



**HAL**  
open science

## Chapitre 15. “ Des études ont montré... ” Contribution à l’analyse cognitive des situations de gestion environnementale

Rémi Barbier, François-Joseph Daniel, Sara Fernandez

### ► To cite this version:

Rémi Barbier, François-Joseph Daniel, Sara Fernandez. Chapitre 15. “ Des études ont montré... ” Contribution à l’analyse cognitive des situations de gestion environnementale. Rémi BARBIER; François-Joseph DANIEL; Sara FERNANDEZ; et al. L’environnement en mal de gestion, Presses universitaires du Septentrion, pp.263-278, 2020, 978-2-7574-3072-9. 10.4000/books.septentrion.103392 . hal-04507991

**HAL Id: hal-04507991**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04507991v1>**

Submitted on 17 Mar 2024

**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.

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

## « Des études ont montré... » : contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale

---

Rémi Barbier\*, François-Joseph Daniel et Sara Fernandez, UMR GESTE

\* auteur correspondant : remi.barbier@engees.unistra.fr

### Introduction

Cet article traite des enjeux cognitifs des situations de gestion environnementale. Il s'intéresse plus précisément aux savoirs dont leurs protagonistes disposent afin de répondre à des questions telles que : cette nappe souterraine est-elle surexploitée ? Cette espèce est-elle menacée ? La pollution a-t-elle dépassé le seuil d'alerte ?... Si les réponses puisent naturellement à différentes sources, l'article aborde celles que les gestionnaires obtiennent auprès de professionnels qualifiés travaillant dans des laboratoires académiques mais aussi des bureaux d'études, des services de l'Etat, des associations... et qui prennent la forme d'états des lieux, de diagnostics, de prospectives, d'évaluations... qu'on qualifiera globalement de « rapports d'études ». Destinés à informer l'action publique, ils peuvent le cas échéant être mobilisés dans des situations d'expertise au cours desquelles leurs auteurs seront amenés à « transgresser leur savoir » et à se faire « l'avocat d'une cause » (Roqueplo, 1997), mais ce n'est pas automatique. En raison de leur portée circonscrite, ils sont par ailleurs distincts des savoirs issus de la science réglementaire conceptualisée par Jasanoff (1990). Leur essor accompagne celui de l'action publique environnementale, qui a multiplié les besoins de connaissances à différentes échelles territoriales pour de multiples commanditaires.

Trois constats serviront à introduire notre problématique. Le premier est celui du pluralisme aussi bien matériel qu'épistémologique de ces savoirs d'action publique mobilisés dans la gestion environnementale contemporaine. Pour ne citer que deux exemples : ici, les gestionnaires scrutent les performances d'un prototype de potabilisation de l'eau par nano-filtration qui pourrait régler un problème de qualité de la ressource destinée à la production d'eau potable ; là, pour hiérarchiser des priorités d'action, d'autres gestionnaires prennent appui sur des indicateurs établissant le débit minimum acceptable d'un cours d'eau. Le second constat est celui de l'instabilité de leur réception par les parties prenantes concernées : tantôt, ils font office de garants fiables pour la prise de décision, selon un schéma assez classique de relation linéaire « science speaks truth to power » ; tantôt ils sont la cible de diverses critiques techniques (Barbier et al., 2009), par des acteurs qui se mettent à « poser des questions impolies », comme : « pourquoi devrait-on vous croire ? » (Latour, 2012), ou, pourrait-on ajouter, « pourquoi devrait-on suivre vos savoirs plutôt que les nôtres ? ». On relève enfin un ensemble de propositions normatives s'efforçant de (r)établir des domaines de validité, voire des catégorisations et hiérarchies parmi ces connaissances hétérogènes et contestées, en fonction de la qualité de leurs producteurs et/ou de leur nature même. C'est le cas par exemple des démarches entreprises dans le champ de « l'evidence based policy » qui entendent établir une hiérarchie des preuves (Laurent et al., 2009).

Notre contribution prend acte du besoin de clarification que soulignent conjointement ce foisonnement et ce pluralisme, la prévalence des postures critiques et l'essor de nouvelles approches visant à équiper le discernement nécessaire à l'usage public de savoirs différenciés. Mais plutôt que de contribuer à la hiérarchisation des produits du foisonnement cognitif que nous évoquons, il nous semble préférable d'engager un double travail i) de repérage des types de savoirs d'action publique et ii) de clarification du type de vérité propre à chacun d'eux, puis d'en tirer les conséquences pour

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

leur usage en situation de gestion environnementale. Ce texte prend appui sur plusieurs sources : les travaux conduits par les auteurs sur le calcul environnemental et l'analyse de cycle de vie, la métrologie des odeurs et l'hydrologie fluviale ; l'observation participante dans des projets de recherche interdisciplinaire en appui à la décision publique ; une large revue de la littérature enfin, qui nous a conduits à explorer des champs académique et thématique diversifiés, parfois éloignés de nos propres sujets de gestion territoriale de l'environnement mais néanmoins utiles pour nous aider à clarifier certaines notions. L'approche du pluralisme des formes de vérité trouve son inspiration dans l'œuvre de B. Latour, et notamment dans son *Enquête sur les modes d'existence*. Pour Latour, la vérité scientifique est référentielle ; elle résulte de l'établissement et de la stabilisation de chaînes d'inscriptions qui font circuler une « référence », depuis les entités non-humaines jusqu'aux chercheurs qui peuvent alors parler d'elles en vérité. Elle obéit à ses propres conditions d'in/félicité, et se distingue d'autres formes de vérité, propres aux êtres juridiques ou aux objets techniques par exemple. Nous souhaitons en quelque sorte déployer, pluraliser la catégorie peut-être trop compacte de vérité référentielle : il est sans doute possible et utile de déceler différentes manières d'accéder de façon fiable aux non humains et de témoigner de leurs performances dans un format adapté à l'action publique. L'article, entre bilan d'étape et exposé programmatique, est organisé de la manière suivante. Dans un premier temps, nous présentons quatre formats de savoirs d'action publique à l'aune d'une même grille d'analyse. Dans un second temps, nous en proposons une lecture transversale. Nous terminons par une discussion sur les enjeux opérationnels.

## Pluralité des savoirs d'action publique

Quatre modes de production de savoirs d'action publique nous ont paru particulièrement importants au regard de nos propres travaux et de la revue de littérature : l'activité métrologique, les simulations, les démonstrateurs, les indicateurs. La grille d'analyse nous conduira à préciser la définition et la « promesse de connaissance » de chaque forme de référence, d'esquisser les grandes étapes de sa chaîne opératoire<sup>1</sup> ainsi que ses conditions d'in/félicité et les schèmes critiques qui en découlent et qui lui sont spécifiques.

### *L'activité métrologique : instaurer des « états du monde »*

Il est somme toute assez naturel de commencer par la métrologie, cette activité qui permet d'instaurer des états du monde élémentaires, comme la concentration d'un gaz odorant dans le voisinage d'une usine ou la diversité biologique d'un cours d'eau... L'activité métrologique consiste à acquérir des données grâce à un « système de mesure » (Porter, 1994), lui-même composé d'un ensemble de capteurs (techniques et/ou humains) et d'une organisation capable de compiler et de mettre en forme les informations recueillies. Les données collectées proviennent d'instruments dédiés (à l'instar des capteurs de la pollution de l'air, de débit d'eau, etc.) mais aussi de l'activité perceptuelle d'un groupe d'humains volontaires, comme les « jurys de nez » pour les nuisances olfactives. La promesse de la métrologie est celle d'une captation fidèle et opératoire d'une grandeur d'intérêt, fondée sur le recueil uniforme, stabilisé et représentatif – dans le temps et l'espace – de valeurs caractéristiques.

Sa chaîne opératoire s'appuie en premier lieu sur la définition conjointe – et fréquemment controversée – de la grandeur d'intérêt, des variables qui la caractérisent et des capteurs qui en fourniront des mesures fiables. Cela peut requérir de délicates opérations de standardisation des

---

<sup>1</sup> Le concept de chaîne opératoire, à la fois descriptif et analytique, repose sur la décomposition des activités techniques en une succession d'opérations reliées entre elles.

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

instruments de mesures ou de développement et d'alignement de facultés sensorielles et instrumentales (maniement de spécimens, appareils de mesure...). Il convient ensuite d'opérer un maillage territorial et temporel permettant de répondre à un enjeu de représentativité. Cette opération répond à une logique d'investissement s'appliquant aux infrastructures matérielles de mesures (coûts des appareils), comme aux conditions d'engagement des volontaires dans les dispositifs participatifs. Enfin, la chaîne opératoire se poursuit avec des protocoles de recueil et de traitement d'informations qu'il faut uniformiser, et qui alimentent des centres de calcul, eux-mêmes connectés à des communautés épistémiques et des communautés d'utilisateurs.

Quelles sont les principales conditions d'in/félicité rencontrées dans cette chaîne opératoire ? En premier lieu, les capteurs peuvent être plus ou moins sensibles et adaptés à la réalité que l'on cherche à capturer. Il y a ici une différence essentielle et assumée entre la science d'action publique et la science académique : au regard du coût d'établissement d'un standard ou d'une métrologie, quand il y a nécessité d'arbitrer entre les enjeux de conception et ceux de mise en œuvre, les seconds ont tendance à l'emporter. Comme le souligne bien Porter, « standardization and proper surveillance are in some ways more important to a public measurement system than is close approximation to true values as defined by elite research laboratories » (Porter, 1994). Les conditions concrètes de déploiement d'un réseau métrologique affectent par ailleurs le recueil et la qualité des données. Dans certains cas, faute de mieux, on aura recours à des capteurs conçus au départ pour d'autres objectifs : par exemple, des capteurs de niveau d'eau installés pour le contrôle des inondations et utilisés ensuite pour qualifier les étiages, ce qui soulève des questions de sensibilité de la mesure. Ce sont ces multiples ajustements en situation qui expliquent que les données soient fréquemment lacunaires, hétérogènes, issues de capteurs qui ne sont que rarement placés au bon endroit, et parfois mal « formatées ». Cela requiert un important travail pour éliminer les valeurs erronées, supprimer les biais systématiques, homogénéiser, compléter et traduire dans le format requis pour l'usage visé celles qui auront passé avec succès ces épreuves.

En fin de compte, la confiance dans le système de mesure suppose que le centre de calcul soit à même de piloter et de discipliner à distance un ensemble de capteurs, de procédures, d'individus, afin de tenir la promesse de saisie chiffrée et fidèle des réalités qu'il objective tout en les performant. A contrario, cette confiance est déstabilisée par des doutes, controverses, polémiques sur l'adéquation au phénomène visé, sur la fiabilité des capteurs (instabilité de la mesure, manque de sensibilité, etc), sur la représentativité du maillage spatial (fréquence de mesure, tenue dans le temps), et sur le poids des contraintes opérationnelles vis-à-vis des exigences de justesse de la captation du monde.

### *Les simulations : instaurer des « fictions réalistes »*

Les simulations visent à représenter une réalité donnée dans un registre de matérialité plus facilement accessible ou manipulable que celui d'origine, et à autoriser sur cette base des conjectures ou projections plausibles sur un milieu ou un phénomène. Les simulations peuvent être matérielles, comme lorsque des chercheurs fabriquent des « fluides mimétiques » reproduisant les caractéristiques de la salive et permettant de mesurer la bioaccumulation de la pollution, mais elles sont souvent numériques. Elles peuvent être utilisées de façon heuristique (pour comprendre un phénomène), prédictive (pour le prévoir), substitutive (à la place d'expériences de laboratoires ou de dispositifs métrologiques trop coûteux à mettre en place), et bien entendu opérationnelle (pour hiérarchiser des enjeux et priorités d'intervention associées). Bien conduite, la simulation habilite son auteur à exprimer une proposition sur le monde capable de résister à l'objection de n'être

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

précisément qu'une « simple fiction ». En reprenant une formule d'Isabelle Stengers (1992), on qualifiera ces savoirs de « fictions réalistes ».

L'explicitation de la chaîne opératoire permet de montrer que c'est bien le système simulé à proprement parler qui est le répondant ou garant du caractère réaliste de ces fictions, et non directement la nature, à rebours de ce que suggérerait un « réalisme naïf » de la modélisation (Guillemot 2009). De manière simplifiée, cette chaîne consiste tout d'abord à sélectionner les entités, mécanismes et compartiments environnementaux d'intérêt, et à déterminer la résolution spatiale et temporelle adaptée à l'objectif de gestion. Dans une seconde étape, il s'agira de mobiliser, d'adapter ou de développer les modèles théoriques jugés les plus pertinents pour chaque dimension retenue. Ce faisant, des représentations simplifiées, des hypothèses « parfois arbitraires » et des « approximations multiples » peuvent s'imposer « pour pallier les lacunes de nos connaissances, encadrer des incertitudes que l'on peut qualifier de gigantesques et maintenir ces modèles à un niveau de complexité numérique raisonnable » (Ambrosi et Courtois, 2004). L'intégration ou « couplage » de ces différents « morceaux de modèles » suppose par ailleurs une collaboration interdisciplinaire et une gestion fine des interfaces entre compartiments. La chaîne opératoire se poursuit avec le choix des méthodes de résolution numérique des équations et leur implémentation informatique, étape contenant ses contraintes propres (discrétisation des équations, arrondis...) et dont la négligence peut « faire basculer une simulation vers un résultat aberrant » (Barberousse, Franceschelli, Imbert, 2008). Vient alors le temps du calage et de la validation de la simulation, qui opère de diverses manières : comparaison avec des mesures *in situ*, inter-comparaison avec d'autres simulations, aptitude à reproduire des phénomènes passés... Enfin, les résultats de ces simulations seront souvent présentés sous la forme de représentations visuelles séduisantes destinées à susciter l'adhésion.

La confiance dans les modèles ne va pas de soi, ne serait-ce que parce qu'ils conservent une « opacité épistémique » irréductible même pour leurs concepteurs (Jebeille, 2016). Pour autant les modélisateurs ne sont pas sans ressources pour construire la confiance dans leurs modèles. C'est d'abord leur propre confiance qu'ils développent au fur et à mesure qu'ils apprivoisent les modèles en les « trifouillant », en repérant des régularités de comportement, en développant une intuition concernant le comportement du système (Jebeille, 2016). Ils s'appuient par ailleurs sur la maîtrise des raisonnements mathématiques et physiques, le contrôle de la chaîne de calcul (pour éviter la propagation d'erreurs et apprécier ainsi le niveau d'incertitude sur les résultats), ainsi que sur la multiplicité et la robustesse des rencontres (lorsque cela est possible) avec d'autres simulations, observations et/ou autres formes de captation du réel. L'explicitation de cet empilement de vérifications peut nourrir de son côté la confiance externe. A contrario, la confiance sera ébranlée lorsque les simulations sont en décalage trop important avec les résultats d'autres modélisations, lorsqu'elles sont trop éloignées des représentations habituelles du phénomène et ne parviennent pas par exemple à reproduire des traits familiers et porteurs de sens pour des utilisateurs, lorsque les hypothèses et sources d'incertitude ne sont pas suffisamment explicitées ou enfin lorsque les hypothèses et simplifications opérées paraissent trop fortes.

### *Démonstrateurs : instaurer des « preuves publiques »*

La notion de « démo » a été introduite par Rosental (2002) pour désigner la « monstration » publique de performance d'un logiciel ou d'une technologie à un stade plus ou moins avancé de son

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

développement<sup>2</sup>. On l'étend ici à tout agencement qui permet à un public de se forger un jugement évaluatif à partir d'une performance préfigurant celle d'un dispositif en devenir. Cette préfiguration peut être produite de différentes façons : au moyen de la version préliminaire d'une technologie ; à l'aide d'un modèle réduit ; grâce à un terrain instrumenté, comme des parcelles agricoles où sont épandues des boues de station d'épuration afin de déterminer si leur épandage à grande échelle peut être envisagé sans risque.

Comme l'a montré Rosental, la promesse attachée à une démo possède une double dimension, probatoire et ostentatoire. Il s'agit en premier lieu de prouver que quelque chose fonctionne bien, de réduire ou de requalifier en autant de variables maîtrisables les incertitudes sur un enjeu, d'apporter en quelque sorte une « preuve de concept » à partir d'un prototype. L'attrait d'une démo tient à l'économie de jugement qu'elle procure à des financeurs, à des gestionnaires de programmes ou à des décideurs, dans une relative indépendance car chacun est supposé pouvoir juger par lui-même<sup>3</sup>. Il s'agit par ailleurs d'exhiber des résultats inattendus, spectaculaires, afin de mobiliser des partenaires, d'enrôler des collègues, de convaincre financeurs ou grand public... Les démonstrateurs et les démos tendent à occuper une place centrale dans l'économie contemporaine du développement technoscientifique<sup>4</sup>.

On peut expliciter la chaîne opératoire d'un démonstrateur à partir des travaux de C. Rosental. L'auteur note tout d'abord que les démos ne s'effectuent pas de manière isolée mais dans le cadre de véritables « campagnes » de dé-monstration, dans lesquelles les démonstrations « font l'objet d'appropriations variables, tout en produisant des effets de masse par la liaison opérée des points de vue ». Il montre ensuite comment ces démos sont très minutieusement préparées et exécutées devant des audiences diversifiées, composées de publics aux docilités et résistances variables ; un soin particulier est mis notamment au réglage des attentes suscitées par la démo, y compris à travers le choix du vocabulaire employé pour présenter le produit comme prototype ou comme version provisoire ; la sélection de ce qui sera mis en avant ou au contraire caché lors de la « monstration » est également finement évalué, au regard des enjeux de secret commercial mais également de gradient dans la maîtrise de certains processus. L'art de la démo tient enfin dans la capacité à la mettre en récit, à en fournir une interprétation suffisamment flexible pour qu'elle soit favorable à un accord entre plusieurs catégories de publics, au risque que cet accord se révèle apparent et instable.

La promesse de reproductibilité à une échelle plus grande ou à un stade de développement ultérieur doit être soigneusement travaillée afin de résister à la suspicion des différentes audiences que de multiples limitations des démos sont susceptibles d'alimenter. En premier lieu, quand il s'agit d'une maquette ou d'une technologie à échelle réduite, l'homothétie n'est évidemment jamais parfaite ni homogène, ce qui introduit une incertitude radicale quant au passage au fonctionnement grandeur nature. Ensuite, une démo peut être difficile à détacher de ses circonstances de lieu et d'environnement institutionnel. En témoigne le cas de la javellisation de l'eau potable au début du XX<sup>e</sup> : certains observateurs convenaient que cela fonctionnait très bien à Paris en raison de

---

<sup>2</sup> On peut également faire le lien avec la définition du test proposée par Pinch (1993) : « a set of activities is carried out in a circumscribed environment that is designed to produce an outcome that gives us information as to the operation of the technology ».

<sup>3</sup> Comme cet élu témoignant après sa visite d'une nouvelle station de traitement des eaux de consommation : « quand on en revient, on se sent pleinement fixé sur la valeur du système » (cité par Frioux, 2013).

<sup>4</sup> Le stockage du CO<sub>2</sub> dans la perspective d'une production de « charbon propre » a fait l'objet d'un « programme de démonstration » explicite à l'initiative de l'Union Européenne. O'Neill et Nadaï (2012) montrent bien que le programme vise à requalifier l'incertitude sur cette technologie innovante en un risque maîtrisable par les dispositifs adaptés (monitoring...).

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

l'« organisation scientifique remarquable » des services de la capitale, mais émettaient des doutes quant à ses performances dans de nombreuses autres villes où tout se fait « à tort et à travers » (Frioux, 2013). Plus généralement, le récit d'une démo n'est que partiellement détachable du prestige, de la réputation... du démonstrateur. Enfin, lorsque la reproduction implique un déplacement territorial, la démo s'expose à un double débordement : par le social, avec des populations concernées qui n'ont pas de raison de se sentir obligées par les résultats obtenus ailleurs ; et par la nature elle-même et en l'occurrence, dans le cas du CO<sub>2</sub>, par les « formations géologiques et leur dynamique physico-chimique qui ne semblent peut-être pas se conformer aux inférences qui ont été dérivées » des résultats obtenus par les premiers démonstrateurs (O'Neill et Nadaï, 2012). En fin de compte, il y a toujours une double incertitude irréductible, sur ce qui a été réellement démontré et sur la stabilité des performances au changement d'échelle et d'organisation.

### *Indicateurs : instaurer des « valeurs justes »*

La gestion de l'environnement regorge enfin d'indicateurs en tout genre qui permettent un suivi des états de l'environnement dans une perspective d'aide à la décision. Selon Desrosières (1997), un indicateur est « une phrase contenant des nombres, justifiant et mettant en forme une action, ou un débat public à propos de celle-ci... ». On voit d'emblée qu'il se situe dans le domaine du quantitatif, et que sa vocation est de servir de point d'appui à un engagement dans l'action. Si les indicateurs mobilisent l'activité métrologique ou encore la modélisation, ils s'en distinguent dans le sens où la nature même des chiffres produits est, comme on va le voir, le résultat très intriqué d'efforts de mesures et de conventions sociales et politiques. Ils relèvent de ce que B. Latour appelle la « mesure mesurante », au sens où ils combinent des opérations « comptables » et des opérations de jugement relatives à ce qui doit être compté, mesuré, agrégé ou au contraire écarté (Latour, 2012). La promesse des indicateurs est d'être capable d'avoir du sens à la fois dans les mondes scientifiques et politiques, de rester stables tout en ayant la capacité de mettre en cohérence des cours d'action nombreux et hétérogènes et d'opérer une réduction acceptable d'une réalité complexe.

La chaîne opératoire d'un indicateur s'articule autour de plusieurs étapes. La première est celle de la définition d'un problème requérant une mise en mesure, définition dont les termes vont orienter toute la suite du processus. G. Bouleau (2016) a bien montré par exemple que la caractérisation de la qualité des cours d'eau par un « indice biotique » avait été imposée par les pêcheurs à la suite d'une longue bataille. La seconde étape consiste à déterminer les variables permettant de qualifier l'enjeu : si on poursuit avec l'exemple de la qualité des eaux, c'est le nombre de macro-invertébrés présents dans l'eau qui a été retenu historiquement. La troisième étape consiste à déterminer des seuils, c'est-à-dire des valeurs d'activation de ce que Porter appelle une « règle de raisonnement », laquelle permet de statuer sur l'état de l'environnement (la qualité de l'air est-elle acceptable ? l'eau est-elle de bonne qualité ? les prélèvements sont-ils excessifs ?) et d'agir en conséquence. L'exemple de l'indicateur retenu pour qualifier le débit souhaitable ou désiré d'un cours d'eau dans le bassin Adour Garonne peut illustrer ces mécanismes (Fernandez, 2014). Dans les années 1970, l'agence de l'eau retient les « débits d'objectif de qualité » (DODQ), déduits à partir de séries de mesures de hauteurs d'eau et à l'aide d'abaques. Ils permettent d'estimer la capacité minimale de dilution des polluants et ainsi de dimensionner la politique de financement de systèmes de traitement des rejets urbains et industriels au nom de la salubrité. Dans les années 1980, l'Agence construit un nouvel état de référence avec ce qu'elle appelle alors les « débits minimum admissibles » (DMA). Le calcul des DMA ne s'appuie plus sur l'écoulement à l'étiage tel qu'il est, mais tel qu'il devrait être pour permettre une dilution des polluants jugée satisfaisante. Ils incarnent la volonté de l'Agence d'agir également sur les débits pour contrôler les concentrations de polluants dans les cours d'eau ; et c'est en effet en

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

fonction des DMA que sont calculés les déficits à combler, et donc des barrages de soutien d'étiage à construire, qui pourront au demeurant servir également à l'irrigation. Dans les années 1990 enfin, la référence se détache des enjeux de salubrité et se naturalise : ce qui compte est le régime de l'étiage de la rivière en l'absence d'actions humaines, soit « l'hydrologie naturelle reconstituée ». Cette dernière est ensuite vue comme un moyen de définir un seuil en dessous duquel le débit ne doit pas descendre, ce qui permet de répartir l'eau entre les usages anthropiques et l'environnement. En résumé, la définition de l'indicateur est aussi, et de manière indistincte, une négociation pour la répartition des droits d'accès et d'usage à l'environnement.

Les conditions de félicité d'un indicateur résident dans sa capacité à être un « acte organisant » (Latour, 2012), c'est-à-dire à opérer des cadrages, à performer des engagements qui tiennent les acteurs ensemble et structurent leurs relations à la nature. La confiance dans l'indicateur est discutée dès lors que la délégation de pouvoir qui lui est conférée est remise en cause par des mises à l'épreuve qui mettent en cause des choix ou conventions, et qui invalident la capacité de ces objets-frontières de fonctionner et de connecter différents mondes sociaux (Turnhout, 2009). Ce fut le cas pour les DOE avec les sécheresses répétées des années 2000. Ces épreuves peuvent conduire à revoir le travail de sélection des données et des modèles qui comptent, pour essayer de produire une nouvelle convention qui « tienne » à nouveau humains et non-humains.

### Trois traits partagés

Après ce premier repérage, nous présentons trois traits partagés par ces différents formats de savoirs d'action publique : le premier est plutôt conjoncturel et traite du puissant mouvement de normalisation qui affecte leur production ; les deux autres sont plutôt structurels et permettent de faire le lien avec leur usage en situation de gestion.

#### *Un puissant mouvement de normalisation*

Qu'il s'agisse d'acquisition des données ou d'élaboration de savoirs d'action, on note la multiplication de protocoles opératoires et l'importance croissante accordée à leur standardisation, voire à leur normalisation, afin de garantir la qualité des données et le caractère probant et comparable des savoirs obtenus. C'est le cas par exemple de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), qui a fait l'objet d'efforts de standardisation et de normalisation considérables de la part de la communauté internationale des ACVistes, ou bien de la détermination du « débit minimum biologique » nécessaire pour permettre la continuité de la vie aquatique, pour laquelle un document technique récent identifiait plus de deux cents méthodes et déclinait ensuite précisément la méthode de référence, dite des micro-habitats. Ces protocoles formalisés, qui peuvent alors s'inscrire dans le champ de la science réglementaire, sont les garants de la puissance probante des savoirs en cela qu'ils sont supposés attester que les praticiens ont agi de manière conforme aux standards de leur communauté professionnelle. Leur développement témoigne également d'une forme de gouvernement à distance par des centres de décision supérieurs.

Cette évolution soulève une double interrogation sur la confiance dans les savoirs produits. En premier lieu, cette confiance est liée à la mise en œuvre correcte des protocoles par les acteurs. Or, l'exemple de l'ACV environnementale est parlant à cet égard : on a pu observer une mise en œuvre fréquente en mode dégradé par des bureaux d'études qui n'en maîtrisent pas toujours les tenants et les aboutissants, ou qui n'ont pas les ressources (temporelles, financières) pour appliquer correctement les méthodologies dans ce qu'elles ont de plus exigeant (Barbier et al., 2014). En second lieu, cette confiance peut être altérée si le protocole semble prévaloir sur le savoir-faire professionnel qui alimente un rapport de familiarité avec les situations de gestion et de l'expérience



Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

pratique d'un milieu. Or, comme l'expliquent Alphanféry et Fortier (2015), ce sont précisément ces types de rapport et d'expérience qui permettaient de « faire parler les données », de construire un jugement ou des « scénarios plausibles d'évolution » à partir d'une série d'indices fournis par la présence sur le terrain et le dialogue continu avec les acteurs concernés, et donc de prendre des mesures appropriées à l'ajustement à des circonstances toujours particulières<sup>5</sup>.

Les savoirs d'action publique sont donc redevables d'une double régulation, dont l'articulation peut se révéler délicate : une régulation de type « professionnelle », fondée sur la détention de titres ou d'une expérience, gagée sur le partage d'une éthique professionnelle et d'une aptitude à faire preuve du discernement nécessaire pour ajuster et adapter une méthode aux spécificités de chaque situation ; et une régulation de type « managériale » fondée sur un cadrage strict de l'action par des procédures. Lorsque cette option l'emporte, le professionnel du savoir d'action se rapproche du « *global expert* », qui décline de lieu en lieu les « boîtes à outils » et référentiels à prétention universelle d'une gouvernance environnementale qui est supposée transcender les situations particulières (Kalaora, 1999).

### *Une impureté et opacité épistémiques irréductibles*

Un deuxième trait partagé par les savoirs d'action publique est celui de leur caractère irréductiblement hybride et donc impur : ils mêlent aux démarches et raisonnements propres au monde de la référence scientifique des démarches et raisonnements caractéristiques d'autres univers de la pratique.

Ils sont d'abord imprégnés du monde de l'organisation et des « mesures mesurantes » qui lui sont propres : comme on l'a vu avec les indicateurs, ces mesures mêlent de manière très intriquée calculs et valeurs, et ils performent la réalité (établissent des catégories, des hiérarchies) dans le même mouvement qu'elles la mesurent ; d'où des débats typiques sur, par exemple, ce qui préside réellement au choix d'une espèce de référence pour un indicateur de qualité d'un milieu, la force symbolique qui lui est attachée, ou bien le caractère avéré de sa significativité pour la biodiversité ? Ensuite, le souci de la « continuité méthodologique », autrement dit le fait d'assumer implicitement ou explicitement une dépendance de sentier liés à des investissements cognitifs mais également organisationnels et matériels dans un logiciel, une méthode d'évaluation ou de suivi..., ainsi que le poids des habitudes de travail et des familiarités avec certaines pratiques, inscrivent clairement ces savoirs d'action dans le monde des habitudes et des institutions<sup>6</sup>. C'est en effet une source décisive de l'efficacité de l'action que de « voiler » les choix, hésitations, apprentissages antérieurs, pour la laisser l'action se déployer sur un mode routinier ; le danger est celui du basculement dans l'automatisme et du renoncement à l'attention, à la vigilance, à l'agilité qui permettent, pour reprendre les termes de B. Latour, la « reprise en main » du cours d'action. Enfin, la tendance déjà évoquée à la standardisation et à la multiplication des protocoles inscrit clairement ces savoirs dans cet univers de la « vérité procédurale » typique du monde du droit et du soin mis à respecter les règles adoptées et formalisées par la communauté de référence.

A cette impureté s'ajoute cette « opacité épistémique » déjà évoquée, qui renvoie à la distance irréductible entre le modélisateur et son modèle, source de la capacité pour celui-ci de générer des surprises et de poser des énigmes à celui-là (Jebeille, 2016), capacité qui nous semble pouvoir être

---

<sup>5</sup> De surcroît, cette situation est susceptible d'éroder la croyance dans le bienfondé des mesures prises à partir de ces données, de plus en plus produites par des tierces personnes (bureaux d'études notamment), et qui captent mal l'épaisseur des situations.

<sup>6</sup> Bouleau et Deuffic (2016) évoquent ainsi la « prime à l'indicateur existant » pour désigner l'avantage dont bénéficie un indicateur déjà en place par rapport à des concurrents.

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

étendue à tout type de savoir d'action, certes à des degrés divers. En d'autres termes, un agencement producteur de savoir d'action n'est jamais transparent à son utilisateur et le savoir qui en est issu est toujours ouvert au jugement interprétatif. Cette importance du « jugement de clôture », dont la nature est propre à chaque type de savoir d'action, n'est pas un trait susceptible de minorer la valeur de ces savoirs par rapport aux savoirs scientifiques. Comme l'a rappelé en effet avec force D. Pestre (2013), « le jugement est une catégorie essentielle pour penser la preuve » et « l'annonce d'un résultat est un acte complexe de jugement, non une simple constatation ». Ce sont ces jugements de clôture qui sont susceptibles d'être contestés dans les arènes de gestion.

### *Une pertinence toujours contestable*

Un dernier trait partagé par ces savoirs d'action publique, du côté cette fois des utilisateurs, est relatif à l'interrogation récurrente sur ce que l'on nommera leur pertinence, c'est-à-dire leur capacité à fournir une connaissance robuste au grain qui convient au gestionnaire. Cette pertinence peut être envisagée dans trois dimensions : cognitive, spatiale et temporelle.

L'enjeu de pertinence cognitive est particulièrement saillant lorsqu'il s'agit d'apprécier le réalisme d'une simulation : « couple-t-elle » bien l'essentiel des phénomènes en jeu, ou bien l'oubli d'une dimension, d'un compartiment, d'une échelle... jette-t-il à minima une ombre sur la portée du résultat ? La question de l'ignorance s'invite également au débat. Yearley (2000) montre bien que le modèle de pollution atmosphérique qu'il étudie institutionnalise certaines formes d'ignorance, relatives notamment à ce qu'on a coutume d'appeler les « effets cocktails » entre polluants. Mais quand bien même on aurait un modèle « intégré », quels compromis (simplification...) a-t-on accepté de faire pour concilier les exigences de la modélisation, puis celles de sa traduction algorithmique et de son implémentation informatique ? Et avec quelles conséquences en termes d'incertitudes sur les résultats ? Toujours dans le cas du modèle étudié par Yearley, la présentation aux acteurs concernés a conduit à mettre en évidence des hypothèses héroïques voire totalement irréalistes, à l'image de l'hypothèse de fonctionnement nominal de certaines usines dont toute personne un peu familière avec cet univers sait qu'il s'agit d'un idéal rarement atteint ; cela introduit une forme radicale d'indétermination quant aux résultats obtenus. Autre exemple, quel crédit accorder à une modélisation de la trame verte et bleue qui doit permettre d'en déterminer le tracé et dans laquelle il manque, aux yeux des acteurs du territoire, ici, un arbre, là, un bosquet... voire l'intégralité des milieux agricoles écartés au motif qu'ils ont été « jugés trop complexes à modéliser » (Alphandéry et al., 2012) ?

Un second niveau de questionnement est celui de la pertinence spatiale et temporelle : le milieu est-il représenté à une maille permettant une saisie fidèle et opératoire des problèmes, et la fréquence ou durée de mesure d'un phénomène permet-elle d'absorber ses variations naturelles et de les distinguer de l'enjeu d'intérêt ? D'où par exemple, lors d'une mesure d'exposition d'une population à un risque sanitaire véhiculé par la pollution atmosphérique, la nécessité de contrôler par le recueil de la rose des vents que l'exposition aura bien été représentative de ce que subit la population « en moyenne » (ce qui suppose bien entendu de disposer de cette moyenne). Ici, l'enjeu est celui du risque de débordement par le monde et d'invalidation de ces savoirs d'action et des mesures qui peuvent être gagées dessus. Une parade permettant de composer avec une incertitude sur le degré de pertinence d'un savoir d'action consiste à adopter des méta-règles prudentielles ou encore dite « conservatrices » : elles consistent à s'assurer que les hypothèses faites sont plutôt péjorantes pour la qualification de l'enjeu et donc conduiront à une prise éventuelle de mesures d'autant plus prudentes ou exigeantes (Daniel, 2018).

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

## Discussion et perspectives

Nous avons esquissé une présentation des modes de production des savoirs d'action publique mobilisables dans le champ de la gestion environnementale. C'est donc au regard de la nature propre de chaque type de chaîne opératoire et de ses conditions d'in/félicité que les savoirs doivent être évalués : fidélité du réseau de capteurs, pertinence des homologues matérielle (simulation) ou d'échelle (démon), justesse des mesures intégrées dans les « valorimètres » que sont les indicateurs... Cela permet d'éviter ce que Latour (2012) nomme les erreurs de catégorie, lesquelles consistent à appliquer à certains savoirs des critères qui ne correspondent pas aux exigences propres à leur catégorie.

Une fois les distinctions opérées, l'approche invite ensuite à penser la combinatoire, ou ce qu'on propose d'appeler l'écologie de ces références, au double sens suivant : d'une part, ces savoirs sont susceptibles de s'appuyer les uns aux/sur les autres, à l'image des mesures qui permettent de caler une simulation ; d'autre part, l'enjeu de leur articulation et de leur convergence ou divergence peut être décisif dans la réduction ou au contraire dans le maintien de l'incertitude quant à l'état de l'environnement. Ainsi, pour objectiver une nuisance olfactive, plusieurs types de savoirs sont activables de façon concomitante : la modélisation de la dispersion des molécules odorantes ; la mesure in situ par des dispositifs olfactométriques ; les observations des jurys de nez (Daniel, 2015). Cette diversité permet certes de convaincre une pluralité d'audiences, en jouant sur différentes sensibilités cognitives, à condition bien entendu que les énoncés soient convergents. Cela invite à pratiquer une épistémologie du faisceau d'indices (Oreskes, 2007).

L'approche doit enfin être prolongée par l'étude fine de ce qui préside à la sélection de tel ou tel format de savoir par telle ou telle institution, et par celle de l'engagement des savoirs d'action dans les arènes de gestion environnementale, où ils vont être mis en tension avec d'autres énoncés sur l'état du monde, empruntant à d'autres modes de formation, de mise à l'épreuve et de circulation. Ces savoirs vont d'abord être confrontés à d'autres savoirs référentiels, par exemple ceux qu'une communauté professionnelle établit grâce à la mise en œuvre autonome de ses propres démos, comme avec les stations agricoles expérimentales<sup>7</sup> : ce sont des références pratiques et non scientifiques. Mais ces savoirs d'action publique vont également être confrontés à toutes sortes de savoirs expérientiels, qu'il s'agisse de l'expérience personnelle qui puise dans la réalité d'un vécu corporel ou dans l'authenticité d'un état intérieur (Daniel, 2016), de l'expérience professionnelle du gestionnaire familier du milieu qu'il gère, ou enfin de l'expérience naturelle qui offre à qui sait observer « ce qui se passe dans la nature » un accès à la vérité du monde<sup>8</sup>.

L'approfondissement des différentes chaînes opératoires doit enfin permettre de retracer les conditions de production et de faciliter la mise en débat de la valeur probante des savoirs produits dans une perspective d'action publique. L'approche en termes de « pédigrée »<sup>9</sup>, qui ambitionne de

---

<sup>7</sup> Le but de ce réseau était de « tester et de sécuriser les évolutions techniques avant de les vulgariser auprès des agriculteurs » et de fournir des « références proches des réalités rencontrées sur sa ferme. (...) Nous étions dans le fameux 'voir, juger, agir' cher à la JAC », article Paysans de la Loire, 2015.

<sup>8</sup> Comme lorsque des agriculteurs prennent appui sur l'absence d'effets d'une limitation de prélèvements d'eau d'irrigation dans les cours d'eau sur la mortalité piscicole qui leur était imputée pour établir qu'ils n'en sont pas responsables (Mazeaud, 2011). Voir notamment Shapin (1998) pour le passage de l'expérience naturelle à l'expérience contrôlée.

<sup>9</sup> « Pedigree addresses the strengths and weaknesses in the knowledge base behind a number by critically reviewing the production process of the number and the scientific status and underpinning of the number » (Kloprogge, van der Sluijs, Petersen, 2011)

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

compléter les méthodes classiques d'évaluation quantitative des incertitudes de modélisation par une démarche qualitative, est à cet égard très prometteuse.

## Bibliographie

Alphandéry P., Fortier A., 2015, « Les données naturalistes à l'épreuve de la transparence », *Etudes rurales*, vol. 195, no. 1, pp. 127-144

Alphandéry P., Fortier A., Sourdril A., 2012, « Les données entre normalisation et territoire : la construction de la trame verte et bleue », *Développement durable et territoires*, vol. 3, n°2, Juillet 2012,

Ambrosi P., Courtois P., 2004, « Impacts du changement climatique et modélisation intégrée, la part de l'arbitraire », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 12, no. 4, pp. 375-386

Barberousse A., Franceschelli S., Imbert C., 2008, « Simulations numériques et expérimentation », *Matière première. Revue d'épistémologie et d'études matérialistes*, 2008, pp.71-88

Barbier R., Aïssani L. et al., 2014, « Décision publique et évaluation environnementale : retours d'expérience sur l'usage de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) par des gestionnaires de déchets municipaux », Conférence internationale OPDE – Outils pour Décider Ensemble, Yverdon-les-Bains, octobre

Barbier R., Riaux J. et al., 2010, « Science réglementaire et démocratie technique: Réflexion à partir de la gestion des pénuries d'eau », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 18, n°1, pp. 14-23

Bouleau G., 2016, « Pourquoi chercher la petite bête ? Les enjeux politiques de l'indice biotique en France (1964-1969) », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 16 numéro 2 | septembre 2016

Bouleau G., Deuffic P., 2016, « Qu'y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques? », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 16 numéro 2 | septembre 2016, mis en ligne le 30 septembre 2016

Daniel F.-J., 2018, « Interpréter dans la grosseur du trait. Les usages prédictifs et évaluatifs des modèles de dispersion des odeurs », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol 12, n°1, pp. 1-27

Daniel F.-J., 2015, « De l'usage collectif des sens. Fonctionnement et incertitudes d'un jury de nez riverain », *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement*, vol. 96, n°4, pp. 599-623

Desrosières, A., 1997, « Réfléter ou instituer : l'invention des indicateurs statistiques », in Dupoirier E., Parodi J.-L. (dir.), *Les indicateurs socio-politiques aujourd'hui*, Paris, L'Harmattan, pp. 15-33

Fernandez S., 2014, "Much Ado About Minimum Flows... Unpacking indicators to reveal water politics", *Geoforum*, vol. 57, pp. 258-271

Frioux S., 2013, *Les batailles de l'hygiène. Villes et environnement de Pasteur aux Trente Glorieuses*, Paris, PUF

Guillemot H., 2009, « Comment évaluer un modèle numérique de climat ? Circulations et dialogues entre simulations et observations dans les pratiques des modélisateurs », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 3, n° 2, pp. 273-293

Jasanoff S, 1990, *The Fifth Branch: science advisers as policymake*, Cambridge and London, Harvard University Press

Jebeille J., 2016, « Les simulations sont-elles des expériences numériques ? », *Dialogue: Canadian Philosophical Review/Revue canadienne de philosophie*, vol. 55, n°1, pp. 59-86

Kalaora, B., 1999, « Global expert : La religion des mots », *Ethnologie Française*, vol. 29, n°4, pp. 513-527.

Pour citer ce chapitre : BARBIER R., DANIEL F.-J., FERNANDEZ S. 2020. Chapitre 15. « Des études ont montré... » Contribution à l'analyse cognitive des situations de gestion environnementale In BARBIER & al. (Dir.). *L'environnement en mal de gestion : Les apports d'une perspective situationnelle*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion, p. 263-278.

Klopprogge, P., van der Sluijs, J. P., & Petersen, A. C., 2011, « A method for the analysis of assumptions in model-based environmental assessments », *Environmental Modelling & Software*, vol. 26, pp. 289-301

Latour B., 2012, *Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des Modernes*, Paris, La Découverte

Laurent C., Baudry J. et al., 2009, « Pourquoi s'intéresser à la notion d'evidence-based policy ? », *Revue Tiers Monde*, vol. 200, n°4, pp. 853-873

Mazeaud A., 2011, « Quel est le bon débit de l'eau ? Les régulations territoriales sur les usages de l'eau à l'épreuve de la DCE », *Pôle Sud*, vol. 35, n°2, pp. 59-75

O'Neill R., Nádai A., 2012, « Risque et démonstration, la politique de capture et de stockage du dioxyde de carbone (CCS) dans l'Union européenne », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 Numéro 1 | mai 2012, mis en ligne le 19 juin 2012

Oreskes N., 2007, « The Scientific Consensus on Climate Change: How Do We Know We're Not Wrong? », in DiMento J., Doughman P. (ed), *Climate Change: What it means for you, your children, and your grandchildren*, MIT Press, pp 65-99

Pestre D., 2013, *À contre-science. Politiques et savoirs des sociétés contemporaines* Paris, Éd. du Seuil

Pinch T., 1993, « Testing - One, Two, Three ... Testing! Toward a Sociology of Testing », *Science, Technology, & Human Values* Vol 18, n°1, pp. 25 - 41

Porter T., 1994, « Making Things Quantitative », *Science in Context*, vol. 7, n°3, pp. 389-407

Roqueplo P., 1997, *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*, Paris, Inra éditions

Rosental C., 2002, « De la démo-cratie en Amérique [Formes actuelles de la démonstration en intelligence artificielle] », *Actes de la recherche en sciences sociales*. Vol. 141-142, pp. 110-120

Shapin S., 1998, *La révolution scientifique*, Paris, Flammarion

Stengers I., 1993, *L'invention des sciences modernes*, Paris, La Découverte

Turnhout E., 2009, « The effectiveness of boundary objects: the case of ecological indicators », *Science and Public Policy*, vol. 36, n°5, pp.403-412

Yearley S., 2000, « Making systematic sense of public discontents with expert knowledge: two analytical approaches and a case study », *Public Understanding of Science*, Vol 9, n°2, pp. 105 - 122