

Prendre en compte les dimensions temporelles de l'information géographique environnementale dans l'action publique territoriale[★]

Suzanne Catteau^{1,*}  et Emmeline Lobry² 

¹ Géographie, Tour du Valat, UMR PASSAGES, Pessac, France

² Géographie, Cistude Nature, UMR PASSAGES, Pessac, France

Résumé – La multiplication des indicateurs quantitatifs dans les politiques publiques liées à l'environnement engendre le recours croissant aux systèmes d'information géographique et aux données environnementales géoréférencées. L'enjeu est de traduire spatialement les changements globaux pour la planification et le suivi des dynamiques naturelles et anthropiques. L'article questionne le rapport à la temporalité de ces données : leur trajectoire d'évolution, rythmée par les progrès technologiques, et leur difficile adéquation avec les temporalités de l'objet qu'elles cherchent à représenter et celles de leurs utilisations. Il décortique l'incidence des croisements de données aux temporalités multiples. À partir de deux cas d'étude, l'article affirme l'importance de prendre le temps de la discussion durant le traitement des données afin d'en améliorer la compréhension et la comptabilité avec les objectifs attendus.

Mots-clés : SIG / données spatiales / environnement / recherche finalisée / changement global

Abstract – Time in environmental spatial data: from geographic information to policy decision making. The sharp increase in the use of quantitative indicators in environmental public policies is leading to a rising use of Geographic Information Systems and georeferenced environmental data. The challenge lies in translating global changes into spatial data and models to plan and monitor natural and anthropogenic dynamics. In this article, the temporal characteristics of these databases are questioned: their evolutionary trajectory, punctuated by technological progress, and the adequacy between the object, the temporalities of data representing it, and the temporalities of their uses. In addition, we highlight the impact of crossing multiple data whose temporalities may differ. This research may have taken a time that was not originally planned in our research projects, but the relevance of this exercise in reflexivity is here asserted. To ensure a better understanding and suitability of the technical and conceptual problems involved in using spatial data to study global changes, environmental data need to be methodically analysed.

Keywords: GIS / spatial data / environment / targeted research / global change

Les élus et agents de l'action publique territoriale sollicitent des indicateurs décrivant les changements globaux, dont certains ont la particularité d'avoir une composante spatiale. L'information géographique sous-jacente à ces indicateurs est issue du traitement et de l'interprétation d'un ensemble de données spatiales, résultats bruts d'observations et de mesures.

Trois étapes du cycle de vie des données spatiales apparaissent décisives pour comprendre la complexité de leurs dimensions temporelles. Durant la phase de production des données, matériel employé et méthodes d'acquisition s'inscrivent dans une temporalité à laquelle se surimposent celles des producteurs de la donnée, qui la formatent, la stockent et la mettent à disposition. L'élaboration de l'information géographique, qui s'inscrit dans une finalité spécifique, procède par le traitement de ces données brutes ou la réutilisation d'informations existantes, notamment dans le cadre de projets dont elle suit les temporalités. Enfin, l'utilisation

[★] Voir dans ce numéro le [texte de présentation du dossier](#) par P. Cornu et J. Theys, ainsi que les [autres contributions](#) qui le composent.

*Auteur correspondant : catteau@tourduvalat.org

de cette information géographique pour l'action territoriale est régie par le calendrier des commanditaires de cette information.

Parallèlement, l'information géographique, lorsqu'elle représente des interactions entre faits de nature et faits de société à partir de ces données spatiales, se réfère à des objets ou des processus qui répondent à de larges spectres de temporalités et d'échelles spatiales. La coexistence entre ces multiples temporalités nous interroge : comment les outils de métrologie de l'espace permettent-ils de compter les temps et d'appréhender les rythmes qui gouvernent les interactions entre faits de nature et faits de société ?

L'ouverture de l'accès à l'information environnementale est identifiée comme un projet fédérateur et démocratique dès les années 1990 (Lavoux, 2003). À la suite de la convention internationale d'Aarhus en 1998 et parallèlement à l'avènement du géoweb au milieu des années 2000, la directive INSPIRE (2007/2/CE) vise à faciliter la diffusion et favoriser l'interopérabilité des données géographiques relatives à l'environnement (Feyt, 2011 ; Joliveau, 2011 ; Lavoux, 2003 ; Noucher et Gautreau, 2013). Cela conduit certains auteurs à constater une « profusion de données géographiques [...] diffusées en libre accès » (Pinède *et al.*, 2017). Cette profusion donne l'illusion d'une connaissance qui tend vers l'exhaustivité, capable d'aborder les socioécosystèmes dans une perspective systémique par l'intégration d'une multiplicité de paramètres. Les concepteurs d'indicateurs environnementaux spatialisés, issus de contextes disciplinaires variés, peuvent donc recourir à un nombre croissant de données et d'informations géographiques.

Travaillant entre géographie et écologie, entre acteurs de la recherche et acteurs de la gestion, nos investigations¹ s'attachent à identifier les ruptures et les continuités dans les dynamiques environnementales à l'aide du traitement et de la combinaison de données spatiales produites dans des contextes antérieurs. La dimension temporelle de ces données d'entrée est d'abord apparue comme un angle mort dans les discussions avec nos commanditaires. Nous souhaitons donc interroger la restitution et la compréhension des temporalités traduites par ces données.

L'objectif opérationnel de nos recherches nous invite à mettre à l'épreuve la pertinence et la rapidité des dispositifs construits à partir de données spatiales préexistantes. Nos questionnements portent sur les données et leurs métadonnées ainsi que sur leur compréhension et leur utilisation par nos interlocuteurs. Dans quelle mesure pouvons-nous porter la question des temporalités de nos objets et des données qui les représentent lorsque nous discutons des méthodes de spatialisation ? En quoi le découplage des contextes de production et d'utilisation des données (Arpin, 2020) induit-il des incohérences temporelles lors de la réalisation de traitements et de croisements avec d'autres données ? Les données géographiques relatives à l'environnement suscitent des attentes quant à un déploiement d'analyses rétrospectives pour appréhender les rythmes des changements globaux et envisager des études prospectives. Les politiques publiques se focalisent sur la production d'indicateurs, dont le caractère spatial permet la représentation visuelle, souvent au détriment des enjeux liés aux données elles-mêmes, à leurs temporalités et à leur cohérence vis-à-vis des questions auxquelles elles sont censées répondre.

Nous proposons dans cet article une mise en regard de nos travaux en raison de la similarité de nos observations et de la complémentarité des enjeux que soulèvent nos objets d'étude quant aux traitements de données environnementales. En effet, tandis que l'une d'entre nous fait face à la coexistence d'une multitude de données spatiales représentant son objet en raison de l'évolution des contextes de production et d'utilisation, la dimension prospective de l'objet de l'autre implique la combinaison de nombreuses données antérieures, aux caractéristiques temporelles diverses, dont l'assemblage questionne.

Une première partie présente les attentes de nos interlocuteurs quant à une accélération des temps de traitement grâce à l'utilisation de systèmes d'information géographique (SIG), qui appelle en contrepoint la mise en évidence d'un temps de discussion préalable, nécessaire pour le choix des données et leurs transformations. Il s'agit de présenter le contexte dans lequel s'inscrivent nos recherches et de montrer la chronologie de ce renversement de points de vue. La deuxième partie prend appui sur des recherches concernant les zones humides pour traiter de l'évolution du statut conféré aux données spatiales ainsi que l'adéquation entre les temporalités de l'objet d'étude et celles de leur utilisation. Enfin, la troisième partie s'ancre dans des recherches relatives à la préparation de données spatiales décrivant les structures paysagères afin de les intégrer dans des modélisations prospectives. Elle interroge l'association de données caractérisées par des temporalités différentes et la cohérence entre les

¹ L'une d'entre nous interroge la spatialisation des fonctions et du fonctionnement des zones humides dans l'optique de nourrir une réflexion quant à leur prise en compte dans les stratégies territoriales. L'autre questionne le rôle des structures paysagères dans la modification de la répartition des espèces sous l'effet du changement climatique pour l'aide à la décision en matière de politique environnementale régionale.

temps de la recherche et ceux des données utilisées, dans un contexte d'accélération des changements globaux et de convocation de la recherche sous le régime de l'urgence.

Prendre le temps de traiter les données spatiales

Accélérer les temps de traitement grâce aux systèmes d'information géographique ?

L'information géographique constitue un élément central pour développer des stratégies ou des orientations de gestion ainsi que pour suivre les actions entreprises (Guimont et Petitimberty, 2017). Cela s'inscrit dans une culture du chiffre qui s'étend désormais au domaine de l'environnement avec l'irruption du *new public management* dans le développement des politiques publiques (Guimont et Petitimberty, 2017). En effet, depuis les années 1990, la démultiplication d'indicateurs écologiques quantitatifs participe au processus de technicisation de l'environnement (Bouleau et Deuffic, 2016 ; Bouleau et Pont, 2014 ; Granjou, 2013). Nos projets de recherche s'inscrivent dans ce contexte. Une agence de l'eau a commandé à l'une d'entre nous une recherche exploratoire pour localiser des espaces de fonctionnement des zones humides et intégrer les résultats dans la mise à jour d'un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). La seconde a intégré un programme de recherche ambitionnant d'étudier l'impact du changement climatique sur la biodiversité dans une région. Ce programme a été financé par les collectivités territoriales, notamment la Région, dans le cadre de sa politique d'action publique territoriale, plus précisément dans son volet d'anticipation et d'adaptation aux effets du changement climatique : les connaissances acquises dans ce programme doivent servir d'aide à la décision et sa réussite constitue un atout valorisable lors des élections régionales. Ainsi, ces deux projets de recherche s'inscrivent dans les calendriers politiques de l'action publique territoriale : les échéances de nos partenaires se traduisent par une demande de résultats rapides, à l'instar des dynamiques actuelles des politiques publiques (Guimont, 2018).

Le recours aux SIG a pour vocation « de communiquer et de traiter l'information géographique, c'est-à-dire, au sens étymologique du terme, décrivant le monde terrestre » (Denègre et Salgé, 2004). Les SIG apparaissent ainsi comme une solution adéquate pour systématiser des traitements numériques dans de vastes territoires en intégrant de grands jeux de données : pour l'une d'entre nous, la partie française des bassins versants des fleuves méditerranéens, soit 130 660 km², pour l'autre, la région Nouvelle Aquitaine, soit 84 800 km². La diffusion

des SIG s'est accélérée avec la demande croissante des collectivités territoriales. D'autre part, les logiciels libres et gratuits se sont fortement développés ces dernières années, notamment QGIS, dont l'efficacité est désormais comparable aux outils sous licence payante. Ce tournant s'explique en partie par l'investissement des administrations, ministères et services décentralisés pour le transfert de l'ensemble de leurs infrastructures vers ce logiciel en 2011. Cette diffusion plurisectorielle participe à la démocratisation et à l'adoption de QGIS dans la majorité des institutions publiques françaises, y compris dans nos structures. La facilité d'accès et l'amélioration de l'interface induisent une augmentation des utilisateurs non véritablement spécialistes de la géomatique et des données spatiales. Dans ces logiciels, si des consoles existent pour programmer sous forme de lignes de codes, une large diversité de modules proposant des fonctions déjà codées rend accessible la modélisation. Des tutoriels indiquent le format des données à fournir en entrée et l'algorithme travaille ensuite de manière autonome. Le logiciel veille à la compatibilité des formats et des projections mais ne fournit pas de garde-fou conceptuel. Par exemple, il rend possible une comparaison entre deux jeux de données d'occupation des sols à deux dates alors que ces données ont été produites à des résolutions spatiales différentes, biaisant ainsi son interprétation (Bousquet *et al.*, 2013). La rapidité d'exécution des algorithmes offerte par les progrès technologiques permet désormais d'en tester plusieurs au lieu de s'attacher à comprendre et à vérifier l'adéquation de la formule numérique avec les objectifs de la commande.

Dans leurs territoires d'action, nos commanditaires attendent une information spatiale continue et homogène obtenue grâce à des protocoles systématiques. Nos échanges sur nos pratiques respectives nous ont interrogés : cette accélération des traitements par SIG et des résultats cartographiques obtenus ne s'opère-t-elle pas au détriment d'une attention sur l'adéquation des données et de leurs métadonnées avec les questions de recherche ?

Ralentir pour discuter les choix méthodologiques

Notre ancrage est double : notre position entre recherche et pratique implique une certaine urgence à produire des réponses rapides pour nos commanditaires, mais nos démarches de recherche s'enracinent dans la géographie et plus particulièrement dans une approche critique de la cartographie et des SIG qui nécessite du temps (Crampton, 2010 ; Dodge et Perkins, 2015 ; Harley, 1989). Ce courant souligne plusieurs prérequis pour améliorer l'efficacité des indicateurs spatialisés pour l'atteinte des objectifs. Il s'agit notamment de

comparer l'incidence du choix des données d'entrée, celle du choix des résolutions ou encore l'analyse de la réception des cartes, ce qui allonge le temps de la recherche par la démultiplication des entretiens. Cela nous interroge : comment donner de la légitimité à ce temps qui n'est pas alloué directement à la modélisation en tant que telle et qui ne semble pas considéré comme indispensable par l'ensemble des chercheurs impliqués dans la thématique ?

Les données décrivent l'objet empirique à travers un objet conceptuel (Mathian et Sanders, 2015). Ce dernier formalise la connaissance et les moyens techniques dont dispose le producteur de la donnée (Feyt, 2002). La disponibilité d'une profusion de données suggère l'exhaustivité de cette connaissance. De plus, l'objet conceptuel est fréquemment assimilé à l'objet empirique, sans considération pour le décalage intrinsèque entre l'objet et la donnée qui le reflète. Pourtant, il est couramment admis que lorsque des indicateurs environnementaux sont développés, ils se limitent à une vision composite de la réalité en procédant « par approximation à partir de données disponibles » (Bouleau et Deuffic, 2016).

L'exemple de la recherche menée sur l'insertion d'indices paysagers dans un modèle de répartition d'espèces sous l'effet du climat illustre bien ce décalage (Lobry et Catteau, 2023). Pour traduire l'objet empirique « paysage » en objet conceptuel, les bases de données d'occupation du sol sont utilisées (McGarigal et Marks, 1995). Elles sont souvent produites pour répondre aux besoins de l'aménagement du territoire. Dès lors, quelle adéquation entre la donnée et l'objectif de recherche ? Dans quelle mesure peut-on assimiler l'occupation du sol au paysage ? Souvent, la question « a-t-on des données ? » occupe une place prépondérante dans les débats, occultant la question de la pertinence du choix des données selon les caractéristiques de l'objet d'étude et la question de recherche. Cela implique un examen de la donnée selon son contexte, son mode et ses objectifs de construction. Si elle est parfois utilisée telle quelle, elle est souvent réagencée par la modification de ses résolutions spatiale, thématique ou temporelle. Ces réagencements peuvent être réalisés pour s'adapter à une question de recherche ou bien pour des considérations purement techniques, telles que les capacités de l'ordinateur ou la durée des traitements. En effet, une résolution plus fine démultiplie les temps de calcul. Les données météorologiques journalières sont par exemple agrégées en moyennes saisonnières par décennie afin de réduire le nombre de données en entrée et les temps de traitement pour la modélisation.

Ce lissage statistique des variations saisonnières et décennales, effectué pour des raisons techniques, risque d'invisibiliser la variabilité des conditions climatiques lors de l'interprétation des résultats du modèle par

rapport à la question de recherche : l'impact du changement climatique à l'horizon 2100 sur la répartition de certaines espèces. Si ce choix méthodologique s'explique dans le contexte du programme de recherche, il est important d'être vigilant lors de l'interprétation et de l'éventuelle réutilisation des résultats du modèle.

Composer une méthode dont le rythme s'accorde avec ceux de la recherche et de l'action

Notre méthode s'organise en deux champs d'analyse qui s'alimentent mutuellement. D'une part, une analyse du cycle de la donnée : du processus de mise en données spatiales, en indicateurs spatialisés, et enfin à leur représentation sous forme de cartes. Pour cela, nous procédons à une étude des métadonnées pour identifier les temps de production et de diffusion des données par rapport aux temps des objets qu'elles représentent. Nous mobilisons notamment la dichotomie proposée par Pierre Grenon et Barry Smith (2004) ; certaines entités correspondent à des instantanés, dits « *snap* », tandis que d'autres, sous le terme « *span* », font référence à des processus qui s'inscrivent dans la durée. Parallèlement, nous proposons une démultiplication des modèles pour rendre visibles les options possibles et faire apparaître les conséquences du choix des données et des paramètres (Bouleau, 2014). D'autre part, nous nous appuyons sur la méthode de l'enquête ethnographique pour analyser les représentations de nos interlocuteurs, notamment dans leurs discours et leurs productions écrites (Olivier de Sardan, 2008). Nos corpus sont constitués de données discursives, issues d'ateliers participatifs ou d'entretiens, mais aussi observationnelles, recueillies au fil de notre pratique professionnelle. La majorité de nos interlocuteurs, une trentaine pour chacune d'entre nous, ont en commun « un positionnement sur le registre de l'expertise scientifique et technique, de la connaissance des milieux et des êtres naturels, et des modes d'action contribuant à leur conservation » (Granjou, 2013). Nous les avons rencontrés de manière ponctuelle tout au long de nos projets de recherche ou durant des périodes courtes d'interaction. Pour l'une, il s'agit d'acteurs de la gestion de l'eau, rattachés soit à une agence de l'eau, soit à des parcs naturels, syndicats de bassins versants, bureaux d'études, ou encore conservatoires d'espaces naturels (CEN). Pour la seconde, il s'agit des salariés d'une association de protection de la nature, un CEN, un conservatoire botanique national et des chercheurs écologues et biostatisticiens issus du monde académique. L'une d'entre nous a également réalisé des ateliers participatifs avec huit élus locaux pour analyser leur réception des données spatiales.

En amont des rencontres avec nos partenaires, nous préparons deux ou trois résultats cartographiques faisant varier les données utilisées ou les paramètres de modélisation, et nous les soumettons à la discussion de nos interlocuteurs afin d'identifier avec eux les enjeux et d'opérer les modifications en conséquence. L'intérêt de la mise en discussion des requêtes spatiales est compris par nos partenaires au fur et à mesure de nos échanges. La transposition de concepts écologiques dans un SIG met en évidence la pluralité de regards qui coexistent au sein de leur expertise thématique.

L'exemple de la recherche menée sur le fonctionnement des zones humides montre notamment cette diversité d'interprétations. Les entretiens réalisés auprès d'acteurs de la gestion de l'eau révèlent qu'ils s'accordent tous pour que les cartes fassent le lien entre la présence d'une station d'épuration et le fonctionnement biogéochimique des zones humides. Néanmoins, le sens de cette relation est largement discuté et plusieurs positions sont observées. Pour certains, cette présence constitue une source potentielle de pollution en cas d'incident, donc une pression sur la zone humide. Pour d'autres, *a contrario*, elle indique que les rejets de polluants vers le milieu sont limités et traduit donc une préservation de la fonction épuratrice. Enfin, plusieurs y voient le signe d'une fonction biogéochimique « boostée », donc plus élevée qu'ailleurs. Ces interprétations divergentes ne sont pas conciliables dans une même carte et nécessitent donc de prendre le temps de la discussion pour s'accorder sur les objectifs des utilisateurs des cartes et sur les représentations ainsi intégrées.

Si dans certaines définitions, les SIG sont présentés comme un outil de requête pour répondre à des questions spatiales (Denègre et Salgé, 2004), ils sont également un outil d'aide à la formulation de ces questions. Nous proposons de vérifier cette hypothèse en considérant les SIG comme un dispositif permettant aux acteurs de s'exprimer, de faciliter leur compréhension mutuelle des enjeux et d'avancer ensemble dans la définition du problème, ouvrant ainsi des perspectives inattendues, plus fécondes que la recherche de solutions produites *ex nihilo* (Brédif, 2006).

Trouver le rythme de la donnée

La production et l'utilisation des données relatives aux zones humides illustrent les enjeux à la fois techniques et politiques qui existent autour des données spatiales et la représentation de leurs temporalités. En effet, ces espaces répondent à différents forçages, tant anthropiques que naturels, sur des pas de temps qui peuvent être très courts (saison, opération de drainage), intermédiaires (envasement), mais aussi très longs (mouvements tectoniques). Cette partie questionne les rythmes des données qui les décrivent.

Les évolutions techniques fixent la cadence des données

Les données spatiales, notamment celles relatives aux zones humides, ont pour particularité de suivre les évolutions technologiques. Elles changent au rythme des progrès informatiques, particulièrement rapides ces 30 dernières années. L'avènement de la micro-informatique dans les années 1990 se traduit par la démultiplication des données à composante spatiale et la diffusion des SIG dans les institutions territoriales (Feyt, 2011). Simultanément, les zones humides obtiennent une première reconnaissance juridique avec la loi sur l'eau de 1992. Leur spatialisation s'opère de manière hétérogène à l'échelon national selon l'investissement des territoires dans les projets de création ou de digitalisation des inventaires de zones humides. Au fur et à mesure de la numérisation des fonds cartographiques, les données spatiales sont extraites des cartes figées. La numérisation apparaît comme une mutation majeure pour les inventaires naturalistes, qui ne sont plus uniquement sur des « supports fragiles et éphémères » (Arpin *et al.*, 2015); ces données peuvent être transmises et réutilisées avec un coût de travail et un temps moins importants. À la fin des années 1990, le numéro 15 de la revue *Zones Humides Infos* témoigne de la pluralité des projets cartographiques relatifs aux zones humides et des questions qui émergent quant à la nécessité de leur harmonisation (Leclère et Duhautois, 1997). Dans les années 2000, la mise en réseau des données spatiales de l'environnement devient un enjeu majeur (Noucher et Gautreau, 2013), notamment pour les organismes centralisateurs tels que les ministères ou les agences de l'eau. L'ambition est de les rassembler de manière à disposer d'une information complète et continue sur leurs territoires: « L'existence d'une couverture cartographique continue, homogène et actualisée du territoire [...] est un impératif fonctionnel et symbolique majeur » (Feyt, 2002). Néanmoins, la juxtaposition de données locales peine à répondre à cette attente, de la même manière que pour les zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique [Znieff] (Couderech et Amelot, 2010).

Sur le plan technique, des logiciels tels que MedWet Database développé par Wetlands International ou GWERN, développé en 2008-2009 par le Forum des Marais Atlantiques, visent à homogénéiser la structuration de ces bases de données et à faciliter la compilation d'inventaires de zones humides en imposant un cadre normatif.

Par ailleurs, l'évolution des capacités de calcul permet de mobiliser de grands jeux de données. En 2014, les SIG sont mis au service d'institutions centrales pour produire la première carte des « Milieux potentiellement humides » de France métropolitaine. Sa construction s'appuie sur des données topographiques, hydrologiques,

météorologiques et pédologiques (Berthier *et al.*, 2014). L'actualisation de cette étude en 2023 vise une prélocalisation des milieux humides plus « pertinente » et à « une échelle plus fine qu'en 2014 » (ministère de la Transition écologique, 2021), le 1/10 000, notamment par l'intégration de données de télédétection à haute résolution spatiale.

Les différentes propositions évoquées suggèrent que la technique rendrait possible une identification objective des zones humides. Pourtant, plusieurs données spatiales relatives aux zones humides coexistent : des données d'inventaires, produites à différentes époques selon différentes méthodes liées aux contextes de production, et des données issues de modélisation intégrant des données variables selon les méthodes. Cette diversité invite à s'interroger sur la dimension temporelle de l'objet empirique qu'est en mesure de représenter chacune de ces données.

Rythme d'actualisation de la donnée et rythme de l'objet d'étude

Si l'actualisation des données s'opère au rythme des progrès technologiques, elle suit également le mouvement des évolutions juridiques. Un arrêté ministériel de 2008, modifié en 2009, précise les critères de définition et de délimitation des zones humides². L'objectif est d'établir des critères pédologiques et floristiques pour une reconnaissance homogène des écosystèmes dans le territoire national. Cependant, selon les cas de jurisprudence, ces critères doivent être pris en compte de manière alternative ou cumulative. Cela a pour conséquence plusieurs cycles d'alternance entre agrandissement et rétrécissement de l'étendue des espaces qualifiés de zones humides.

L'actualisation de l'inventaire des zones humides ne pouvant suivre ce rythme de changement, il a été décidé de rassembler les données produites localement, quelles que soient leur définition et méthode d'acquisition, sous l'intitulé « milieu humide » tel que le définit le dictionnaire des données SANDRE (2018)³. Ce terme traduit ainsi une réalité floue et non juridique.

Dans les territoires, plusieurs délimitations de zones ou milieux humides coexistent (Fig. 1). Cette figure présente deux zonages. Le plus ancien, produit par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) en 2004, a été tracé selon les critères floristiques observés par photo-interprétation. Le plus récent, créé pour le Plan local d'urbanisme (PLU) communal en 2020, identifie des zones humides par des

relevés botaniques et pédologiques. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer les différences spatiales entre ces deux dates : la construction d'une zone d'activité (au centre de la carte), l'arrêté de 2008 ou les techniques d'acquisition, notamment la résolution spatiale des données. Ces variations dépendent de la conceptualisation de l'objet, et donc de sa mise en données. Parallèlement, des variations intra- et interannuelles des paramètres hydrologiques et climatiques, qui conditionnent la végétation, peuvent aussi expliquer en partie ces modifications. Ainsi, certains changements de tracés sont simplement la conséquence des rythmes de l'objet empirique. L'absence de généalogie entre les polygones produits à des dates successives est un facteur qui complexifie la représentation des processus spatio-temporels de ces entités transformables (Cheylan, 2007).

Cela rend difficile la mise en œuvre de comparaisons temporelles. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse (RMC) a demandé une représentation spatiale de ces écosystèmes, indépendante des variations liées aux modes d'acquisition et aux évolutions de la définition juridique. Pour cela, elle propose de concevoir un espace à partir de paramètres géologique et topographique évoluant sur des pas de temps plus longs et qui conditionnent la présence de zones humides (Fig. 2). Il s'agit de sortir de la représentation par succession d'instantanés, de « snaps » (Grenon et Smith, 2004).

Les cartes géologiques au 1/50 000 ont été acquises sur près de 70 années dans l'ensemble de la France : l'évolution des méthodes d'acquisition et d'interprétation induit une hétérogénéité qui se répercute dans les données vectorisées au niveau du territoire RMC (Bouscary, 2020). Par ailleurs, les données topographiques sont désormais accessibles à de multiples résolutions spatiales, de 1 à 75 m. Dès lors, si la précision de ces données n'est plus un caractère limitant pour la modélisation, il convient de réfléchir à ce qu'elles permettent de représenter. Les résolutions spatiales les plus fines mettent en évidence des éléments dynamiques comme des berges de cours d'eau, tandis que les données à 25 m de résolution peuvent révéler les formes structurantes du relief, relativement invariantes à l'échelle humaine, à quelques rares exceptions telles que de grands talus (diagonale nord-ouest/sud-est de la figure 2), des carrières ou certains remblaiements (Catteau *et al.*, 2024). L'attention portée à la résolution spatiale des données permet donc de définir et de rendre compte des temps longs de l'environnement que le commanditaire souhaite mettre en évidence.

Ainsi, les faits de nature sont perceptibles dans une dimension tantôt statique (Fig. 2), tantôt dynamique (Fig. 1) selon l'échelle temporelle considérée. Le temps investi pour expliquer la différence de temporalités auprès des acteurs institutionnels de la gestion de l'eau

² Articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du Code de l'Environnement, Journal Officiel, 0159, 9 juillet 2008.

³ Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau.

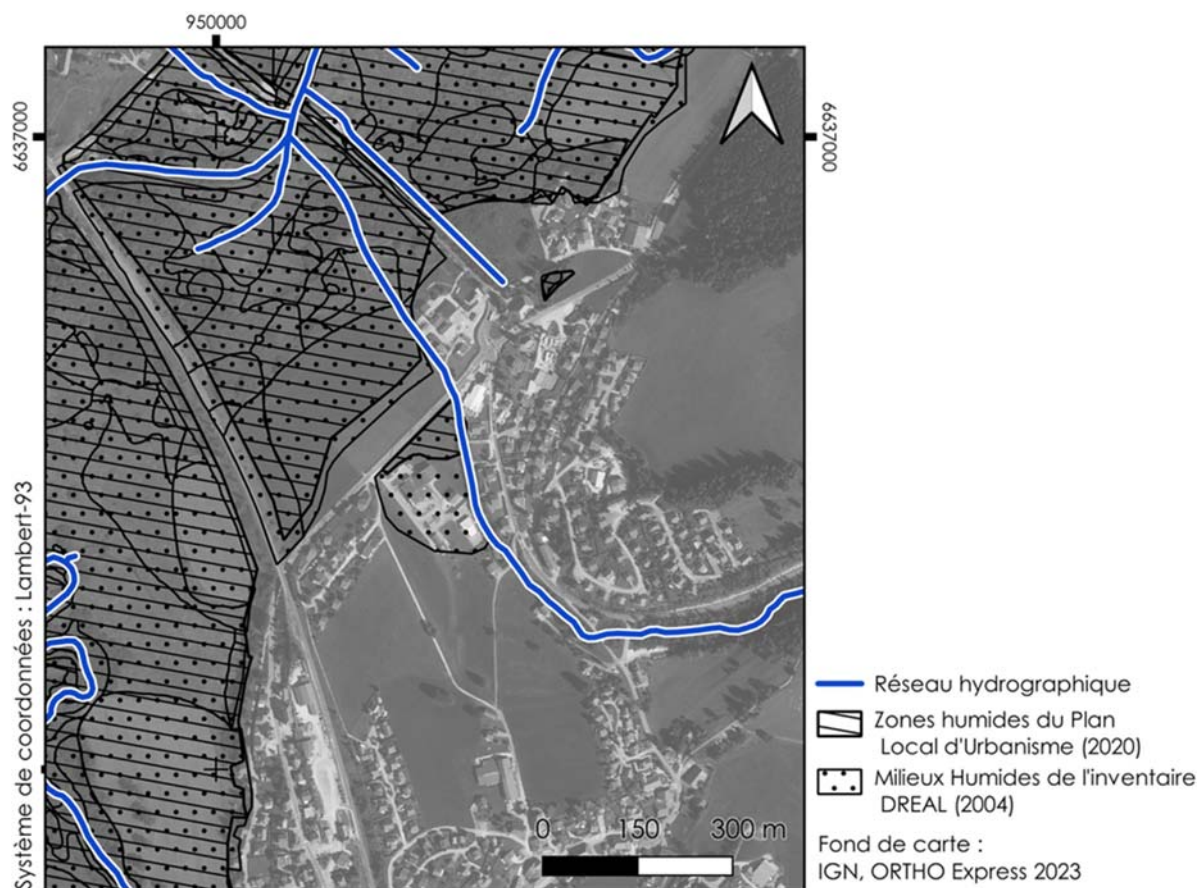


Fig. 1. Coexistence de zonages de zones humides et milieux humides sur un même territoire.

leur a permis de s'approprier la distinction entre ces données. Ils peuvent ainsi prendre en compte la complémentarité d'une représentation des formes visibles sur le terrain à un moment donné, avec une représentation des conditions géologiques et topographiques qui en sont à l'origine.

Les documents d'urbanisme intègrent dans leurs zonages les délimitations des zones humides produites à un instant t , ce qui conduit à une approche fixiste de leur prise en compte et pose la question plus large de la représentation des dimensions temporelles dans ces documents. Si ces représentations sont nécessaires pour l'application de la loi sur l'eau et la reconnaissance des zones humides actuelles, elles n'offrent pas une vision continue des phénomènes qui concourent à leur présence et à leur fonctionnement. La représentation d'un espace plus large à partir du relief et de la géologie permet de prendre connaissance des secteurs dont les caractéristiques sont déterminantes pour la présence des zones humides actuelles, de celles qui ont pu être présentes par le passé ou qui pourraient l'être dans le futur selon les changements globaux. Ces deux types de données se révèlent donc complémentaires pour avoir une représentation des zones humides actuelles et des changements qui pourraient advenir.

Le rythme de production de données prend de vitesse leur utilisation

Dans le cadre d'une expérimentation doctorale, une série de trois ateliers participatifs a été organisée pour questionner l'utilisation des différentes bases de données spatiales présentées dans la partie précédente par un groupe de huit élus locaux volontaires, appartenant à une même communauté de communes (Catteau et Couderchet, 2022). Ces acteurs sont décisifs pour la prise en compte des dynamiques des zones humides dans les stratégies d'aménagement du territoire. Ils soulignent que les données spatiales de « zones humides », par leur valeur réglementaire, sont adaptées à leurs missions car elles permettent d'être réactif en cas de projets de construction dans ces espaces. Les éléments de connaissance sans portée réglementaire impliquent de prendre le temps de leur compréhension et de leur intégration aux documents de planification.

Le temps nécessaire pour qu'un zonage devienne réglementaire est parfois long : si le terme « zone humide » apparaît dès les années 1960, il ne revêt une dimension légale au niveau national qu'à partir de 1992 avec la loi sur l'eau. Pouvons-nous collectivement nous permettre d'attendre de nouvelles évolutions

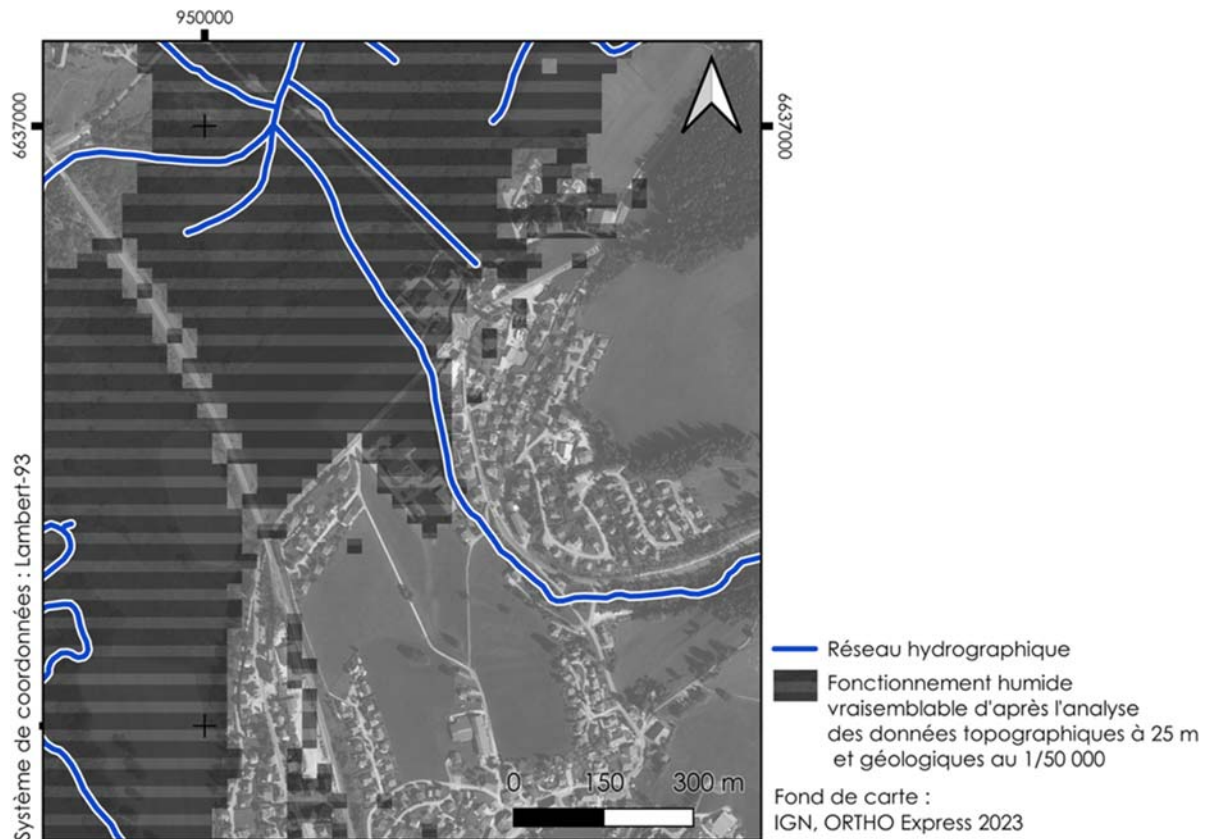


Fig. 2. Secteurs identifiés comme favorables à la présence de zones humides à partir des données topographiques à 25 m de résolution et géologiques au 1/50 000.

réglementaires face à la rapidité des changements globaux ? Sans la dimension juridique et en dehors des zonages, lorsqu'un projet risque de porter atteinte aux zones humides, l' élu qui souhaiterait le refuser ou lui imposer des modifications doit recourir rapidement à un argumentaire. Or, le temps dédié à sa démonstration peut dépasser celui de l' instruction administrative et le projet voit alors le jour. Pour autant, les élus présents rappellent leur engagement pour défendre des intérêts communs quel que soit le temps consacré. L' un d' entre eux souligne l' investissement requis pour construire un argumentaire en faveur de la protection des zones humides en l' absence de zonage juridique :

« C' est évidemment gênant si vous perdez, c' est du temps que l' élu passe [...] Après il faut relever les manches, il faut y aller. C' est notre boulot de tous les jours. » (maire d' une commune du Doubs, janvier 2021)

Par ailleurs, les multiples évolutions juridiques du terme « zone humide » n' impliquent pas systématiquement un renouvellement des bases de données afférentes. Ainsi, celles qui sont utilisées ne correspondent pas toujours à la définition la plus récente. Le caractère

statique de la donnée peut contribuer à une approche fixiste de l' environnement au détriment d' une prise en compte de la caractéristique évolutive des écosystèmes (Guimont et Petitimberty, 2017) qui permettrait de penser différemment l' adaptation aux changements globaux.

Des participants suggèrent d' intégrer dans le Plan d' aménagement et de développement durable du PLU certaines informations spatiales issues des ateliers, sans leur attribuer de dimension réglementaire. Ce document n' est pas directement opposable, mais il permet de donner une place à ce type d' information stratégique et d' y faire référence en amont de l' élaboration de certains projets. Si les élus locaux envisagent le PLU comme un levier majeur pour mettre en œuvre des actions en faveur des zones humides, ils attirent l' attention sur le fait que sa mise à jour prend des années et se révèle coûteuse pour la collectivité. L' intégration à d' autres documents, le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) ou des Plans de gestion stratégique de zones humides conçus avec la structure locale de bassin versant, est suggérée. Toutefois, ces documents ont leurs propres rythmes d' actualisation. Les participants de ces ateliers soulignent donc l' inadéquation entre l' inertie des documents

de planification et les mutations perpétuelles des connaissances et des données.

Associer des données hétérogènes par la maîtrise des temps

Si la thématique des zones humides tend à dissocier plusieurs jeux de données traitant du même objet, nous interrogeons dans cette partie la manière dont sont associées des données de temporalités différentes pour un même objectif, celui de la modélisation prospective. Pour cela, nous nous appuyons sur notre expérience au sein du programme « Les sentinelles du climat » (Mallard et Couderchet, 2019) qui mobilise des données dont les résolutions spatiale, thématique et temporelle sont hétérogènes.

L'urgence d'agir conditionne l'utilisation de données diverses

Dans le contexte des changements globaux, l'obtention rapide d'outils ou de connaissances pour la prise de décision apparaît comme une nécessité politique. L'urgence d'agir pour anticiper les effets du changement climatique se double d'une urgence d'agir dans les délais d'un mandat électoral. Le programme Les sentinelles du climat est bâti sur l'hypothèse que l'accélération des cycles climatiques autorise désormais le suivi de leurs effets pendant qu'ils interviennent et non plus de façon rétrospective. L'objectif principal est de stabiliser un réseau d'observations et d'utiliser ses données et ses méthodes de production au-delà de l'échéance du programme : un « état zéro », constitué de données naturalistes protocolées recueillies en un échantillon de points répartis sur le territoire d'étude.

Pour obtenir des financements, le programme, planifié sur 6 ans, propose un ambitieux dispositif de récolte de données adossé à des travaux de modélisation prospective. Les données concernent l'abondance de certaines espèces faunistiques et floristiques d'une part, et la météorologie d'autre part. La modélisation a pour objectif la création de cartes prospectives de la répartition des espèces étudiées sous l'effet du changement climatique pour l'ensemble de la région. Celles-ci intéressent particulièrement le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine qui ambitionne d'« adosser [l'action publique] à la puissance scientifique⁴ » et s'est donc investi ces dernières années dans le financement de programmes de recherche relatifs aux interactions entre

changement climatique et biodiversité. Il souhaite les lier à ses politiques d'aménagement du territoire et de transition énergétique et écologique.

Pour la modélisation, l'utilisation de données d'archive pallie la durée relativement courte d'un programme de recherche. En effet, les données récoltées spécifiquement en vue de répondre à la problématique du programme n'étant pas disponibles immédiatement, l'équipe scientifique chargée de la modélisation est contrainte de mobiliser des données préexistantes beaucoup plus hétérogènes car issues de contextes de développement et de production différents (Guimont, 2018). Les données acquises pendant le programme, même si elles sont plus homogènes, sont insuffisantes pour couvrir un spectre temporel assez large pour mettre en exergue une tendance générale plutôt que des variations interannuelles.

Les réunions du conseil scientifique du programme font consensus sur le fait que la récolte de données est « la force du programme » et qu'il faut poursuivre les efforts d'acquisition de données au-delà des 6 ans en raison de la difficulté à disposer de longues chroniques de données homogènes. Cela interroge : la modélisation pourra-t-elle à l'avenir se contenter de ce jeu de données créé spécifiquement pour sa problématique de recherche ou devra-t-elle toujours intégrer des données plus anciennes pour mettre en évidence les changements globaux ? Les résultats des modélisations issues de longues chroniques temporelles font-ils apparaître les évolutions de « l'objet empirique » ou de « l'objet conceptuel » (Mathian et Sanders, 2015) ?

Les temps désynchronisés : de la cacophonie à l'harmonie des données

L'une des méthodes utilisées pour envisager différents scénarios relatifs aux effets du changement climatique sur la biodiversité est la modélisation de la répartition d'espèces, ou SDM en référence à « *Species distribution modelling* » (Elith et Leathwick, 2009). Ce modèle fait le lien entre la répartition des espèces et des variables environnementales issues de données météorologiques ou paysagères. Si certains auteurs (Fournier et al., 2017) soulignent l'importance de prendre en considération les échelles spatiales des données en entrée, il est nécessaire de s'attarder également sur la concordance des échelles temporelles.

La dimension temporelle des données en entrée apparaît très hétérogène. Les observations météorologiques sont disponibles sur un pas de temps journalier entre 1958 et 2018. Pour réduire les temps de calcul et le nombre de variables intégrées au SDM, les données météorologiques sont agrégées en faisant une moyenne par décennie à chacune des saisons. Les données de présence d'espèces sont incorporées quelle que soit la date d'acquisition. Selon

⁴ Article du journal régional datant du 27/01/2017, <https://france3-regions.francetvinfo.fr/nouvelle-aquitaine/menace-biodiversite-nouvelle-aquitaine-au-chevet-nature-1184235.html>.

les espèces, la chronique est plus ou moins longue. Elle s'étend par exemple de 2003 à 2018 pour les rainettes alors que pour les lépidoptères, les relevés commencent dès les années 1900.

Cette distribution hétérogène a pour origine la professionnalisation des naturalistes et de leurs suivis durant la seconde moitié du XX^e siècle d'une part et la bancarisation progressive des observations au sein de bases de données concomitante aux avancées informatiques d'autre part (Granjou, 2013). Sur les longues chroniques, les variations de distribution peuvent s'expliquer à la fois par des évolutions de la population observée et par l'effort d'échantillonnage. Les chroniques restreintes aux données les plus récentes, comme pour les rainettes, bénéficient de modes d'acquisition et de bancarisation protocolés.

L'information sur le paysage a pour particularité d'être composée par des données d'occupation du sol issues d'un seul millésime, le plus récent. Au lieu de montrer le paysage à plusieurs dates pour mettre en évidence des changements, des indices paysagers sont calculés pour révéler des processus tels que la fragmentation des milieux.

Les SDM rassemblent des données dont la représentation des temporalités peut être appréhendée selon la dichotomie « *snap* » et « *span* » (Grenon et Smith, 2004). Si les données météorologiques représentent une succession d'instantanés et correspondent indiscutablement au type « *snap* », les données de paysage sont plus difficiles à caractériser. En effet, elles représentent un processus qui s'inscrit dans la durée : la fragmentation des milieux. Pourtant, elles sont construites à partir de données qui représentent l'occupation du sol à une date particulière, à la manière d'un instantané. L'intégration des données d'espèces dans un SDM fait parfois abstraction de la dimension temporelle. Théoriquement, il est possible de faire plusieurs SDM pour différentes périodes, par exemple par décennie, mais la quantité de données disponibles est souvent un facteur limitant.

Ce mélange de temporalités questionne l'interprétation des résultats et, *a fortiori*, la légitimité de la décision qui peut en découler. La modélisation met en évidence une relation statistique entre la distribution spatiale des espèces et les données environnementales, météorologiques et paysagères. Cette relation est ensuite transposée à des données météorologiques futures. Peut-on déduire d'une caractéristique actuelle de l'habitat naturel et d'une présence de l'espèce en ce même lieu plusieurs années auparavant que celle-ci y est toujours présente aujourd'hui et qu'elle le sera encore dans le futur ? Si cette déduction est permise par la technique, est-elle toujours pertinente pour la prise de décision politique ? Des études complémentaires en sciences sociales permettraient d'ouvrir le questionnement sur l'utilisation

des modèles par les décideurs : constituent-ils des supports amenant une remise en question de certains paradigmes ou sont-ils exploités pour étayer des discours préexistants par une argumentation scientifique ?

Les trajectoires sont dessinées par des données en constante évolution

L'actualisation constante de la donnée complexifie l'appréhension de ses temporalités et donc son utilisation. Chaque nouveau millésime de base de données d'occupation du sol vient s'ajouter aux précédents comme un calque et peut faire croire à une continuité de la donnée dans le temps. Cependant, le contexte de sa fabrication et son incidence ne sont pas systématiquement explicités : à quels enjeux politiques doit-il répondre ? Quels outils ont été employés ? En effet, d'une part, les progrès techniques peuvent expliquer certains choix : par exemple, les satellites et les drones peuvent fournir des images plus fréquentes que les photographies aériennes. D'autre part, les sujets de société font varier les enjeux politiques : par exemple, l'incitation à la transition énergétique implique de comptabiliser les surfaces d'installations photovoltaïques au sol. En réponse, la nomenclature peut évoluer d'un millésime à l'autre : des postes peuvent être créés, d'autres peuvent voir leur intitulé ou leur positionnement dans la nomenclature modifiés. D'aucuns pourraient considérer qu'un tel changement de nomenclature doit être répercuté sur les millésimes précédents pour permettre les comparaisons entre millésimes. Cependant, « corriger » les nomenclatures des millésimes précédents ne revient pas à redessiner les entités, ce qui empêche de fait l'attribution d'un poste nouveau à une entité dessinée antérieurement.

Par ailleurs, certaines décisions politiques se répercutent sur les limites administratives, ce qui engendre des modifications dans la couverture spatiale des bases de données. Le référentiel aquitain d'occupation du sol est devenu néo-aquitain à la suite de la fusion de trois anciennes régions. C'est ainsi que le Poitou-Charentes et le Limousin ont bénéficié d'une couverture de leur territoire *a posteriori* et uniquement pour les millésimes les plus récents, 2009 et 2015. La comparaison entre des données de plusieurs millésimes est donc plus complexe qu'il n'y paraît.

Enfin, la variation des délais et des dates de construction de la donnée questionne la temporalité véritablement renseignée par les données. Pour un même millésime, l'horodatage des images servant à la photo-interprétation n'est pas nécessairement homogène pour l'ensemble du territoire couvert par la base de données. Par exemple, les photographies aériennes ayant servi à réaliser la carte du département de la Gironde pour le millésime 2000 datent de cette même année, tandis que

celles utilisées pour le département voisin des Landes datent de 2002, ou encore, pour le département des Pyrénées Atlantiques, de 1998. Ainsi, pour le millésime 2020, l'utilisation d'images satellites a pour objectif de bénéficier d'une couverture homogène de l'ensemble du territoire régional. De plus, ce changement répond à un besoin d'accélération du processus de mise en données. Les photographies aériennes sont disponibles moins rapidement que les images satellites. Afin d'obtenir des données d'occupation du sol les plus récentes le plus rapidement possible, un choix a donc été fait de modifier la source des images permettant la photo-interprétation. Ainsi, si la donnée du millésime 2015 a été disponible au téléchargement en 2018, celle du millésime 2020 est disponible dans une version beta depuis le mois de septembre 2021 pour les départements de la Gironde et de la Dordogne et la version stabilisée de la base de données complète est accessible depuis 2022.

Cet exemple montre que l'utilisation de données construites à différentes dates ne permet pas toujours de comprendre la dynamique d'un objet ou d'un processus. Cependant, porter une attention aux métadonnées nous renseigne sur le contexte de construction de la donnée, ce qui apporte *in fine* un éclairage, via l'objet conceptuel, sur l'objet empirique. L'attention aux métadonnées décrit le contexte politique : pour répondre au plus vite, quasiment en temps réel, à la question urgente du suivi de l'accélération des changements globaux, les méthodes et les données sont modifiées. Or ces changements de nomenclature et de mode d'acquisition ont un impact sur l'interprétation de l'évolution de l'occupation du sol entre ces millésimes ; *a fortiori*, si ces comparaisons sont utilisées dans le cadre d'études prospectives.

Conclusion

Les données spatiales proposent une « mise en mesures » des temporalités. Une attention à la correspondance des temps des données, de ceux de l'objet qu'elles représentent et des rythmes de leur usage permet d'en éviter les discordances. Les temps de l'environnement suivent leurs propres rythmes. La mise en données tente de les saisir, mais ne peut s'affranchir du temps que requiert la recherche pour les produire et les traiter. Ces temporalités ne s'accordent pas nécessairement avec celles de la prise de décision politique et des documents de planification.

Nous mettons en évidence deux mouvements contradictoires. D'une part, une volonté d'accélération de l'actualisation des données et des temps de traitement fortement attendue par nos commanditaires grâce à l'utilisation d'outils numériques. D'autre part, un besoin pour la recherche de prendre le temps d'examiner finement les données et l'incidence des choix méthodologiques sur

les résultats, de manière à en discuter avec les utilisateurs de l'information spatiale. Avec l'accélération des changements globaux, les temps de la nature, de la science, des données, du social et du politique se télescopent, ce qui exacerbe la question du choix des méthodes pour veiller à une meilleure articulation des temps en passant par la mise en visibilité des procédures réalisées avec les SIG. Cette prise de recul peut être perçue comme un ralentissement par nos partenaires, pour lesquels l'analyse des données et de leurs métadonnées n'est qu'une étape intermédiaire, voire facultative. La plus-value de ce ralentissement, autrement dit d'un allongement du temps, qui n'était pas prévu lors de l'élaboration de nos projets de recherche doctorale, nous est pourtant apparue. Elle permet d'avoir une meilleure compréhension des problèmes méthodologiques et conceptuels que pose l'utilisation de données géographiques pour étudier les changements globaux. L'utilisation des SIG ne pose pas uniquement des questions techniques, elle appelle à mobiliser d'autres outils pour investiguer les composantes sociale et politique, via des entretiens, des ateliers participatifs et l'analyse des discours suscités.

Par leur performativité, les données spatiales renforcent une vision fixiste de la nature et de sa gestion. S'extraire de ces représentations spatiales demande de renouveler les processus de production cartographique, mais également de s'interroger sur les représentations qui traversent les regards disciplinaires et leur manière d'utiliser les données.

Nos recherches montrent la nécessité de formaliser un nouvel enjeu politique lié aux données environnementales spatialisées. En effet, l'imaginaire qu'elles véhiculent influence à la fois la commande publique de construction de ces données et leur utilisation. L'idée très répandue qui considère que la donnée la plus récente est toujours la plus pertinente s'ajoute au renouvellement constant des méthodes utilisées pour les créer, au gré des évolutions technologiques et des projets politiques, rendant impossible le suivi des dynamiques. Scruter les données nous montre que nous percevons au moins autant les changements de l'objet conceptuel que ceux de l'objet empirique.

L'utilisation des SIG pour répondre à l'urgence des changements globaux révèle ainsi une série de paradoxes relatifs à la forme de ces changements. L'objet empirique change autant dans les représentations qui sont portées sur lui que dans sa matérialité. Ce sont ainsi les critères de reconnaissance des zones humides qui se transforment, plus que l'humidité intrinsèque des substrats ; les nomenclatures et procédures de production des bases de données plus que l'occupation des sols. L'urgence de la réponse aux changements globaux justifie une accélération des procédures SIG aux dépens de réflexions sur la donnée elle-même : urgence et durabilité, urgence

et précipitation. La contradiction n'épargne pas notre propre recherche, qui suggère de mettre les SIG à contribution pour un ajustement en temps réel des documents et schémas d'aménagement en même temps qu'elle recommande un ralentissement de l'exercice pour un meilleur ajustement de l'objet conceptuel à l'objet empirique.

Remerciements

Nous remercions les financeurs de nos recherches doctorales : l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, la Tour du Valat, l'association Cistude Nature, l'Union européenne, la région Nouvelle-Aquitaine et les départements de la Gironde et des Pyrénées-Atlantiques. Nous remercions également notre directeur de thèse, Laurent Couderchet, pour nos échanges et ses relectures. Enfin, nous remercions les coordinateurs de ce numéro de nous avoir offert l'opportunité de travailler sur la thématique de la temporalité et ainsi de formaliser une partie de nos recherches doctorales dans cet article.

Références

- Arpin I., 2020. Les producteurs professionnels de données sur la biodiversité face aux « big data » en écologie, *Natures Sciences Sociétés*, 28, 1, 66-72, <https://doi.org/10.1051/nss/2020020>.
- Arpin I., Charvolin F., Fortier A., 2015. Les inventaires naturalistes : des pratiques aux modes de gouvernement, *Études rurales*, 195, 11-26, <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.10232>.
- Berthier L., Bardy M., Chenu J.-P., Guzmova L., Laroche B., Lehmann S., Lemerrier B., Martin M., Mérot P., Squividant H., Thiry E., Walter C., 2014. *Enveloppes des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine. Notice d'accompagnement*, Paris, ministère de l'Énergie, du Développement durable et de l'Énergie, http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice_MPH_France.pdf.
- Bouleau N., 2014. *La modélisation critique*, Versailles, Quæ.
- Bouleau G., Pont D., 2014. Les conditions de référence de la directive cadre européenne sur l'eau face à la dynamique des hydrosystèmes et des usages, *Natures Sciences Sociétés*, 22, 1, 3-14, <https://doi.org/10.1051/nss/2014016>.
- Bouleau G., Deuffic P., 2016. Qu'y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques ?, *Vertigo*, 16, 2, <https://doi.org/10.4000/vertigo.17581>.
- Bouscary P., 2020. *Localisation de l'espace de référence des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée*. Mémoire de Master 2, Bordeaux, Université Bordeaux-Montaigne.
- Bousquet A., Couderchet L., Gassiat A., Hautdidier B., 2013. Les résolutions des bases de données « occupation du sol » et la mesure du changement. Articuler l'espace, le temps et le thème, *L'Espace géographique*, 42, 1, 61-76, <https://doi.org/10.3917/eg.421.0061>.
- Brédif H., 2006. Au-delà de la médiation, in Guihéneuf P. -Y., Cauchoix F., Barret P., Cayre P., *La formation au dialogue territorial. Quelques clés issues d'une réflexion collective*, Dijon, Éducagri, 157-160.
- Catteau S., Couderchet L., 2022. Les Systèmes d'Information Géographique pour discuter l'articulation entre le fonctionnement des zones humides et l'aménagement du territoire, *Géocarrefour*, 96, 2, <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.18959>.
- Catteau S., Chambaud F., Couderchet L., Grillas P., 2024. Un cadre spatial et fonctionnel pour des politiques zones humides : du défi conceptuel et technique aux enjeux pratiques. Applications à des sous-bassins versants des fleuves côtiers méditerranéens français, in Valette P., Burens A., Carozza L., Micu C. (Eds), *Géohistoire des zones humides. Trajectoires d'artificialisation et de conservation*, Toulouse, Presses universitaires du Midi, 241-260.
- Cheylan J.-P., 2007. Les processus spatio-temporels : quelques notions et concepts préalables à leur représentation, *Mappemonde*, 87, 3, <https://mappemonde-archivage.mgm.fr/num15/articles/art07303.html>.
- Couderchet L., Amelot X., 2010. Faut-il brûler les Znieff ?, *Cybergeo: European Journal of Geography*, <https://doi.org/10.4000/cybergeo.23052>.
- Crampton J.W., 2010. *Mapping: a critical introduction to cartography and GIS*, Chichester/Malden (MA), Wiley-Blackwell.
- Denègre J., Salgé F., 2004. *Introduction aux systèmes d'information géographique*, Paris, Presses universitaires de France.
- Dodge M., Perkins C., 2015. Reflecting on J.B. Harley's influence and what he missed in "Deconstructing the Map", *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 50, 1, 37-40, <https://doi.org/10.3138/carto.50.1.07>.
- Elith J., Leathwick J.R., 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 1, 677-697, <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>.
- Feyt G., 2002. La couverture cartographique nationale à l'épreuve des technologies, in Debarbieux B., Vanier M., *Ces territorialités qui se dessinent*, Paris l'Aube, 227-240.
- Feyt G., 2011. Les visages et les usages de l'information géographique dans le processus de décision territoriale, in Walser O., Thévoz L., Joerin F., Schuler M., Joost S., Debarbieux B., Dao H. (Eds), *Les SIG au service du développement territorial*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 131-152.
- Fournier A., Barbet-Massin M., Rome Q., Courchamp F., 2017. Predicting species distribution combining multi-scale drivers, *Global Ecology and Conservation*, 12, 215-226, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.11.002>.
- Granjou C., 2013. *Micropolitiques de la biodiversité : experts et professionnels de la nature*, Bruxelles, Peter Lang.
- Grenon P., Smith B., 2004. SNAP and SPAN: towards dynamic spatial ontology, *Spatial Cognition & Computation*, 4, 1, 69-104, https://doi.org/10.1207/s15427633scc0401_5.
- Guimont C., 2018. Gérer l'urgence de la disparition du vivant : les contradictions temporelles de l'action publique. Le cas des politiques publiques de biodiversité des Hauts-de-France, *Temporalités*, 28, <https://doi.org/10.4000/temporalites.5315>.
- Guimont C., Petitimberty R., 2017. Instruments de l'action publique et approche fixiste de la biodiversité : le cas des inventaires naturalistes, *Norois*, 244, 77-89, <https://doi.org/10.4000/norois.6169>.
- Harley J.B., 1989. Deconstructing the map, *Cartographica: The international Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 26, 2, 1-20, <https://doi.org/10.3138/e635-7827-1757-9t53>.
- Joliveau T., 2011. Le géoweb, un nouveau défi pour les bases de données géographiques, *L'espace géographique*, 40, 2, 154-163, <https://doi.org/10.3917/eg.402.0154>.
- Lavoux T., 2003. L'information environnementale : nouvel instrument de régulation politique en Europe ?, *Revue internationale de politique comparée*, 10, 2, 177-194, <https://doi.org/10.3917/ripc.102.0177>.

- Leclère A.S., Duhautois L., 1997. Observatoire national des zones humides. Chacun sa zone ou une cartographie pour tous. Vers un inventaire et une harmonisation des cartes de zones humides, *Zones Humides Infos*, 15, 5-6.
- Lobry E., Catteau S., 2023. Sous la carte, des jeux d'acteurs : cartographie de l'environnement et SIG critique, *Cybergeo: European Journal of Geography*, <https://doi.org/10.4000/cybergeo.40355>.
- Mallard F., Couderchet L., 2019. Climate sentinels research program: developing indicators of the effects of climate change on biodiversity in the region of New Aquitaine (South West, France), in Leal Filho W., Barbir J., Preziosi R. (Eds), *Handbook of climate change and biodiversity*, Cham, Springer, 223-241, https://doi.org/10.1007/978-3-319-98681-4_14.
- Mathian H., Sanders L., 2015. Temporalités et objets géographiques, *L'Information géographique*, 79, 2, 55-64, <https://doi.org/10.3917/lig.792.0055>.
- McGarigal K., Marks B.J., 1995. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>.
- Ministère de la Transition écologique, 2021. *Cartographie des milieux humides. Projet de recherche et de développement 2021-2022*, Paris, ministère de la Transition écologique, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ECO_Flyer%20milieux%20humides_Web_page.pdf.
- Noucher M., Gautreau P., 2013. Le libre accès rebat-il les cartes ? Nouvelles perspectives pour les données géographiques, *Les Cahiers du numérique*, 9, 1, 57-83, www.jle.com/fr/revues/lcn/e-docs/le_libre_acces_rebat_il_les_cartes_346223/article.phtml.
- Olivier de Sardan J.-P., 2008. *La rigueur du qualitatif. Les contraintes empiriques de l'interprétation socio-anthropologique*, Louvain-la-Neuve, Academia-Bruylant.
- Pinède N., Noucher M., Gourmelon F., Soumagnac-Colin K., 2017. De l'open data à l'open science : retour réflexif sur les méthodes et pratiques d'une recherche sur les données géographiques, *Revue Française des Sciences de l'information et de la communication*, 11, <https://doi.org/10.4000/rfsic.3200>.
- SANDRE, 2018. *Dictionnaire des données. Description des milieux humides (Version 3)*, Paris, ministère chargé de l'Environnement, www.sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/ddd/mhi/3/sandre_dictionnaire_MHI_3.pdf.

Citation de l'article : Catteau S., Lobry E., 2023. Prendre en compte les dimensions temporelles de l'information géographique environnementale dans l'action publique territoriale. *Nat. Sci. Soc.* 31, 4, 477-489.