



HAL
open science

Le climat “ par procuration ”. De l’usage des proxys pour relier les savoirs

Sandrine Petit, Marie-Hélène Vergote, Thierry Castel, Yves Richard

► To cite this version:

Sandrine Petit, Marie-Hélène Vergote, Thierry Castel, Yves Richard. Le climat “ par procuration ”. De l’usage des proxys pour relier les savoirs. *Natures Sciences Sociétés*, 2020, 28 (1), pp.12-23. 10.1051/nss/2020016 . hal-02920443

HAL Id: hal-02920443

<https://hal.inrae.fr/hal-02920443v1>

Submitted on 2 Jun 2021

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 Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Le climat « par procuration ». De l'usage des proxys pour relier les savoirs

Sandrine Petit^{1,*}, Marie-Hélène Vergote², Thierry Castel³ et Yves Richard⁴

¹ Géographie sociale, UMR CESAER, AgroSup Dijon, INRAE, Université Bourgogne-Franche-Comté, Dijon, France

² Sciences de gestion, UMR CESAER, AgroSup Dijon, INRAE, Université Bourgogne-Franche-Comté, Dijon, France

³ Climatologie, Centre de recherches de climatologie, UMR6282 Biogéosciences, CNRS/Université Bourgogne-Franche-Comté, Dijon, France

⁴ Géographie, climatologie, Centre de recherches de climatologie, UMR6282 Biogéosciences, CNRS/Université Bourgogne-Franche-Comté, Dijon, France

Reçu le 18 mai 2018. Accepté le 11 avril 2019

L'alerte sur le changement climatique a longtemps été construite, voire monopolisée, par les sciences du climat et les négociations internationales, ne permettant pas à chacun de s'approprier la question et de la traduire à l'échelle locale, à l'aune des savoirs profanes et de l'expérience. Du fait que les rapports au climat sont toujours indirects, qu'il s'agisse des modèles des climatologues ou des observations du quotidien, une réflexion menée à partir des « proxys », des signes de changement, permettrait de relier savoirs scientifiques et savoirs empiriques afin de parvenir à une territorialisation de l'action climatique et à la mobilisation des citoyens.

La Rédaction

Résumé – L'article propose un retour réflexif sur une recherche interdisciplinaire et participative relative au changement climatique et à ses impacts en Bourgogne. Dans une nouvelle perspective, les proxys, indices laissés par le climat, pourraient avoir une place dans la construction des connaissances quant aux changements en cours. Les proxys peuvent venir de disciplines comme l'écologie ou des observations ordinaires d'acteurs et de citoyens. Savoirs du quotidien et de la pratique sont riches d'indices sur les changements de l'environnement à relier aux modifications du climat. Savoirs scientifiques et savoirs ordinaires, présentés comme distants, se rejoignent sur le fait que le changement climatique se saisit principalement par des intermédiaires, « par procuration ». Rapprocher le modèle du climat planétaire de savoirs locaux et d'expériences vécues est un levier pour s'adapter localement au changement climatique.

Mots-clés : changement climatique / proxy / écologie / savoirs locaux / adaptation

Abstract – **Climate by proxy. On the use of proxies to connect knowledges.** Our paper is a reflexive return on an interdisciplinary and participative research program on climate change and its impacts in Burgundy. This work involved the joint participation of researchers in social sciences and in climatology and is also based on exchanges with stakeholders of water resources. To gain knowledge on past climate, scientists use proxies such as tree rings, CO₂ levels in ice, dates of grape harvest, etc. We suggest that proxies may find a new place in knowledge construction on current climate change. Climate science can discover in other disciplines such as ecology evidence of recent changes, which represent proxies of climate change. Regular notes on changes recorded by citizens in their daily life environment are also a rich source of proxy indices on climate change; they contribute to knowledge on daily life and practice. Empirical and scientific knowledge, usually reputed to be wide apart, converge on the fact that climate is mainly appraised by proxy indicators. We suggest that connecting knowledges at a local scale will help give insight into climate change. To closely associate the global climate model to local knowledge and real-life experiences is a lever to adapt locally to climate change.

Keywords: climate change / proxy / ecology / local knowledge / adaptation

*Auteur correspondant : sandrine.petit@inrae.fr

Le climat joue facilement des tours : même quand il semble stable, il fluctue. Dans son *Traité de géographie physique* (1909), Emmanuel de Martonne a classifié les climats en types (chauds, tempérés, désertiques, froids). Spécifiques d'une région du globe, les climats sont ainsi figés en même temps que des éléments hydrographiques et du relief (Broc et Giusti, 2007). L'approche descriptive de la géographie physique repose sur une conception d'une nature parfois cyclique mais souvent immuable. Pour les historiens du climat, et Emmanuel Le Roy Ladurie en particulier (1983, p. 10), si le paysage climatique paraît « presque immobile », il est « néanmoins animé de lentes fluctuations, perceptibles quand on les observe sur plusieurs siècles ». « Le climat est fonction du temps ; il varie ». Donc, le climat change. Mais depuis le milieu du XX^e siècle, il change rapidement (Hawkins et Sutton, 2012). Or, dans la société occidentale, la nature constitue le cadre atemporel, stable et fixe de changements impulsés par les hommes (Granjou, 2016). Le changement climatique constitue en ce sens une rupture épistémologique et confronte la société à ses savoirs. Qu'est-ce que le changement climatique ? Comment peut-on l'appréhender ?

Du climat moyen au changement climatique, en intégrant le système climatique, quelques rappels sont nécessaires. Dès que l'on prend en compte les principaux compartiments biotiques et abiotiques de l'enveloppe superficielle de la Terre et leurs échanges complexes, il serait plus juste de parler de système climatique que de climat. En effet, c'est de l'interaction entre ces compartiments que sont produits les différents états de l'atmosphère. Ces différents états de l'atmosphère, stables sur des temps longs et pour un lieu ou une région donnés, permettent de définir des climats. Chacun de ces climats comporte une variabilité intrinsèque qui se traduit dans le langage commun par : « Les années se suivent mais ne se ressemblent pas ». Cependant, les activités humaines qui augmentent les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre modifient le bilan radiatif, génèrent un réchauffement planétaire et des modifications de tous les climats du monde.

Les communautés scientifiques se montrent préoccupées. Elles lancent des appels sous diverses formes. Le GIEC, grâce au consensus scientifique traduit dans ses rapports, alerte les États. D'autres chercheurs optent pour une voie détournée pour provoquer l'action : les historiens des sciences Erik Conway et Naomi Oreskes (2014) font œuvre de fiction, le sociologue Bruno Latour (2015) recourt à l'expérimentation pédagogique et théâtrale. Les chercheurs savent, communiquent et rien ne change. Est-ce que les citoyens savent ? Est-ce qu'ils croient ce qu'ils savent (Dupuy, 2002) ?

Les sciences du climat (océanographie, paléoclimatologie, climatologie) élaborent des modèles climatiques d'échelle globale faisant appel à des données physiques et océanographiques planétaires. Cette approche par les

modèles, hors de la portée du profane et valorisant une connaissance des évolutions du climat à l'échelle du globe, constitue une double abstraction. Malgré quelques images emblématiques (ours polaire, glaciers du Kilimandjaro) suscitant l'émotion, le changement climatique global reste à distance du vécu de tout un chacun (Harper, 2008). En écartant l'expérience ordinaire, la connaissance du changement climatique se trouve déléguée aux experts (Rudiak-Gould, 2013), alors que par le passé, « l'observation météorologique profane » a joué au XIX^e siècle un rôle déterminant dans la capitalisation d'observations pour la météorologie savante (Locher, 2009).

Nous souhaitons revenir sur la manière dont les connaissances relatives au changement climatique s'élaborent aujourd'hui¹. Notre postulat est d'avancer que les savoirs empiriques et les savoirs scientifiques basés sur la modélisation du changement climatique, d'ordinaire présentés comme distants, se rejoignent. Les uns et les autres perçoivent le changement climatique par procuration, c'est-à-dire par l'intermédiaire de quelque chose d'autre². En effet, comme les données sont hors de portée dans le temps et l'espace (Hastrup et Rubow, 2014), le rapport au climat est toujours indirect. Pour étudier le climat passé, d'avant les mesures instrumentales (thermomètres, pluviomètres...), les chercheurs climatologues, paléoclimatologues, océanographes, font un détour par des « proxys ». Indirectement, ils montrent le climat sur le temps long (Skrydstrup, 2017). Ces proxys sont d'une grande diversité : cernes d'arbres, dates de vendanges reconstituées par archives, isotopes de l'oxygène, fossiles d'algues, etc. Ils sont des traces que la nature a enregistrées ou que l'homme a consignées dans des documents, que ce soit des écrits ou des peintures comme ce fut par exemple le cas lors du siècle d'or hollandais (Metzger, 2018). Ce recours à des intermédiaires, nous le qualifions de « savoir par procuration ». Il fait de l'appréhension du changement climatique un « savoir d'environnement », c'est-à-dire un savoir qui émerge des relations établies par les observateurs entre des dynamiques physiques, végétales et animales et des changements sociaux et la perception de leurs interactions. En découle l'implication suivante : c'est en reliant les savoirs, à une échelle locale, que le changement climatique fait sens. Il se dévoile dans les croisements entre différents savoirs disciplinaires

¹ Cette réflexion est née d'une collaboration interdisciplinaire de long terme entre chercheurs en climatologie et en sciences sociales, initiée en 2008 (Petit, 2011) puis déclinée à travers le projet Hycare « HYdrologie, Changement Climatique, Adaptation, Ressource en Eau en Bourgogne ».

² Nous prenons quelques libertés par rapport à la locution « par procuration » qui désigne au sens figuré « par l'intermédiaire de quelqu'un d'autre » (Rey, 2016) ; ici nous élargissons le sens à un objet plutôt qu'à un sujet.

(climatologie et écologie, paléoclimatologie et anthropologie) et entre connaissances scientifiques et savoirs ordinaires et pratiques. Autour du changement climatique gravitent de nombreux savoirs, qui résultent d'agencements sociotechniques et de réseaux variés et une multiplicité de problèmes environnementaux ([Diemberger et al., 2012](#)). Selon nous, cette voie permet d'élargir le périmètre des personnes concernées et compétentes pour parler (indirectement) du changement climatique. En conséquence, un enjeu de l'adaptation au changement climatique serait de faire dialoguer les savoirs entre eux en considérant les uns et les autres comme légitimes et riches de différents signes.

Après avoir précisé notre méthodologie et le cadre de recherche (1), nous expliciterons la notion de proxy et pourquoi elle nous semble centrale dans les savoirs sur le climat (2). Nous montrerons ensuite comment les proxys étayent les interprétations de résultats issus de la modélisation du climat (3). Puis, nous caractériserons les savoirs ordinaires et pratiques sur le changement climatique (4). En conclusion, nous reviendrons sur la nouvelle place que pourraient occuper les proxys dans la construction de connaissances, l'intérêt d'hybrider les savoirs du quotidien et les savoirs scientifiques pour faire levier dans une adaptation locale au changement climatique.

Retour réflexif sur une recherche interdisciplinaire et partenariale

Notre article est issu d'un dialogue interdisciplinaire entre climatologues et chercheurs en sciences sociales (géographie, sciences de gestion). Au cours de quatre réunions, nous avons opéré un retour réflexif sur le projet Hyccare. Ce travail a permis de comprendre comment les connaissances s'étaient construites au cours de ce projet et le rôle des interactions avec les acteurs, élus, agriculteurs, animateurs de bassins versants dans la mise en forme de nos résultats.

Le projet Hyccare s'est déroulé de 2012 à 2016. Il comportait deux axes de recherche. Le premier axe réunissait 5 chercheurs (2 climatologues, 2 hydrologues, 1 hydro-pédologue). Il consistait en la construction de connaissances relatives au changement climatique, à l'échelle de la Bourgogne et à ses conséquences sur la réserve en eau des sols et le débit des rivières. Les chercheurs ont principalement travaillé par modélisation (modèle climatique régional et 3 modèles hydrologiques sur 13 bassins versants). Un modèle de simulation régionale du climat, Weather Research & Forecasting, WRF ([Skamarock et al., 2008](#)) a été alimenté par un modèle de climat planétaire pour produire des informations climatiques sur la Bourgogne avec une maille d'environ 12 km. Dans un premier temps, le climat passé (1961-2011) et ses impacts ont été analysés puis le climat futur (2006-2100) a été simulé. L'enjeu était de pouvoir

« emboîter » le modèle climatique et les modèles hydrologiques pour construire une chaîne de modélisation capable de simuler des impacts sur l'eau des sols et les rivières. Le second volet regroupait les recherches en sciences sociales (2 géographes, 1 chercheuse en sciences de gestion) en étroite collaboration avec la coordinatrice du projet, chargée de mission d'une association régionale d'environnement, insérée dans les réseaux des acteurs du territoire avec lesquels elle travaillait. L'objectif était d'appréhender la capacité des dispositifs actuels de gestion de l'eau à prendre en compte le changement climatique. Notre attention a porté sur les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) de 3 bassins versants (Tille, Armançon, Arroux-Bourbince) et sur d'autres dispositifs de contrat sur 5 sous-bassins versants. 57 entretiens ont été conduits auprès d'usagers et de gestionnaires de l'eau (élus, représentants de services publics, d'associations, agriculteurs) sur les trois SAGE de Bourgogne. Les entretiens comportaient deux volets. Le premier consistait à interroger nos interlocuteurs sur le changement climatique et ainsi à documenter les savoirs locaux sur le climat. Le second portait sur leur implication dans le dispositif SAGE de gestion de l'eau. Dans une posture de recherche-action, nous avons également expérimenté des mises en situation d'adaptation au changement climatique en réunissant chercheurs, gestionnaires et usagers de l'eau lors d'ateliers participatifs, dits ateliers du climat, réalisés en 2015, sur les bassins versants de l'Armançon, de la Tille, de l'Ouche et de la Vouge, tous situés en Bourgogne ([Bertrand et al., 2017](#)). Lors de ces ateliers³, nous sommes partis des savoirs locaux pour aborder le changement climatique. Puis les chercheurs en climatologie et hydrologie ont présenté leurs résultats. Enfin, la dernière étape a consisté à imaginer ensemble le territoire et la gestion des ressources en eau à l'horizon 2030-2040, conçus comme une manière de s'adapter localement au changement climatique ([Bertrand et al., 2017](#)).

Le projet étant terminé, début 2018, nous sommes revenus sur cette expérience dans l'objectif d'en souligner l'originalité, avec une prise de recul possible deux ans après le rapport de bilan. L'échange à quatre a pris la forme d'un récit sur ce qui s'était passé au cours du projet, les échecs et les avancées. Au fur et à mesure, ce récit dévoilait comment les connaissances sur le changement climatique avaient été élaborées, c'est-à-dire les coulisses d'une recherche en train de se faire. La narration a permis de déplier la complexité des rapports des chercheurs à leur objet et d'identifier les épreuves et les décisions qui

³ Les ateliers de l'Armançon ont eu lieu les 7 et 22 janvier 2015 à Saint-Rémy. Les ateliers de la Tille, de l'Ouche et de la Vouge se sont tenus les 13 novembre et 3 décembre 2015 à Brétigny (Côte-d'Or).

jalonnent un processus de recherche (Petit, 2011). Sur ce point, les ateliers du climat imaginés pour valoriser les recherches auprès d'acteurs des territoires de l'eau nous sont apparus comme des lieux d'apprentissages réciproques où les savoirs ordinaires avaient contribué à la recherche sur le changement climatique. Chacune de nos rencontres réflexives nous réservait des surprises, tout n'avait pas été dit avant, par exemple sur la rupture climatique de 1987/1988 observée sur les températures de surface. L'importance des proxys et la notion de savoir par procuration sont nées de ce dialogue.

Le proxy : une connaissance indirecte du changement climatique

Cette démarche réflexive a révélé l'importance des proxys pour appréhender le changement climatique, qu'ils soient issus de démarches scientifiques ou de l'observation ordinaire d'acteurs attentifs à leur environnement. Le terme de proxy, emprunté à l'anglais des États-Unis où il a d'abord eu le sens restreint de serveur qui stocke les données (Rey, 2016), apparaît dans la langue française dans les années 1990. Proxy n'est pas un mot dérivé d'approximation ou de proximité, il vient de « *procurare* » ou « *procuratio* » c'est-à-dire qu'il a le sens de prendre soin, de gérer par l'intermédiaire de quelqu'un ou de quelque chose (Schinkel, 2016 ; Skrydstrup, 2017).

Dans les études climatiques, les proxys sont très utilisés par les paléoclimatologues : isotopes de l'oxygène dans les sédiments marins, teneur en CO₂ des bulles enfermées dans les carottes de glace, cernes d'arbres ou fossiles d'algues, « miroir » des niveaux de CO₂ dans les océans (Schinkel, 2016). Ces proxys sont une « preuve indirecte » de la variabilité ou des changements du climat, un thermomètre utile mais relativement imparfait (Skrydstrup, 2017). Ils permettent de reconstituer des variations du climat à l'échelle planétaire et d'alimenter les modèles de climat. En effet, les relevés de températures et de précipitations n'existent ni toujours ni partout, par exemple pour la période pré-instrumentale ou dans les régions dépourvues de stations météorologiques. Dans ces deux cas, il faut avoir recours à d'autres sources d'information qui permettent de renseigner indirectement sur le climat. Pour reconstituer le climat passé, E. Le Roy Ladurie se sert de données recueillies dans les manuscrits d'abbayes ou des registres de notaires ; dates de fructification des végétaux, maturité des fruits, dates de vendanges, rendements des récoltes, évolution des glaciers et des tourbières sont des intermédiaires pour suivre les fluctuations du climat. À partir d'archives compilant les dates de vendanges et la phénologie de la vigne, Chuine *et al.* (2004) ont reconstitué les températures moyennes des saisons végétatives depuis 1370.

À la fin du projet Hycare, lors des ateliers du climat, les participants parlent des fluctuations du climat à travers des

signes de changements (qui sont autant de proxys) à propos du niveau des rivières, de la faune – par exemple l'arrivée de nouveaux oiseaux –, des dates de floraison et de moisson avancées, etc. Pour eux, ces phénomènes observés sont les balises d'un climat en train de changer. Ils contribuent à un savoir ordinaire du changement climatique, bâti sur des observations répétées et localisées, ancrées dans le quotidien ou liées à des pratiques (jardinage, pêche, chasse, agriculture) et faisant appel aux sens (vue, toucher, odorat). Le changement climatique est ainsi représenté par un ensemble de signes, de symboles, d'histoires (Luke, 2015). Le recours aux savoirs ordinaires et empiriques des habitants est peu fréquent dans la recherche en climatologie. Dans les sciences sociales, la notion de proxy a été encore peu explorée, même si les travaux d'anthropologues en soulignent l'importance, notamment dans le milieu arctique (Diemberger *et al.*, 2012). Là-bas, les populations inuites détiennent un savoir très complexe élaboré à partir de l'observation de la glace, support de théories et d'histoires sur le changement (Diemberger *et al.*, 2012). Dans les montagnes du Tibet, les modélisations globales ne permettent pas de cerner les changements précis et les microclimats. Les glaciers et les neiges deviennent alors de puissants repères de changements pour les populations locales comme pour les scientifiques. Plus largement, ils sont des messages concernant les relations entre les populations et leur environnement. Glace, neige, oiseaux, tous ces signes décrivent des conditions d'environnement changeantes et parlent de l'incertitude (Diemberger *et al.*, 2012).

Qu'ils soient issus de travaux scientifiques ou de savoirs ordinaires, les proxys constituent des « *medium through which people experience climate* » (Jasanoff, 2010). Ils constituent un savoir par procuration sur le changement climatique. Ils sont aussi des passerelles entre des types de savoirs différents. Nous développons ici une approche inédite de la notion de proxy. D'abord, nous soulignons que les proxys peuvent être utilisés pour attester de changements contemporains du climat, alors que d'ordinaire, très utilisés par les paléoclimatologues, les océanographes, les climatologues, ce sont des médiums pour connaître les climats passés. Second argument, les proxys sont des marqueurs qualitatifs ou quantitatifs, localisés, qui intègrent plusieurs signaux physiques ou biologiques, voire socioculturels. Ils sont des empreintes laissées par les phénomènes naturels, des indices grâce auxquels, en l'absence de mesure, on peut, par inférence et convergence, reconstituer les variations du climat. Ils sont recueillis plutôt que construits et servent à explorer les phénomènes plutôt qu'à guider l'action. En cela, ils se situent « en amont » des indicateurs et n'ont pas l'intentionnalité normative de ces derniers ni leur finalité gestionnaire (Moison, 1997). Enfin, nous avançons qu'ils sont des objets d'intermédiation, c'est-à-dire qu'ils ont la capacité de relier les savoirs scientifiques et les savoirs

ordinaires. En ce sens, les proxys ne sont pas neutres et peuvent avoir une portée politique sur le sens des changements à l'œuvre (Skrydstrup, 2017). Ils nous apprennent des choses sur les fluctuations du climat et en même temps celles-ci révèlent des changements de l'environnement et des sociétés.

Nous allons ci-après examiner plus précisément l'usage des proxys dans les recherches en climatologie et leur diversité dans les savoirs locaux. Il nous semble que la convergence entre eux est un point d'appui pour échafauder des actions d'adaptation.

Construire des connaissances climatiques en reliant les savoirs

Dans le cadre du projet Hyccare, nous avons produit de l'information climatique à l'échelle des territoires bourguignons. D'abord, et sans l'aide de proxys, des modèles de climat planétaire ont été adaptés, par désagrégation statistique, à l'échelle régionale. La particularité de la démarche était de suivre le climat de la Bourgogne en continu sur une période de 120 ans (1980-2100). De l'information climatique a été produite jour après jour jusqu'en 2100. Cette démarche rompt avec les approches instantanées dites « *snapshot* » qui comparent le climat actuel avec un climat sur une période future donnée. Il s'agissait ici de figurer un chemin d'évolution. En parallèle, nous avons procédé à une analyse statistique des données de température et de précipitations observées de 1961 (date à partir de laquelle le réseau de stations Météo France est suffisamment dense) à 2011 (juste avant le projet Hyccare). Ces données ont été reprises par les hydrologues pour évaluer les impacts du changement climatique sur le débit des rivières.

Le travail d'analyse rétrospective du climat montre que la température annuelle moyenne a augmenté entre 1961 et 2011 de plus de 1 °C (Castel *et al.*, 2014 ; Richard *et al.*, 2014 ; Brulebois *et al.*, 2015). Les méthodes statistiques détectent un changement abrupt survenu en 1987, entre la période 1961-1987 et la période 1988-2011. Pour les précipitations, ni rupture ni tendance significative ne sont détectées. À l'échelle planétaire, les sciences du climat privilégient une représentation sous forme de droite avec une augmentation progressive des températures. Des oscillations pluriannuelles de part et d'autre de cette droite existent (Douville *et al.*, 2015). À l'échelle séculaire, ces oscillations s'estompent au regard de la tendance. La présentation d'une rupture contraste donc avec celles traçant des tendances. Ruptures et tendances sont deux lectures complémentaires du réchauffement. En Bourgogne, les deux sont validées par une batterie de tests statistiques. Cependant, la détection d'une rupture correspond à l'émergence du signal (« *time of emergence* ») de changement, un moment clé à repérer dans le bruit de la variabilité

(Hawkins et Sutton, 2012). Ce signal invite à poursuivre l'exploration, en s'ouvrant à des travaux d'autres disciplines, comme ceux d'écologues qui étudient les liens entre indices d'abondance de populations animales et évolution du climat (Stephens *et al.*, 2015).

Pour éprouver ce résultat d'un saut de température de 1 °C, une recherche bibliographique est entreprise, en particulier en écologie. Une publication portant sur l'évolution des populations de truites en Suisse nous apparaît alors emblématique (Hari *et al.*, 2006). L'article montre une chute nette, décrite comme un « *abrupt change* », des effectifs piscicoles en 1987/1988. Les truites sont des poissons très sensibles à la qualité, mais surtout à la température de l'eau. Or il a été observé une augmentation brutale de la température de plusieurs rivières suisses autour de 1987/1988 (Figura *et al.*, 2011). Le déclin des effectifs de truites constitue un signal amplifié du réchauffement du climat (et des eaux), mais brouillé par d'autres phénomènes, telle la dégradation de la qualité de l'eau, qui interviennent dans la dynamique des populations. D'autres publications en écologie corroborent cet effet de seuil dans les communautés animales et végétales à la fin des années 1980 (Matić *et al.*, 2011 ; Reid *et al.*, 2016 ; Schlüter *et al.*, 2008). Ce croisement interdisciplinaire de connaissances fait intervenir les proxys que sont les effectifs de populations animales et végétales variant dans le temps. Il conforte la lecture de l'évolution du climat de la Bourgogne en termes de rupture climatique. Par la congruence entre les recherches en climatologie et celles en écologie, le changement climatique prend corps par ses impacts. La vitesse des changements et leur caractère irréversible tels les risques de disparation d'animaux ou de végétaux s'en trouvent révélés.

Dans la suite du travail de simulation du climat jusqu'en 2100, selon la trajectoire de forçage radiatif RCP8.5⁴, cette interprétation est consolidée par la modélisation : le réchauffement suit des paliers successifs. Ainsi, 1987-1988 est une première rupture en augurant d'autres. Des climats différents vont se succéder. Un autre élément va entériner la lecture de l'évolution des températures en termes de rupture. Dans le cadre de la recherche-action Hyccare, le collectif de chercheurs a contribué aux ateliers participatifs regroupant des usagers et des gestionnaires pour réfléchir à la gestion future de l'eau. Notre représentation du passage d'un régime climatique à un autre rencontre l'adhésion. Les participants aux ateliers reconnaissent vivre un temps plus surprenant et plus variable. La mise en graphique a créé un repère temporel entre un avant et un après, attestant que le changement climatique est déjà là.

⁴ Ce scénario se traduit à l'horizon de 2100 par une élévation de la température moyenne du globe de l'ordre de 5 °C.

Certes, le graphique est plus abstrait que la situation vécue par nos interlocuteurs mais il ajoute une information (Latour, 2001). Ces mêmes résultats présentés le 27 mars 2015 à des agriculteurs de la Côte-d'Or pratiquant l'irrigation de leurs cultures (oignons, pommes de terre, soja, etc.) leur ont rappelé les moissons précoces de l'année 1988.

Par l'élargissement des références scientifiques à des disciplines biologiques via les proxys et par l'adhésion de citoyens, la rupture a été confirmée. La portée du résultat s'en trouve augmentée grâce à la validation à travers plusieurs communautés scientifiques et le recoupement avec les expériences vécues. Le besoin de dater des basculements dans une variabilité opaque semble partagé entre sciences biologiques et citoyens (Hawkins et Sutton, 2012). Nous avons fait le constat que, pour nos interlocuteurs, la présentation d'une rupture semble leur donner davantage prise sur des changements sources d'incertitude. S'il paraît plus facile de s'adapter progressivement à un changement graduel, une disjonction datée incite à s'engager dans des actions plus immédiates.

Comment donner à connaître le climat? Si nous admettons que des méthodes statistiques peuvent montrer une augmentation progressive de la température, nous défendons le choix d'une interprétation en termes de rupture. Notre retour réflexif éclaire une prise de décision dans la construction de connaissances à partir de données brutes. Une représentation en graphique ou en diagramme est « une construction, une découverte, une invention, et une convention », les quatre à la fois ! (Latour, 2001, p. 71). Peu de travaux ont posé la question de la manière dont la confiance dans les modèles et dans les simulations se construit (Heymann, 2013). Comme il n'y a pas de procédure de validation des modèles qui garantisse leur performance pour de futures applications, les chercheurs doivent imaginer des formes de validation pour des critères dans lesquels ils ont confiance et d'autres qu'ils savent moins bien représentés (Heymann, 2013). Les proxys ont ici joué un rôle clé de validation de la lecture en rupture des données du modèle. La présentation au public lors des ateliers l'a conforté, comme si se jouait alors le passage du gué, entre savoir et « croire ce que l'on sait » (Dupuy, 2002). Le graphique de la rupture climatique a été « un opérateur d'alignement » (Latour, 2001, p. 71) permettant aux acteurs de glisser de leurs observations de changements multiples vers la conception d'un territoire s'adaptant au changement climatique.

Des savoirs empiriques qui s'affirment

Pour chacun, le temps qu'il fait est une expérience quotidienne. Elle se traduit parfois en un savoir sur le climat et ses fluctuations quand la tenue d'un journal ou d'un tableau de bord égrène les variations de la pluie, du vent et de la température sur une longue période en une

série climatique (Pinton, 2009 ; La Soudière et Tabeaud, 2009). Nous parlons ici de savoirs comme un ensemble de connaissances et des opérations cognitives coextensives aux pratiques et aux discours (Pharo, 1985). Ces savoirs se rapportent à des références locales, alors que la science du climat, basée sur des modèles, est devenue une discipline complexe, instrumentée et internationale, loin d'une science de l'observation et de l'intuition (Harper, 2008). Dans l'enquête et les ateliers du climat, nous avons rencontré une richesse d'observations de la part de personnes plus ou moins averties sur le climat, dont nous retenons ici trois enseignements. Lors des ateliers participatifs, l'échange en collectif a enrichi les observations, les unes encourageant les autres (Tab. 1). En entretiens individuels, les savoirs sur le climat semblent moins affirmés, les gens hésitent dans leurs interprétations. Enfin, certains acteurs dont la pratique professionnelle dépend du climat ont engrangé des références datées et ont élaboré des hypothèses quant aux changements et à leurs impacts.

Les ateliers du climat visaient à imaginer un territoire futur marqué par un contexte de changement climatique où les pénuries d'eau s'accroissent sans pour autant exclure des phénomènes d'inondations. Des questions amorçaient un échange d'idées à trois, restituées ensuite à l'ensemble du groupe : « Pour vous, c'est quoi le changement climatique? Racontez un moment de votre vie où vous avez l'impression de l'avoir ressenti. Qu'est-ce que cela a changé dans votre quotidien? » La richesse et la diversité des observations ont permis de tenter une classification restituée dans le tableau 1. Nous avons distingué les changements qui concernent les observations météorologiques, puis les impacts sur des dynamiques physiques, biologiques et même sociales. L'impact sur les activités socioéconomiques, par exemple sur le bâti, enrichit la classification de Reyes-García *et al.* (2016). Les registres d'interprétation du changement climatique se ramifient. Ils gagnent une variété de domaines. Pour la plupart des participants aux ateliers, le changement climatique est une réalité reconnue. En entretiens individuels, davantage d'ambiguïtés et d'incertitudes émaillent les propos. Le changement climatique s'imbrique dans les enjeux d'aménagement du territoire :

« Aujourd'hui, on a de vrais problèmes, qui ne sont pas liés exclusivement d'ailleurs au changement climatique, qui sont liés aussi à nos propres pratiques. Par exemple, l'imperméabilisation des sols, et les surfaces utilisées pour l'imperméabilisation, pour la construction, etc... vous regardez, il y a 50 ans, l'agglomération dijonnaise, et maintenant, l'agglomération elle fait 10 fois plus de surface » (élu, Grand Dijon).

De leurs observations empiriques et singulières, nos interlocuteurs hésitent à déduire un savoir général ou théorisé. Une élue de communauté de communes répond

Tab. 1. Classement des observations du changement climatique exprimées par les participants aux ateliers du climat de l'Armançon (5 janvier 2015).

Types de proxys		Verbatim
Météorologie	Phénomènes extrêmes/rares/nouveaux	<ul style="list-style-type: none"> – Orages décalés, notamment tardifs, en novembre. Deux tempêtes centennaires en 20 ans – La tempête de 1999 – C'est la première année qu'il y a de l'eau dans ma cour – Été 2003
	Saisons	<ul style="list-style-type: none"> – Saisons moins marquées – Pas d'hiver dans le nord de l'Yonne – Sensation qu'il y a moins de neige – Nuits froides en été – Chaud la journée et froid la nuit – Étés plus chauds et pluies diluviennes – Hausse des températures, excès de chaleur – Sécheresse = manque de précipitations – Un été sans eau
Cours d'eau		<ul style="list-style-type: none"> – Crues – Crues centennales – Crue à Noyers – En mai 2013 : une crue centennale de l'Armançon qui, heureusement a été courte – Montée brusque de l'Armançon – Montées fréquentes de l'Armançon – Au nord de l'Yonne : rivières à sec – Débordement de l'Armançon en novembre 2014, les vaches étaient dans l'eau – L'eau a traversé la route en février 2014 – À-secs de rivières dans l'Yonne – Eau plus polluée – Réchauffement des eaux : avant les eaux étaient claires en hiver et « fermentaient » en été, aujourd'hui ce n'est plus comme ça – Abaissement des nappes phréatiques
Faune	Faune aquatique	<ul style="list-style-type: none"> – Introduction de la truite arc-en-ciel aux dépens de la truite fario – On ne va pas pêcher le même poisson – Changements dans le renouvellement des poissons – On trouve davantage certains poissons et d'autres plus du tout
	Mammifères	<ul style="list-style-type: none"> – Impact sur la fécondité des animaux – Gestation des animaux perturbée (chasseurs)
	Oiseaux	<ul style="list-style-type: none"> – Il y a moins d'oiseaux et des oiseaux qu'on ne voyait pas – Date de migration moins bien réglée qu'avant – On voit des oiseaux du sud qui arrivent chez nous (colonies d'aigrettes)
	Insectes	<ul style="list-style-type: none"> – Moins d'insectes en mai ce qui a entraîné la mort d'hirondelles – Les abeilles se maintiennent moins bien. Les abeilles sont bizarres, c'est étrange, elles peinent ; les abeilles ne butinent pas au bon moment (est-ce une question de température ?) – Hécatombe chez les abeilles sauvages et tous les butineurs

Tab. 1. (suite).

Types de proxys		Verbatim
Flore	Végétation	<ul style="list-style-type: none"> – Repousses de végétation en août – Bourgeons en novembre – Arbres fleurissent plusieurs fois – La végétation a un mois d'avance – Fleurs qui n'arrêtent pas de fleurir – Les arums ont refleuré en novembre 2014 – Les plantes réagissent différemment, les plantes peinent – En hiver les arbres continuent à grossir. Les jeunes arbres ne supportent plus la croissance et on voit les pointes baissées – L'hiver 2014 a été le premier à l'issue duquel il n'a pas été nécessaire de racheter des géraniums (pas de pertes dues au gel)
	Jardin	<ul style="list-style-type: none"> – Les tomates, les concombres ont du mal à pousser (relier aux nuits froides en été) – Les orges ont souffert du ruissellement – Davantage de parasites des cultures – Invasion d'espèces – Date des vendanges plus précoce
Habitat		<ul style="list-style-type: none"> – Il y a plus d'humidité dans la maison – Réduction des coûts de chauffage – Mousse et algues sur les murailles et rochers à Semur, plus d'humidité ? le phénomène s'est accéléré depuis 2 ans – Le patrimoine bâti verdit à Semur en Auxois, plus de mousses ; un phénomène qui s'accélère depuis 1992 – On voit aussi des trottoirs avec des pavés verts

ainsi à la question « Avez-vous perçu un changement climatique ou des effets ? » :

« Non, pas vraiment, [...] bon on n'a pas eu d'hiver, l'hiver dernier... mais bon, on suppose qu'on va avoir un hiver plus rigoureux cet hiver [...] Mais bon, je n'ai pas d'avis particulier, dans notre secteur, sur le changement climatique. [...] Enfin, il n'y a rien qui interpelle ».

Et quelques minutes plus tard dans l'entretien : « Le changement climatique, ça ne vous parle pas tellement en fait ? »

« Non, non, il n'y a pas de signe, quand même... voilà : changement climatique, on verrait plus ça, par rapport à certaines espèces d'oiseaux qu'on voit maintenant, qu'on ne voyait jamais avant [...] La grande aigrette blanche [...], qu'on voit régulièrement, il y a vingt ans, on ne voyait pas d'aigrette. [...] Il y a trente ans, on ne voyait pas de guépriers d'Europe sous nos latitudes, c'était beaucoup plus au Sud... »

On retrouve la même ambivalence ou difficulté interprétative dans les propos d'un représentant du conseil départemental de Côte-d'Or :

« Alors l'évolution hydroclimatique se fait ressentir d'une manière plus différente... quasiment annuellement

mais depuis vingt ans, les mouvements de terrain ou les anomalies de sol qui se rétracte par rapport aux argiles gonflantes ou... et qui fissurent les maisons ou les terrasses [...] Donc ça c'est un phénomène que l'on peut accorder aux variations climatiques, et pas à la modification du climat. »

Face à un savoir complexe où les effets du climat s'entrelacent avec d'autres facteurs, les hésitations s'évanouissent pour les personnes dont le métier est aux prises avec la nature et le climat. Celles-ci tracent les changements à partir de mesures datées et quantifiées. Les fédérations de pêche pratiquent des relevés de température d'eau en période estivale par le biais de sondes placées dans les cours d'eau et notent que ces températures sont en hausse. Le technicien de la fédération de la pêche de Saône-et-Loire a repéré une hausse des températures des rivières, défavorable aux populations de truites, mais bénéfique à d'autres poissons.

« Je pense qu'on explique une grande partie des réductions des effectifs de truites sur ces 50 dernières années, bien au-delà des pollutions, très souvent c'est simplement thermique en fait. [...] Je pense que c'est vraiment corrélé : les quantités de poissons et les températures qu'on a chaque été [...]. Quand la température de l'eau, elle dépasse 19°, les truites elles sont en aquarium,

elles rentrent en stress, elles se mettent à ventiler et elles ne mangent plus. Et quand on passe au-dessus de 25 °C, elles meurent. [...] Les espèces d'eau chaude, elles remontent.»

Pour ceux qui s'avèrent dépendants de la météorologie, les repères temporels sont précis. Pour le représentant de voies navigables de France (VNF), institution publique gérant les canaux, les années difficiles 2003, 2005, 2011 et 2014, c'est-à-dire « les 10 dernières années », attestent un changement de régime déjà à l'œuvre.

Les agriculteurs ont un savoir-observer propre à une pratique professionnelle au-dehors et dépendante des phénomènes physiques et biologiques. Leurs observations servent à ajuster et à perfectionner l'action productive dans un horizon temporel long. Pour cela, il faut mettre en œuvre des procédures de découverte (Theureau, 1991), comme un de nos interlocuteurs qui évoque des proxys bien à lui. Nos entretiens confirment ce savoir-observer accompagné de fortes inquiétudes devant la variabilité et l'imprévisibilité de chaque année :

« Des gens qui ne sont pas du métier, je leur dis : « Moi, j'ai des indicateurs pour vous montrer que le climat change. Avant, je faisais quatre tonnes par hectare en cassis, là, depuis huit ans, je fais deux tonnes par hectare de cassis... avec cinq fois zéro ou une tonne, et une fois sept tonnes... on a été en tee-shirt le 25 mars et ce matin il fait - 4° ! Si ça c'est pas suffisant comme élément pour faire comprendre que le climat change... On n'a pas eu d'eau en décembre-janvier... » (agriculteur, Côte-d'Or, 18-04-2017).

Pour tous, les événements extrêmes comme sécheresses ou coups de froid inscrivent leurs dates dans les mémoires :

« On voit bien, les hivers sont moins froids. Moi, je me rappelle quand j'étais gamin, l'hiver 1955, ou 56 je ne sais plus, enfin bref, il faisait très froid, il y avait de la neige, il y avait 50 cm de neige. Il n'y a presque plus de neige maintenant. En 85 on a eu - 25 °C pendant 15 jours ici. Je ne l'ai pas revu depuis 1985. » (élu, bassin versant de la Tille)

De par une longue histoire des interactions avec l'environnement, les populations locales ont des systèmes de connaissance qui ne se réduisent pas au temps qu'il fait (Pinton, 2009); elles disposent d'un savoir de première main quant à la variabilité du climat (Reyes-García *et al.*, 2016). Ce savoir-observer peut comporter des biais, par exemple une attention accrue aux phénomènes extrêmes, le caractère très local des observations, la température du moment qui influence l'interprétation lorsque la personne s'exprime (Reyes-García *et al.*, 2016). Les savoirs scientifiques et ceux de l'expérience ne convergent pas toujours. Ainsi, l'année de la sécheresse de 1976 ne constitue pas une rupture climatique, mais un événement climatique isolé. Les personnes elles-mêmes ne prétendent pas détenir un savoir et leurs observations ne font pas toujours sens. En revanche, lors de l'échange en groupe, quand les

observations fragmentées se complètent, les interprétations s'affirment. Le changement climatique renvoie pour nos interlocuteurs à de nombreux signes de changements environnementaux. Ils évoquent des modifications dans les cycles de vie des plantes (« En hiver les arbres continuent à grossir ») ou des animaux dont la gestation est perturbée et la fécondité altérée, les abeilles « qui peinent » (Tab. 1). Certaines observations sont datées : « L'eau a traversé la route en février 2014 », « en mai 2013, une crue centennale de l'Armançon », « la tempête de 1999 ». On peut souligner que les savoirs locaux élargissent le champ du problème (cours d'eau, faune, flore, habitat) et intègrent des interactions possibles avec le changement climatique. Ainsi, ils deviennent des savoirs sur un environnement changeant. Dans cette dilatation, les savoirs sont davantage distribués et ceux des spécialistes s'avèrent incomplets pour tout expliquer.

Mais quel rôle le savoir local peut-il avoir pour mieux comprendre le changement climatique et ses impacts ? Le savoir local mobilise deux compétences : l'attachement au lieu et une présence continue dans la durée. Des recherches, de plus en plus nombreuses à partir de 2010, mobilisent cette capacité d'observation dans des protocoles scientifiques. Créé par Isabelle Chuine du CNRS, l'observatoire des saisons fait appel aux observations de volontaires pour décrire l'évolution d'indices de phénologie des arbres. Cet exemple montre que l'intégration entre les savoirs peut avoir lieu dans le processus de recherche lui-même.

Conclusion : le changement climatique, un savoir d'environnement

Une nouvelle place pour les proxys dans la construction de connaissances sur le changement climatique

Les proxys sont couramment utilisés par les scientifiques pour reconstituer le climat passé. Ils ne sont que peu utilisés en climatologie pour décrypter les évolutions récentes du climat, hormis en l'absence de mesures instrumentales comme cela arrive dans certains territoires. Or, il nous semble que les proxys pourraient occuper une nouvelle place dans la construction des connaissances sur le changement climatique en cours et en train d'être vécu. Lorsque nous avons dû interpréter les séries de températures issues des observations comme des modélisations, nous avons envisagé différentes pistes. Pour progresser vers la plus efficiente, nous avons choisi d'élargir le champ des références climatiques pour traquer d'autres signes de changements en cours. Les résultats provenant de travaux en écologie ont conforté la lecture en termes de rupture climatique et environnementale, une rupture ayant déjà eu lieu et

s'étant inscrite localement dans les effectifs de truites. Ainsi avons-nous choisi de ne pas laisser le modèle seul détenteur d'un savoir absolu en allant rechercher d'autres formes de validation. Les observations empiriques exprimées lors des ateliers participatifs sont aussi intervenues à l'appui de l'hypothèse d'une évolution des températures en palier, aujourd'hui marginale par rapport aux représentations graphiques d'évolution tendancielle. Les proxys constituent un détournement qui enrichit l'approche du changement climatique. Les données scientifiques et les observations empiriques, une fois agencées, forment un faisceau de sens. Celui-ci permet aux chercheurs comme aux non-chercheurs de progresser dans le savoir, mais aussi de croire ce que disent les modèles (Dupuy, 2002) pour ensuite pouvoir envisager des modalités d'adaptation.

L'échelle locale pour hybrider les savoirs

Certains opposeront que l'expérience quotidienne d'habitants ne constitue pas un savoir du changement climatique. Ce discrédit, Emily Yeh (2016) l'a rencontré quand elle a voulu publier ses recherches menées auprès de peuples pasteurs du Tibet. Si le savoir local sur le climat ne peut être ni réfuté ni approuvé par les critères de la science occidentale, il peut néanmoins faire avancer la science et contribuer à ses débats (Yeh, 2016). En effet, il y a différentes manières de connaître le climat et ses fluctuations (Popke, 2016). C'est pourquoi nous avons pris au sérieux la multitude de signes et de récits que les participants aux ateliers et les personnes interviewées ont associée au changement climatique. Tous ces propos témoignent d'un processus d'implication concrète de ces personnes avec leur environnement dans le temps (Yeh, 2016, p.4). Selon John Dewey, pragmatiste et philosophe de la connaissance, et de l'environnement comme le qualifie Marc Mormont (2015), l'environnement étant notre milieu, fait de flux, d'actions réciproques, de devenir s'impliquant mutuellement, le recours au sens commun est indispensable. Des liens entre science et sens commun sont à faire (Mormont, 2015). Les proxys nous semblent constituer ces ponts. Ils indiquent et intègrent des changements dans les milieux physiques, biologiques et dans l'habitat, et ils situent localement des effets du changement climatique. D'ailleurs, de plus en plus, le changement climatique est vu comme une « entité hybride » faite de matérialités biophysiques et d'un savoir socioculturel qui réciproquement s'influencent (Popke, 2016). L'examen des savoirs sur le climat et de la manière dont ils se construisent nous amène à penser que le nœud de l'adaptation n'est pas que dans la régionalisation des modèles globaux pour passer d'une échelle globale à une échelle locale (« *scaling climate* ») [Jónsdóttir, 2013], mais plutôt dans ce que l'on peut dire et faire à partir du local, c'est-à-dire une forme de « territorialisation de l'action climatique » (Bertrand et

Richard, 2014). Le caractère « chevelu » (Latour, 1999) ou « enchevêtré » du climat (Godard, 2010), relié à une multitude de sujets, est révélé à cette échelle locale. Il invite à une recherche pluridisciplinaire où les sciences physiques sont appelées à interagir avec les sciences biologiques, et également, avec les savoirs locaux et empiriques. « L'interdisciplinarité met en présence des disciplines et des théories, son espace n'est pas seulement celui de la science mais aussi celui du sens commun qui prend au sérieux les affaires humaines » (Mormont, 2015). Travailler les complémentarités entre les savoirs locaux et les différents savoirs scientifiques, c'est créer un cadre pour un savoir hybride (Reyes-García et al., 2016) sur un sujet où il y a un « impératif d'intégration » (Klenk et Meehan, 2015). La recherche sur le changement climatique s'enrichit en intégrant différents savoirs (Popke, 2016).

En marche vers des projets d'adaptation

Parce que le changement climatique était situé dans le temps (rupture de 1987-1988) et dans l'espace (bassins versants), les participants aux ateliers du climat ont pu exprimer leur expérience et leurs savoirs à son propos. Si le changement climatique est reconnu, l'appropriation locale reste délicate car le « climat ne se rencontre pas » (Brédif et al., 2015). Appréhender les savoirs sur le climat comme « des savoirs par procuration », issus d'indices recueillis dans le quotidien, nous semble une voie pour rencontrer le climat de manière située. Le recours aux proxys est une manière de mobiliser les citoyens et leurs perceptions des changements environnementaux et ainsi de replacer les sciences du climat dans un contexte social de production des savoirs (Diemberger et al., 2012). Si l'adaptation est vue comme un processus de transformation de la société et non un ajustement à des risques qu'il faudrait mieux caractériser (Bassett et Fogelman, 2013), les acteurs locaux et leurs savoirs prennent une place nouvelle. La prise de conscience par les acteurs qu'ils détiennent des savoirs valides sur le changement climatique et leur mise en commun pourraient être une ressource pour une mobilisation sociale en faveur de politiques climatiques plus efficaces. L'adaptation peut s'émanciper d'une démarche planificatrice pour « être attentive à la fluidité des événements, aux retournements possibles, aux expériences et aux apprentissages » (Berdoulay et Soubeyran, 2014). Plutôt qu'une institutionnalisation descendante, l'expérience ici restituée souligne l'importance d'une approche ascendante de l'adaptation (Bertrand et Richard, 2014). De là peut émerger une mobilisation sociale « par le bas » incitant les élus à davantage s'engager quand l'action collective sur le changement climatique n'est plus seulement souhaitable mais moralement indispensable (Garvey, 2010). Le climat change très rapidement, pourrions-nous nous

adapter à la même vitesse? Rapprocher le modèle du climat global de savoirs locaux et d'expériences vécues est certes un levier modeste face à une interpellation plus directe des responsables politiques (Bourg, 2010 ; Klein, 2015 ; Latour, 2017), mais n'est-ce pas une façon de nous rendre le climat plus proche dans le temps et dans l'espace et d'agir sans attendre ?

Remerciements

Le projet HYCCARE a bénéficié de financements du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (programme Gestion et impacts du changement climatique), des agences de l'eau Loire-Bretagne, Seine-Normandie, Rhône-Méditerranée et de l'Ademe. Nous remercions Hélène Toussaint qui a initié le projet et à qui nous devons ces résultats.

Références

- Bassett T.J., Fogelman C., 2013. Déjà vu or something new? The adaptation concept in the climate change literature, *Geoforum*, 48, 42-53.
- Berdoulay V., Soubeyran O., 2014. Adaptation, science de la durabilité et pensée planificatrice, *Natures Sciences Sociétés*, 22, 2, 114-123, <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2014024>.
- Bertrand F., Richard E., 2014. L'action des collectivités territoriales face au « problème climat » en France: une caractérisation par les politiques environnementales, *Natures Sciences Sociétés*, 22, 3, 195-203, <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2014036>.
- Bertrand F., Petit S., Vergote M.-H., Brayer J.-M., 2017. Design territorial et changement climatique: innover pour s'adapter à une ressource en eau incertaine, *Innovations*, 54, 3, 41-63, <http://dx.doi.org/10.3917/inno.pr1.0019>.
- Brédif H., Bertrand F., Tabeaud M., 2015. Redéfinir le problème climatique par l'écoute du local: éléments de propédeutique, *Natures Sciences Sociétés*, 23, supplément, S65-S75, <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2015019>.
- Bourg D., 2010. L'éco-scepticisme et le refus des limites, *Études*, 413, 7/8, 29-40, <https://www.cairn.info/revue-etudes-2010-7-page-29.htm>.
- Broc N., Giusti C., 2007. Autour du *Traité de Géographie physique* d'Emmanuel de Martonne: du vocabulaire géographique aux théories en géomorphologie, *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 13, 2, 125-144, <http://dx.doi.org/10.4000/geomorphologie.921>.
- Brulebois E., Castel T., Richard Y., Chateau-Smith C., Amiotte-Suchet P., 2015. Hydrological response to an abrupt shift in surface air temperature over France in 1987/88, *Journal of Hydrology*, 531, 892-901, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.026>.
- Castel T., Lecomte C., Richard Y., Lejeune-Henault I., Larmure A., 2014. Le réchauffement climatique diminue-t-il le risque de dégâts de gel pour les cultures de climat tempéré? Communication au 27^e colloque de l'Association internationale de climatologie, 2-5 juillet, Dijon.
- Chuine I., Yiou P., Viovy N., Seguin B., Daux V., Le Roy Ladurie E., 2004. Grape ripening as a past climate indicator, *Nature*, 432, 289-290, <http://dx.doi.org/10.1038/432289a>.
- Conway E.M., Oreskes N., 2014. *L'effondrement de la civilisation occidentale. Un texte venu du futur*, Paris, Les liens qui libèrent.
- Diemberger H., Hastrup K., Schaffer S., Kennel C.F., Sneath D., Bravo M., Graf H.-F., Hobbs J., Davis J., Nodari M. L., Vassena G., Irvine R., Evans C., Strathern M., Hulme M., Kaser G., Bodenhorn B., 2012. Communicating climate knowledge. Proxies, Processes, Politics, *Current Anthropology*, 53, 2, 226-244, <http://dx.doi.org/10.1086/665033>.
- Douville H., Voldoire A., Geoffroy O., 2015. The recent global warming hiatus: what is the role of Pacific variability?, *Geophysical Research Letters*, 42, 3, 880-888, <http://dx.doi.org/10.1002/2014GL062775>.
- Dupuy J.-P., 2002. *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*, Paris, Éditions du Seuil.
- Figura S., Livingstone D.M., Hoehn E., Kipfer R., 2011. Regime shift in groundwater temperature triggered by the Arctic Oscillation, *Geophysical Research Letters*, 38, L23401, <http://dx.doi.org/10.1029/2011GL049749>.
- Garvey J., 2010. *Éthique des changements climatiques. Le bien et le mal dans un monde qui se réchauffe*, Paris, Yago.
- Godard O., 2010. Cette ambiguë adaptation au changement climatique, *Natures Sciences Sociétés*, 18, 3, 287-297, <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2010036>.
- Granjou C., 2016. *Sociologie des changements environnementaux. Futurs de la nature*, London, ISTE editions.
- Hari R.E., Livingstone D.M., Siber R., Burkhardt-Holm P., Guttinger H., 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams, *Global Change Biology*, 12, 1, 10-26, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001051.x>.
- Harper K.C., 2008. *Weather by the numbers. The genesis of modern meteorology*, Cambridge (MA), MIT Press.
- Hastrup K., Rubow C. (Eds), 2014. *Living with environmental change. Waterworlds*, London/New York, Routledge/Taylor & Francis.
- Hawkins E., Sutton R., 2012. Time of emergence of climate signals, *Geophysical Research Letters*, 39, 1, <http://dx.doi.org/10.1029/2011GL050087>.
- Heymann M., 2013. How did climate scientists' confidence in their models and simulations emerge?, in Hastrup K., Skrydstrup M. (Eds), *The social life of climate change models. Anticipating nature*, New York/London, Routledge, 203-224.
- Jasanoff S., 2010. A new climate for society, *Theory, Culture & Society*, 27, 2-3, 233-253, <http://dx.doi.org/10.1177/0263276409361497>.
- Jónsdóttir Á., 2013. Scaling climate. The politics of anticipation, in Hastrup K., Skrydstrup M. (Eds), *The social life of climate change models. Anticipating nature*, New York/London, Routledge, 128-143.

- Klein N., 2015. *Tout peut changer. Capitalisme & changement climatique*, Arles, Actes Sud. Traduit de: *This changes everything, capitalism vs the climate*, New York, Simon & Schuster, 2014.
- Klenk N., Meehan K., 2015. Climate change and transdisciplinary science: problematizing the integration imperative, *Environmental Science & Policy*, 54, 160-167, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.017>.
- La Soudière M. de, Tabeaud M., 2009. Le ciel comme terrain, *Ethnologie française*, 39, 4, 581-585, <http://dx.doi.org/10.3917/ethn.094.0581>.
- Latour B., 1999. *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Paris, La Découverte.
- Latour B., 2001. *L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Paris, La Découverte. Traduit de: *Pandora's hope. Essays on the reality of science studies*, Cambridge, Harvard University Press, 1999.
- Latour B., 2015. *Face à Gaïa. Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La Découverte.
- Latour B., 2017. *Où atterrir? Comment s'orienter en politique*, Paris, La Découverte.
- Le Roy Ladurie E., 1983 [1^{re} éd. 1967] . *L'histoire du climat depuis l'an mil*, Paris, Flammarion.
- Locher F., 2009. Le rentier et le baromètre: météorologie «savante» et météorologie «profane» au XIX^e siècle, *Ethnologie française*, 39, 4, 645-653, <http://dx.doi.org/10.3917/ethn.094.0645>.
- Luke T.W., 2015. The climate change imaginary, *Current Sociology Monograph*, 63, 2, 280-296, <http://dx.doi.org/10.1177/0011392114556593>.
- Matić F., Grbec B., Morović M., 2011. Indications of climate regime shifts in the middle Adriatic Sea, *Acta Adriatica*, 52, 2, 235-245, <https://hrcak.srce.hr/89727>.
- Martonne E. de, 1909. *Traité de géographie physique*, Paris, Armand Colin.
- Metzger A., 2018. *L'hiver au siècle d'or hollandais. Art et climat*, Paris, Presses Sorbonne Université.
- Moison J.-C. (Ed.). 1997. *Du mode d'existence des outils de gestion*, Paris, Seli Arslan.
- Mormont M., 2015. L'environnement entre science et sens commun, *Natures Sciences Sociétés*, 23, 2, 150-153, <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2015031>.
- Petit S., 2011. Le temps de demain. Un collectif engagé autour du changement climatique et de ses impacts, *Terrains & travaux*, 18, 1, 103-120, <http://dx.doi.org/10.3917/tt.018.0103>.
- Pharo P., 1985. *Savoirs paysans et ordre social. L'apprentissage du métier d'agriculteur*, Paris, CEREQ.
- Pinton S., 2009. Les humeurs du temps. Journal d'un paysan de la Creuse, *Ethnologie française*, 39, 4, 587-596, <http://dx.doi.org/10.3917/ethn.094.0587>.
- Popke J., 2016. Researching the hybrid geographies of climate change: reflections from the field, *AREA*, 48, 1, 2-6, <http://dx.doi.org/10.1111/area.12220>.
- Reid P.C., Hari R.E., Beaugrand G., Livingstone D.M., Marty C., Straile D., Barichivich J., Goberville E., Adrian R., Aono Y., Brown R., Foster J., Groisman P., Hélaouët P., Hsu H., Kirby R., Knight J., Kraberg A., Li J., Lo T.-T., Myneni R.B., North R.P., Pounds A.J., Sparks T., Stübi R., Tian Y., Wiltshire K.H., Xiao D., Zhu Z., 2016. Global impacts of the 1980s regime shift, *Global Change Biology*, 22, 2, 682-703, <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13106>.
- Rey A. (Ed.), 2016. *Dictionnaire de la langue française*. Paris, Le Robert.
- Reyes-García V., Fernández-Llamazares Á., Guèze M., Garcés A., Mallo M., Vila-Gómez M., Vilseca M., 2016. Local indicators of climate change: the potential contribution of local knowledge to climate research, *WIREs Climate Change*, 7, 1, 109-124, <http://dx.doi.org/10.1002/wcc.374>.
- Richard Y., Castel T., Bois B., Cuccia C., Marteau R., Rossi A., Thévenin D., Toussaint H., 2014. Évolution des températures observées en Bourgogne (1961-2011), *Bourgogne Nature*, 19, 110-117.
- Rudiak-Gould P., 2013. "We have seen it with our own eyes": why we disagree about climate change visibility, *Weather, Climate and Society*, 5, 120-132, <http://dx.doi.org/10.1175/WCAS-D-12-00034.1>.
- Schinkel W., 2016. Making climates comparable: comparison in paleoclimatology, *Social Studies of Science*, 46, 3, 374-395, <http://dx.doi.org/10.1177/0306312716633537>.
- Schlüter M.H., Merico A., Wiltshire K.H., Greve W., von Storch H., 2008. A statistical analysis of climate variability and ecosystem response in the German Bight, *Ocean Dynamics*, 58, 169, <http://dx.doi.org/10.1007/s10236-008-0146-5>.
- Skamarock W.C., Klemp J.B., Dudhia J., Gill D.O., Barker D. M., Duda M.G., Huang X.-Y., Wang W., Powers J.G., 2008. *A description of the Advanced Research WRF Version 3, Technical report*, Boulder, National Center for Atmospheric Research, https://opensky.ucar.edu/islandora/object/tech_notes%3A500/datastream/PDF/view.
- Skrydstrup M., 2017. Envisioning the future by predicting the past: proxies, praxis and prognosis in paleoclimatology, *Futures*, 92, 70-79, <http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.004>.
- Stephens P.A., Pettorelli N., Barlow J., Whittingham M.J., Cadotte M.W., 2015. Management by proxy? The use of indices in applied ecology, *Journal of Applied Ecology*, 52, 1-6, <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.12383>.
- Theureau J., 1991. Cours d'action et savoir-faire, in Chevallier D. (Ed.), *Savoir faire et pouvoir transmettre. Transmission et apprentissage des savoir-faire et des techniques*, Paris, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 43-60.
- Yeh E.T., 2016. 'How can experience of local residents be "knowledge"?' Challenges in interdisciplinary climate change research, *AREA*, 48, 1, 34-40, <http://dx.doi.org/10.1111/area.12189>.