement par la MSH ont également montré certaines limites, dont l'une des principales a été de ne pas parvenir à faire réellement entrer les archéologues dans le projet.

25 Le GIEAN a notamment donné lieu au projet LINA, pour « Lire la Nature – oser l'Apiculture », dirigé par Marie-Agnès Courty et soutenu par la région Occitanie. Le projet associe des acteurs de la production apicole et des communautés de recherche en sciences expérimentales et SHS (ethnologie, histoire, archéologie), afin de mieux comprendre, sur le temps long, les mécanismes d'adaptation que les abeilles mellifères mettent en œuvre pour faire face à la production dans l'atmosphère de nanocomposites résistants. Voir le site consacré au projet : <https://lina.promes.cnrs.fr/>.

26 Pour de plus amples développements sur les questions abordées en cette fin d'article, nous renvoyons à Mary, 2021.

27 En passant par une bonne connaissance du site académique lui-même, afin de faciliter le travail d'identification et de mise en relation avec d'autres chercheurs.

28 Face à un projet aussi complexe que le GIEAN, avec des savoirs difficilement partageables et des enjeux aussi forts, la MSH SUD, en accord avec son conseil scientifique, a été conduite à prolonger le soutien accordé au projet au-delà des deux ans initialement prévus, ce afin de lui donner le temps de co-construire un questionnement réellement partagé comme préalable à l'hybridation des savoirs mobilisés.

- les services administratifs et financiers, ce type de projet appelant souvent des modes de gestion administrative, financière et logistique spécifiques, agiles et flexibles ;
- les dispositifs d'animation scientifique, considérant la nécessité de penser des formes nouvelles d'animation, visant de manière globale à favoriser l'interconnaissance entre chercheurs ne partageant pas nécessairement les mêmes cadres épistémologiques, et à organiser ainsi, chemin faisant, un espace de socialisation croisée des modes d'objectivation et protocoles méthodologiques propres à chaque discipline²⁹ ;
- les services de diffusion et communication, ce type de projet appelant à des dispositifs de diffusion adaptés et souvent originaux ;
- et jusqu'aux services d'ingénierie de la donnée³⁰ et autres pôles éditoriaux, la prise en considération des questions touchant aux protocoles de gestion des données, à la publication, et plus largement à la co-auctorialité étant essentielle à la bonne marche de ce type de projets.

V CONCLUSION ET RÉFÉRENCES

Jeudi 19 mai 2022, midi : les deux co-auteurs de cet article retrouvent leur collègue géologue au restaurant universitaire de l'Université Perpignan-Via Domitia, pour discuter de l'article envoyé à cette dernière peu avant et lever les incompréhensions que sa lecture avait entraînées. De prime abord, les deux co-auteurs ne comprennent pas le *problème* que leur collègue rencontre avec ce papier. Mais tout s'éclaire après quelques minutes d'échange. Deux expériences de la division du travail scientifique sont à table : là où *la géologue*, dès ses premières armes, a été formée, dans « un régime non disciplinaire de production des savoirs » (Locher, 2006), à ignorer les barrières disciplinaires, les deux co-auteurs de cet article ont appris à prendre la segmentation disciplinaire au sérieux, et donc à identifier l'interdisciplinarité comme un enjeu. Quand pour ces derniers, la discipline et l'interdisciplinarité sont une condition d'accès au savoir..., leur collègue géologue dit faire tout simplement de la *science*. Une science pas plus disciplinaire qu'interdisciplinaire ; non, une science de *spécialiste*, reposant sur une segmentation essentiellement objectale du savoir, selon une démarche scientifique construite dans un rapport étroit à la chose étudiée, dans la « nature » et dans le « réel » (Blanckaert, 2006)³¹. C'est en cela, d'abord, que la lecture de cet article s'est avérée déroutante pour *la géologue*, qui ne se retrouvait ainsi guère dans ce récit du GIEAN sous le jour d'une expérience « interdisciplinaire radicale ».

Les deux co-auteurs de cet article — il faut le dire, plus jeunes — ont quant à eux été formés à l'ère du « système disciplinaire » (*ibid.*), celui de la technostructure académique moderne, où le recrutement, la publication, l'enseignement, l'évaluation, bref tout ce qui constitue aujourd'hui la pratique (et la carrière) d'un enseignant-chercheur, se lit à l'aune de la *qualification* disciplinaire. Un monde dans lequel « la distribution des sciences n'y dépend pas de liens

29 Tel est par exemple l'objectif de l'incubateur d'interdisciplinarité ICI-ELA, en cours de construction à la MSH SUD sur la base des enseignements tirés de l'accompagnement des projets interdisciplinaires soutenus par la MSH depuis 2017, entendant proposer un double travail d'*animation* – afin notamment de mieux expliciter, auprès des SVE souvent démunies face aux paramètres sociaux étrangers à leurs constructions épistémologiques, les méthodologies et modes d'objectivation propres aux SHS, et réciproquement – et d'*exploration* – proposant notamment de questionner les projets de recherche en SVE par les outils des SHS, afin d'y dénicher de potentielles questions SHS susceptibles d'enrichir lesdits projets et de nourrir de nouveaux projets interdisciplinaires.

30 Nous renvoyons sur ce point aux travaux d'Agnès Robin (2022), issus notamment du programme *CommonData* soutenu par la MSH SUD (<https://www.mshsud.org/recherche/plateformes/commondata>).

31 Pour Claude Blanckaert, « la notion de “spécialité” suggère communément une sectorisation de la compétence appropriée à un “objet” plus qu'à des problématiques construites ».

spécifiques au monde naturel, mais de l'évolution interne au système qui les associe » (Stichweh, 1991, cité in *ibid.*). Un monde dans lequel le poids de la structure disciplinaire se lit jusque dans les vocables choisis pour qualifier les approches — dites inter- ou trans-disciplinaires — censées en dépasser les limites.

En inculquant aux chercheurs une pratique ordinaire globale, collective et réglée, les disciplines ont *discipliné* la science et le scientifique, jusque dans sa manière d'aborder les connexions entre différents domaines du savoir nécessaires à l'étude d'un objet complexe : là est l'essence de la critique adressée par *la géologue* au retour réflexif proposé par ses deux collègues sur l'expérience interdisciplinaire du GIEAN, celle de donner trop de poids, et au-delà trop de crédit, à la disciplinarisation du champ scientifique. Celle aussi peut-être de faire son jeu, en promouvant *in fine* une interdisciplinarité qui, invitant les disciplines à se frotter — et se comparer — les unes aux autres, pourrait renforcer voire radicaliser les logiques de différenciation et donc les silos disciplinaires.

Pour autant, notre collègue est et se dit géologue, mais une géologue au parcours tout à la fois *exceptionnel* — du point de vue de la norme disciplinaire contemporaine — et fondamentalement *normal* — du point de la règle générale éclairant une démarche scientifique bien construite, nécessairement rigoureuse et curieuse à la fois. Et c'est sur ce terrain épistémique que l'échange interdisciplinaire peu formel de ce début d'après-midi de mai s'est terminé, sous le sourire de l'historien italien Edoardo Grendi et de sa notion d'« exceptionnel normal » (Grendi, 2009)³², convoquée dans la discussion par *l'historien*, initialement pour qualifier le mode d'écriture de notre article, proposant de mettre en récit des moments de vie du projet GIEAN — que certains pourraient qualifier d'anecdotiques — pour mieux révéler certains éléments peu visibles d'une réalité sociale, en l'occurrence ici celle de la construction d'un projet de recherche. Une notion immédiatement saisie par *la géologue*, au cours de la discussion, pour qualifier *in fine* l'ensemble de son parcours de recherche : pister les « pulsations de la nature », en ce qu'elles révèlent l'ordre et les règles qu'elles paraissent subvertir. En ce qu'elles témoignent également d'une réalité non immédiatement accessible par la règle ou, à l'inverse, si normale qu'elle peut être parfois tue par cette dernière. Ou comment comprendre un objet par sa marge plutôt que par son centre..., comme un nouveau pont entre les trois personnes attablées, révélant *a posteriori* une nouvelle dimension, ontologique, de leur relation et de la solidarité non dite les ayant *in fine* liés durant le projet.

Références

- Bachimont B. (2020). L'interdisciplinarité comme pratique disciplinaire. *Intelligibilité du numérique*, 1. https://doi.org/10.34745/numerev_1685
- Bensaude-Vincent B. (2009). *Les vertiges de la technoscience, Façonner le monde atome par atome*. Paris : La Découverte, coll. « Sciences et société ».
- Blanc G., Demeulenaere E., Feuerhahn W. (éd.) (2017). *Humanités environnementales : Enquêtes et contre-enquêtes*. Paris : Éd. de la Sorbonne. <https://books.openedition.org/psorbonne/84305?lang=fr>
- Blanckaert C. (2006). La discipline en perspective. Le système des sciences à l'heure du spécialisme (XIXe-XXe siècle). In J. Boutier, J.-C. Passeron et J. Revel (éd.), *Qu'est-ce qu'une discipline ?* Paris : Éd. de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://books.openedition.org/editionsehess/20111>
- Briday R. (2014). *Une histoire de la chimie atmosphérique globale. Enjeux disciplinaires et d'expertise de la couche d'ozone et du changement climatique*. Doctorat en Sciences sociales, spécialité « Histoire des sciences et des techniques », Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales/Centre Alexandre Koyré.
- Callon M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction. *L'année sociologique*, n° 36, pp. 169-208.

32 La notion forgée par E. Grendi signifie qu'une trace – Grendi parlait plus précisément des documents d'archive – exceptionnelle, au sens de rare d'un point de vue statistique, peut cependant éclairer sur un phénomène normal.

- Camargo P. H. C., Satyanarayana K. G., Wypych F. (2009). Nanocomposites : Synthesis, Structure, Properties and New Application Opportunities. *Materials Research*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-39.
- Campagne A. (2017). *Le Capitalocène. Aux racines historiques du dérèglement climatique*. Paris : Divergences.
- Caumont L. (1998). *Les accidents de la fulguration*. Thèse de médecine, Clermont-Ferrand.
- Conesa M., Lacour P.-Y. (2013). Discours et pratiques de l'interdisciplinarité. État des lieux dans les SHS en France. In M. Conesa, P.-Y. Lacour, F. Rousseau et J.-F. Thomas (éd.), *Faut-il brûler les Humanités ?* Paris : Michel Houdiard, pp. 92-120.
- Courty M.-A. (2022). Fire microfacies and pyroresidues tracing atmospheric electrification impacts on the Moche valley and on the Mochica (North Peru). *The Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 74 (3), Special Volume of *Mexican Geological Bulletin* "Paleosols and ancient societies: from early humans to the industrial revolution". http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/7403/A060622_Courty.pdf
- Courty M.-A. (2018). Environmental and Societal Memories of Soils. In J. Berthelin, C. Valentin and J.-C. Munch (éd.), *Soils as a Key Component of the Critical Zone 1: Functions and Services*, Vol. 1, Ch. 11, Wiley ISTE Ltd.
- Courty M.-A. (2017). Fuel origin and firing product preservation in archaeological occupation contexts. *Quaternary International*, 431, pp. 116-130.
- D'Arcy Wood G. (2016). *L'année sans été. Tambora, 1816. Le volcan qui a changé le cours de l'histoire*. Paris : La Découverte.
- El Achaby M. (2012). *Nanocomposites graphène-polymère thermoplastique : Fabrication et étude des propriétés structurales, thermiques, rhéologiques et mécaniques*. Université Mohammed V-Agdal, Faculté des Sciences de Rabat.
- Foussat R., Courty M.-A., Andre P., Martinez J.-M., Kuentz M., Caumon L. (2019). Les troubles neurologiques à court et long termes chez les fulgurés. Mise en évidence de nanocomposites intracorporels bio-récalcitrants avec leurs précurseurs et leurs mécanismes de synthèse dans une fulguration collective. In *CAE XIV : 14ème Colloque sur les Arcs électriques*, Bourges, France. (hal-03329942)
- Foussat R., Caumont L., Courty M.-A. (2017). Les atteintes neurologiques chez les fulgurés. In *2e symposium sur la foudre et les phénomènes orageux*, Aurillac, France.
- Garnier E. (2019). Lessons learned from the past for a better resilience to contemporary risks. *Disaster Prevention and Management*. Emerald, 28 (6).
- Gibbons M., Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: SAGE.
- Ginzburg C., Mangeot Ph. (2002). Entretien avec Carlo Ginzburg par Philippe Mangeot. *Vacarme*, n° 18, pp. 4-12.
- Ginzburg C. (M. Aymard, trad.) (1989). Traces. Racines d'un paradigme indiciaire. In *Mythes, emblèmes, traces : morphologie et histoire*. Paris : Flammarion.
- Global Volcanism Program (2013). [Database] Volcanoes of the World (v. 5.0.1; 19 Dec 2022). Distributed by Smithsonian Institution, compiled by Venzke, E. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW5-2022.5.0>
- Grendi E. (2009). Micro-analyse et histoire sociale. *Écrire l'histoire*, n° 3, pp. 67-80.
- Guerrier O. (2020). Qu'est-ce qu'un « régime de vérité » ? *Les Cahiers de Framespa*, 35. <https://journals.openedition.org/framespa/10067>
- Hamdan A., Kabbara H., Courty M.-A., Cha M.S., Martinez J.-M., Belmonte T. (2017). Synthesis of Carbon – Metal Multi-Strand Nanocomposites by Discharges in Heptane Between Two Metallic Electrodes. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 37 (4), pp. 1069-1090.
- Jarrige F., Le Roux Th. (2017). *La contamination du monde, une histoire des pollutions à l'âge industriel*. Paris : Seuil.
- Jean F. (1996). *Les accidents de la foudre, connaissances actuelles. À propos de 104 personnes foudroyées*. Thèse de médecine, Toulouse.
- Jollivet M., Legay J.-M. (2005). Canevas pour une réflexion sur une interdisciplinarité entre sciences de la nature et sciences sociales. *Natures Sciences Sociétés*, 13 (2), pp. 184-188.
- Kahn P. H. (1999). *The Human Relationship with Nature: Development and Culture*. Cambridge : MIT Press.
- Locher F., Quenet G. (2009). L'histoire environnementale : origines, enjeux et perspectives d'un nouveau chantier. *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, 4 (n° 56-4), pp. 7-38. <https://www.cairn.info/revue-d-histoire-moderne-et-contemporaine-2009-4-page-7.htm>

- Locher F. (2006). Configurations disciplinaires et sciences de l'Observatoire. Le cas des approches scientifiques de l'atmosphère (XIXe-XXe siècle). In J. Boutier, J.-C. Passeron et J. Revel (éd.), *Qu'est-ce qu'une discipline ?* Paris : Éd. de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://books.openedition.org/editionsehess/20141>
- Malm A. (2017). *L'anthropocène contre l'histoire : le réchauffement climatique à l'ère du capital*. Paris : La Fabrique.
- Mary J. (2021). Entre recherche aux interfaces et ingénierie de la co-construction : les MSH au défi du participatif. In F. Thibault (éd.), *Mutations des sciences humaines et sociales, Les Maisons des sciences de l'Homme et leur réseau*. Paris : Alliance nationale des sciences humaines et sociales (Athéna), pp. 63-75.
- Mary J., Verlaet L. (2021). Préceptes et engagements ayant trait aux recherches interdisciplinaires. *Natures Sciences Sociétés*, vol. 29, n° 1, pp. 87-94.
- Morizot O., Bescaules M., Chrétien M., Tonussi-Reboh J., Tonussi G. et al. (2023). Le dialogue interdisciplinaire clarifie l'enseignement disciplinaire. *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science*, vol. 11 – Penser l'interdisciplinarité en pratiques. <https://jimis.episciences.org/11453>
- Pradeu Th. (2010). Peut-on attribuer une fonction au système immunitaire ? In Jean Gayon (éd.), *Les fonctions : des organismes aux artefacts*. Paris : Presses universitaires de France, coll. « Science, histoire et société », pp. 261-275.
- Prud'homme J., Gingras Y. (2015). Les collaborations interdisciplinaires : raisons et obstacles. *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 210, n° 5, pp. 40-49.
- Resweber J.-P. (2000). *Le Pari du Transdisciplinaire*. Paris : L'Harmattan.
- Robin A. (2022). *Droit des données de la recherche : Science ouverte, innovation, données publiques*. Bruxelles : Larcier, coll. « Création, Information, Communication ».
- Soulé B. (2007). Observation participante ou participation observante ? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales. *Recherches qualitatives*, 27(1), pp. 127-140. <https://doi.org/10.7202/1085359ar>
- Stichweh R. (F. Blaise, trad.) (1991). *Études sur la genèse du système scientifique moderne*. Lille : Presses universitaires de Lille.
- Temporalités (2013), « Temporalités de la recherche », 18/2013. <https://journals.openedition.org/temporalites/2539>
- Thouard D. (2007). *L'interprétation des indices. Enquêtes sur le paradigme indiciaire avec Carlo Ginzburg*. Villeneuve-d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion.
- Thompson Klein J. (1990). *Interdisciplinarity. History, Theory, and Practice*. Detroit : Wayne State University Press.
- Verdier Y. (1979). *Façons de dire, Façons de faire : la laveuse, la couturière, la cuisinière*. Paris : Gallimard.
- Veyne P. (1971). *Comment on écrit l'histoire*. Paris : Seuil.
- Vinck D. (2000). *Pratiques de l'interdisciplinarité. Mutations des sciences de l'industrie et de l'enseignement*. Grenoble : PUG.
- Virenque Ch. (2018). Kéraunopathologie et médecine kéraunique. *Médecine & culture*, n° 28.
- Virenque Ch., Arbus Ch., Birmes Ph., Laguerre J. (2012). Kéraunopathologie en direct et en différé. *Urgence pratique*, n° 113, pp. 27-29.
- Weiss H., Courty M.-A., Wetterstrom W., Meadow R., Guichard F., Senior L., Curnow A. (1993). The origin and collapse of Third Millennium North Mesopotamian Civilisation. *Science*, Vol. 261, pp. 995-1004.
- Zanetti F. (2017). *L'Électricité médicale dans la France des Lumières*. Oxford : Voltaire Foundation, "Oxford University Studies in the Enlightenment".