



HAL
open science

Outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire

Pauline Pedehour

► **To cite this version:**

Pauline Pedehour. Outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire. LHB Hydrosience Journal, 2023, 109 (1), pp.8. 10.1080/27678490.2023.2271423 . hal-04290447

HAL Id: hal-04290447

<https://hal.science/hal-04290447>

Submitted on 24 May 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire

Pauline Pedehour

To cite this article: Pauline Pedehour (2023) Outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire, LHB, 109:1, 2271423, DOI: [10.1080/27678490.2023.2271423](https://doi.org/10.1080/27678490.2023.2271423)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/27678490.2023.2271423>



© 2023 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.



Published online: 06 Nov 2023.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 366



View related articles [↗](#)

Outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire

Pauline Pedehour ^{a,b}

^aGroupe de Recherche Angevin en Economie et Management, Université d'Angers, Angers, France ; ^bMembre associée du Laboratoire d'Economie et de Management de Nantes Atlantique, Nantes Université, Nantes, France

RÉSUMÉ

Cet article synthétise les objectifs, méthodes et résultats de ma thèse de doctorat. Face à la disponibilité limitée de l'eau et la pluralité des décisionnaires concernés (décideurs publics, gouvernement, entreprises, ménages etc.), cette thèse propose des outils d'aide à la décision pour tendre vers une allocation optimale du stock d'eau et une meilleure utilisation qualitative et quantitative de la ressource. Indispensable pour les usages domestiques, l'irrigation et l'énergie, l'eau peut aussi être un vecteur d'externalités en matière de santé, d'éducation, d'environnement et de pollution. Sa disponibilité en région Pays de la Loire est contrainte par une grande hétérogénéité spatio-temporelle, ce qui rend cet espace complexe pertinent à étudier pour servir de vitrine de référence à d'autres territoires. D'un point de vue méthodologique, la thèse mobilise des approches économiques théoriques et empiriques qui s'appuient sur des données réelles et sur le point de vue des différents acteurs pour analyser les leviers d'action, tant sous le prisme de l'offre que de la demande en eau. Les résultats montrent des attentes et des priorités très disparates de la multitude d'acteurs qui gravitent autour de la ressource et proposent des moyens pour diminuer les sources de gaspillage sur les réseaux de distribution et lors de la consommation d'eau. De nouvelles solutions telles que les incitations non monétaires sont envisagées pour préserver la ressource et la répartir de manière optimale.

Decision-making tools for water resource allocation in the Pays de la Loire region

ABSTRACT

This paper summarises the objectives, methods and results of my PHD thesis. In a context of limited availability of water with a plurality of decision-makers (public decision-makers, government, companies, households, etc.), this thesis offers decision-support tools to move towards optimal allocation of the water stock and better qualitative and quantitative use of the resource. Essential for domestic use, industry, irrigation and energy, water can also be a vector of externalities in terms of health, education, environment, and pollution. The availability of water in the Pays de la Loire region is constrained by a strong spatio-temporal heterogeneity, making it a complex and relevant area to study. It appears as a good reference example for many other regions. From a methodological point of view, the thesis uses theoretical and empirical economic approaches. Based on real data and the viewpoints of various water stakeholders it studies the levers of action for water on both the supply and the demand sides. Main results show that the expectations and priorities of the multitude of stakeholders involved for the resource vary widely. Results also suggest ways of reducing the sources of waste in the distribution networks and during water consumption. New solutions, such as non-monetary incentives, are considered to preserve and allocate the resource in an optimal way.

MOTS-CLÉS

Gouvernance de l'eau ; politiques publiques ; norme sociale ; réseaux ; nudges

KEYWORDS

Water governance; public policies; social norm; networks; nudges

1. Introduction

La gestion de la ressource en eau est un des enjeux majeurs que traversent nos sociétés modernes. Pour la seconde fois de l'année 2022, une des neuf ressources planétaires a été franchie. Il s'agit de celle du cycle de l'eau douce, désormais perturbé par les activités humaines aux échelles planétaires et continentales (Wang-Erlandsson et al., 2022). Bien qu'en partie à

l'origine du mauvais état quantitatif et qualitatif de la ressource, l'homme n'en est pas moins dépendant. L'eau constitue en effet une ressource vitale semi-renouvelable, menacée par la surexploitation propre à la tragédie des biens communs (Hardin, 1968). Inégalement répartie, l'eau est parfois abondante dans certains endroits, mais souvent insuffisante dans les zones de concentration spatiale et démographique.

CONTACT Pauline Pedehour  pauline.pedehour@univ-angers.fr

© 2023 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The terms on which this article has been published allow the posting of the Accepted Manuscript in a repository by the author(s) or with their consent.

Cette rareté de la ressource peut alors induire des conflits d'usage et des périodes de stress hydrique lorsqu'elle est source de gaspillage ou de pollution.

Dans cette optique, il convient de trouver des leviers pour offrir aux décideurs publics en charge de cette gestion de l'eau des outils adéquats pour mieux gérer la ressource. Ainsi, Ouvrard (2019) distingue trois types d'instruments pour préserver l'environnement : les lois et les normes réglementaires, les instruments de marché (taxes, subventions, quotas, permis d'émissions, etc.), et la mise à disposition d'informations et la participation volontaire. Si les individus sont conscients de la rareté de la ressource et de sa surexploitation, ils ont néanmoins peu d'intérêt à effectuer des sacrifices personnels pour la préserver (Rudestam, 2014). De plus, il existe de fortes réticences envers les instruments de régulation standards tels que les taxes, les quotas et les lois (Barnes et al., 2013), qui s'avèrent coûteux et parfois contre-productifs, mettant en péril la gestion de cet « or bleu ».

Cette thèse (Pedehour, 2022) cherche à répondre à plusieurs questions concrètes, pour fournir des outils d'intervention et d'aide à la décision pour la ressource en eau. Les questions qui ont guidé ce travail de thèse sont multiples. Quels agents doivent être moteurs de la préservation de la ressource hydrique ? Quels facteurs contextuels influencent la prise de décision et les négociations entre les acteurs de la gestion de l'eau ? Dans quelle mesure la viabilité économique doit conditionner la mise en place d'une gestion équitable et respectueuse de l'environnement ? Comment diminuer les gaspillages quantitatifs et qualitatifs de la ressource pour mieux la consommer ? Comment les *nudges* et les normes sociales peuvent-ils contribuer à préserver la ressource ?

Pour répondre à ces questions trois axes principaux ont été mis en lumière : (1) les attentes et les priorités des acteurs pour préserver et mieux gérer la ressource en eau par le biais d'études de terrain, (2) les déterminants de la performance environnementale des réseaux de distribution sous le prisme de l'offre en eau, et (3) l'impact des *nudges* et des normes sociales comme incitations non monétaires pour diminuer les consommations d'eau sous le prisme de la demande. La région Pays de la Loire, contrainte par une grande hétérogénéité spatio-temporelle et une forte dépendance vis-à-vis de la Loire, a servi de terrain d'étude et offre un exemple pertinent pour d'autres territoires avec une gestion de l'eau complexe.

Cet article s'articule en cinq sections pour répondre à ces axes de recherche. La [Section 2](#) s'appuie sur les représentations subjectives des acteurs de la ressource pour comprendre les moyens pour préserver et mieux gérer la ressource en eau. La [Section 3](#) présente une étude de performance des réseaux de distribution pour éviter les gaspillages et fuites d'eau du point de vue de l'offre. La [Section 4](#) montre les déterminants de l'acceptabilité des *nudges* hydro-économiques. La [Section 5](#)

montre l'impact des normes sociales sur les consommations d'eau et les gaspillages du point de vue de la demande. Une dernière section clôt cet article en abordant des éléments de discussion.

2. Les Moyens de préservation de l'eau selon les acteurs de la ressource

La première partie de cette thèse explicite les attentes et les priorités des différents acteurs de la ressource pour mieux la gérer et la préserver. Ainsi, trente-cinq entretiens ont été menés auprès de la multitude d'acteurs qui gravite autour de la ressource en eau (associations, collectivités, distributeurs d'eau, consommateurs domestiques, industriels, agriculteurs, Agence de l'eau etc.). La méthode Q (Stephenson, 1953) a été mobilisée pour dresser le panorama des perceptions sur les moyens pour préserver et mieux gérer l'eau et pour rendre compte des représentations subjectives individuelles et collectives (Barry & Proops, 1999).¹ Cette approche méthodologique permet de saisir avec finesse les nuances de perceptions des acteurs sur une thématique donnée, en s'adaptant aux enjeux locaux. La littérature existante montre la complémentarité entre cette approche méthodologique et les outils économiques traditionnels (Baker et al., 2006 ; Wainger et al., 2017). L'économie de l'environnement a donc déjà mobilisé cette méthode à maintes reprises (Barry & Proops, 1999 ; Cuppen et al., 2010 ; Davies & Hodge, 2012 ; Frantzi et al., 2009 ; Lévesque et al., 2020), mais ce travail vise à consolider son utilisation en montrant ses implications potentielles pour les décideurs publics.

Ainsi, cette étude a permis de peindre le tableau des visions de pensées et cinq profils de perception ont été définis. Ils correspondent à une gestion active guidée par l'arbitrage entre quantité et qualité, l'implication de tous pour une gestion durable de la ressource, la résolution des problématiques locales par la connaissance des données et des indicateurs, l'optimisation technologique pour compenser le manque d'engagement citoyen et la tarification et la régulation pour accompagner la préservation de l'eau. Cette étude de terrain a également permis de mettre en lumière les aires de consensus entre tous les acteurs participants à l'étude. Il apparaît clairement une volonté générale d'opérer des changements systémiques en agriculture avec une réduction des pesticides et produits phytosanitaires, de diminuer les vecteurs de pollutions de la ressource, et enfin, de tenir compte des enjeux induits par le changement climatique à long terme. Ces grandes tendances peuvent représenter le terrain fertile d'une coopération entre acteurs autour de la ressource pour des politiques efficaces et acceptées de tous. À l'inverse, le stockage de l'eau et l'importance des

¹Un encadré méthodologique expliquant les étapes principales de la méthode Q est proposé en [Annexe 1](#).

données et des indicateurs de l'état de la ressource dans les décisions font débat. Cette contribution à l'échelle locale ouvre des perspectives plus générales et conforte l'utilisation de la méthode Q comme méthode de recherche exploratoire et complémentaire aux outils économiques standard.

3. Les leviers pour diminuer les fuites sur les réseaux de distribution

La seconde partie de cette thèse se place du côté de l'offre en eau et des réseaux de distribution et contribue à l'évaluation de leur performance environnementale (Pedehour et al., 2021). Une étude de cas sur le territoire de Nantes Métropole (établissement public de coopération intercommunale) a été conduite en mobilisant la méthode du *Data Envelopment Analysis environmental* (Farrell, 1957). Regroupant vingt-quatre communes avec des concentrations d'abonnés, des spécificités territoriales et différents modes de gestion, ce territoire est complètement approprié pour ce type d'étude. Ce travail fournit une analyse pluriannuelle, souvent difficile à effectuer par manque de données, et s'étend sur la période 2013–2017 ce qui permet de mesurer également les évolutions des performances des communes dans le temps.

Les méthodes de comparaison des performances ont déjà été utilisées pour évaluer des entreprises, des systèmes et des réseaux de distribution (Dong et al., 2018 ; Le Lannier & Porcher, 2012 ; Nicolle et al., 2014). Contrairement à de nombreuses études qui s'intéressent davantage au prix de l'eau (Carpentier et al., 2006 ; Le Lannier & Porcher, 2012), l'attention est ici portée sur les fuites d'eau des réseaux et donc sur le gaspillage de la ressource. Sans omettre le coût économique que cela induit pour les consommateurs et les distributeurs qui assument cette eau qui retourne au milieu naturel, le coût environnemental est également important.

Trois grands résultats sont mis en lumière. Premièrement, les réseaux peu denses sont souvent moins performants pour gérer les fuites d'eau. Deuxièmement, la gestion en régie sur le territoire de Nantes Métropole est moins efficace sur les fuites d'eau que le reste du réseau, géré par un opérateur privé. Dernièrement, les communes semi-urbaines ont un Indice Linéaire de Pertes plus faible que les communes urbaines sur ce territoire, et par conséquent une meilleure performance environnementale.

Cette analyse de performance montre que certains procédés d'urbanisation et modes de gestion de l'eau sont plus efficaces pour éviter les fuites d'eau sur les réseaux de Nantes Métropole. Ces résultats sont propres aux spécificités locales du territoire et mériteraient d'être approfondis ou remis en cause sur d'autres zones géographiques. Le cadre méthodologique proposé ici est en ce sens entièrement opérationnel pour être transposé

sur d'autres échelles et d'autres territoires afin d'aider les communes à perdre moins d'eau en amont de la distribution. Il enrichit donc la littérature sur les performances des réseaux d'eau en proposant une approche centrée davantage sur les fuites d'eau que sur les prix.

4. L'acceptabilité des *nudges* hydro-économiques

La troisième partie de cette thèse interroge le *nudge* comme alternative aux instruments de régulations traditionnels pour préserver l'environnement (Ouvrard, 2019). Barnes et al. (2013) montrent que, parfois, les individus sujets aux instruments réglementaires souffrent à la fois d'une aversion à la responsabilité, du manque de connaissance sur les objectifs des outils de régulation, et d'une forte résistance au caractère forcé de ces instruments. Dans cette optique, il est ici proposé de se concentrer sur une autre alternative : le *nudge*, qui consiste d'après Thaler et Sunstein (2009) à mettre en place des dispositifs prenant avantage des biais cognitifs pour orienter (sans imposer) les comportements des individus dans une direction favorable à leur bien-être et leur environnement. Le *nudge* a été couramment utilisé dans des études empiriques pour diminuer la consommation de la ressource en eau (Bernedo et al., 2014 ; Byerly et al., 2018 ; Chabé-Ferret et al., 2019 ; Datta et al., 2015 ; Goldstein et al., 2008). Néanmoins, dans la plupart de ces études, un seul type de *nudge* est testé sur une population.

Ainsi, cette thèse contribue à la littérature en permettant de comparer plusieurs types de *nudges* faisant appel à divers biais cognitifs dans l'optique de savoir lesquels sont efficaces et les réactions qu'ils induisent auprès du grand public. Cela permet aussi de savoir pour quelles raisons les consommateurs d'eau peuvent les désapprouver. Cette étude se base sur les représentations individuelles subjectives de vingt-cinq consommateurs d'eau, interrogés sur leurs préférences pour quinze exemples de *nudges* hydro-économiques différents. Ces consommateurs s'apparentent au profil de la première étude en faveur de l'optimisation technologique pour compenser le manque d'engagement citoyen bien qu'ils ne disposent pas d'une grande connaissance des réseaux de distribution et de l'état de la ressource en eau. L'idée est donc ici, à travers le *nudge*, de proposer un nouvel outil pour engager ces consommateurs vers une préservation de la ressource en eau acceptée et durable. Ainsi, cette étude a permis de mettre en exergue trois profils de *nudges* qui donnent envie de préserver la ressource en eau :

- (1) le *nudge* impactant, efficace et direct sans faire culpabiliser ;
- (2) le *nudge* holistique pour un impact de long terme ;
- (3) le *nudge* ludique et dont on ne se lasse pas.

Il est donc nécessaire que les décideurs publics qui mettent en place ce type d'incitation s'assurent d'impacter utilement les consommateurs d'eau sans effets inverses, liés à la culpabilité, l'incompréhension ou le rejet des *nudges*. Cette étude a permis de montrer que certains publics sont plus réceptifs à certains types de *nudges* hydro-économiques, dans le but d'aider à mettre en place des *nudges* adaptés aux lieux, publics et comportements attendus ciblés.

5. Les normes sociales pour impacter les consommations d'eau

La dernière partie de cette thèse questionne la ressource en eau du point de vue de la demande qui nécessite une réduction des consommations sous-optimales et des gaspillages. Il existe divers types d'incitations non monétaires pour aider à diminuer la consommation d'eau mais certains sont plus couramment utilisés dans les applications réelles. C'est le cas de la norme sociale, qui consiste à comparer sa consommation d'eau à un groupe d'appartenance, et qui a déjà été mise en place dans de nombreuses études empiriques (Chabé-Ferret et al., 2019 ; Datta et al., 2015). Cette incitation présente un double avantage : elle peut toucher une très large population à moindre coût.

Néanmoins, la modélisation théorique de ce concept en lien avec les consommations d'eau reste encore peu explorée dans la littérature. C'est pourquoi un modèle théorique est développé (Pedehour & Richefort, 2022) dans cette thèse à la croisée de trois littératures : les normes sociales (Ushchev & Zenou, 2020), les jeux d'extraction d'eau (Ambec & Ehlers, 2008 ; Ambec & Sprumont, 2002) et la théorie des réseaux (Jackson, 2010). L'originalité de cette approche est de combiner ces champs pour proposer un modèle d'extraction de la ressource où les individus sont guidés à la fois par leur propres bénéfices et coûts d'extraction, mais aussi par des normes sociales endogènes. Si l'effet réseau ne l'emporte pas, on retrouve un effet positif sur la quantité totale consommée d'une variation du bénéfice d'extraction ou un effet négatif d'une variation du coût d'extraction. Les effets réseaux, qui comprennent à la fois des substituabilités et complémentarités entre acteurs, offrent de nouvelles perspectives sur la consommation de la ressource en eau. Cette modélisation théorique permet aussi dans ses extensions de considérer de nombreuses situations réalistes autour de la consommation de la ressource avec des comportements anticonformistes, des « passagers clandestins » (théorie de Mancur Olson, 1965), des systèmes de récompenses (respectivement pénalités) pour les petits (respectivement grands) consommateurs de la ressource.

Ce modèle théorique est testé à travers des simulations multi-agents (Treuil et al., 2008) qui

permettent une flexibilité et une représentation de l'hétérogénéité des consommateurs avec des attributs de différentes valeurs (Miller & Page, 2009). Ces simulations ont été calibrées sur les données réelles de consommations annuelles de la ressource en eau par les consommateurs de la région Pays de la Loire raccordés aux réseaux de distribution et d'assainissement. D'importantes variations de consommation existent entre ces utilisateurs et il serait possible de transposer ce modèle sur d'autres territoires. Cela permet de représenter la diversité des besoins et des attentes des consommateurs d'eau puisque chacun retirera une satisfaction individuelle différente de la consommation de la ressource et aura une incitation plus ou moins forte à suivre son voisinage. Ce modèle multi-agents a permis de tester plusieurs effets : l'impact des structures de réseau de consommateurs et de la densité et différentes spécifications de normes sociales. Les résultats montrent que les réseaux complets et plus denses induisent en moyenne une consommation globale plus faible de la ressource en eau avec un effet constructif de la norme sociale (Schultz et al., 2007). A l'inverse, on peut aussi observer un effet destructeur de la norme sociale (Schultz et al., 2007) lorsque les faibles consommateurs d'eau, par conformisme, sont incités à augmenter leur consommation. Ainsi les décideurs publics ont intérêt à mettre en avant les comportements vertueux avec ces incitations par la norme sociale pour diminuer les consommations individuelles de la ressource.

6. Éléments de discussion

Cette thèse en sciences économiques propose et examine divers outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire en tenant compte de la multiplicité de ses usages. L'objectif commun autour de cet enjeu partagé est de pouvoir répondre aux attentes et besoins de toutes les parties prenantes, en optimisant l'utilisation de la ressource tant sous le prisme de l'offre que de la demande. Ainsi, une première étape de cette thèse a consisté à étudier les représentations subjectives d'une multitude d'acteurs de la ressource pour comprendre les moyens pour préserver et mieux gérer la ressource selon eux. Ce panorama des opinions individuelles a servi de base de travail pour construire et étudier des outils à disposition des décideurs en charge des actions pour la gestion de l'eau.

Face à la rareté de la ressource, cette thèse propose donc de nouvelles solutions pour optimiser l'allocation de la ressource. Du point de vue de l'offre une étude de la performance des réseaux de distribution a mis en lumière des procédés d'urbanisation et de gestion en faveur d'une

réduction des fuites d'eau au cours de la distribution. Du point de vue de la demande, pour pallier les limites des instruments de régulation traditionnels, les incitations non monétaires représentent un moyen complémentaire d'agir sur les demandes en eau et de réduire les gaspillages de la ressource. Plus spécifiquement, les effets des normes sociales ont été largement étudiés, mettant en exergue leurs limites mais également le potentiel de réduction de l'utilisation d'eau qui peut en découler.

Enfin, pour traiter d'un sujet aussi dense, l'approche multi-méthodes utilisée dans cette thèse s'est rapidement imposée. En mobilisant des approches quantitatives et qualitatives, empiriques et théoriques cette thèse aborde la ressource et ses divers usages comme un seul objet d'étude riche de nombreuses interdépendances. Avec des méthodes empruntées au domaine de la psychologie pour les terrains conduits auprès du grand public et des acteurs de la ressource, des simulations multi-agents qui nécessitent des calculs informatiques importants et de la modélisation théorique centrée sur des résolutions mathématiques, cette thèse propose une approche complète du sujet traité. Ainsi, cette thèse revendique et défend la diversité des méthodes et des approches pour s'adapter aux questions traitées et y répondre de la façon la plus exhaustive possible. Cela permet de tenir compte de toute la complexité qu'un sujet comme la gestion de l'eau impose et des nombreuses perspectives de recherche encore inexplorées.

Remerciements

L'auteure souhaite remercier les personnes qui l'ont aidée à effectuer ce travail de recherche durant ses années de thèse ainsi que tous les participants aux études de cas. Ce travail a été conduit au sein de l'Université de Nantes grâce à une bourse du Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur dans le cadre d'un contrat doctoral.

Déclaration de divulgation

Aucun conflit d'intérêts potentiel n'a été rapporté par l'auteur.

Disponibilité des données

Les données qui étayent les résultats de cette étude sont disponibles auprès de l'auteur correspondant, sur demande raisonnable.

ORCID

Pauline Pedehour  <http://orcid.org/0000-0001-7601-209X>

Références

- Ambec, S., & Ehlers, L. (2008). Sharing a river among satiable agents. *Games and Economic Behavior*, 64(1), 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.geb.2007.09.005>
- Ambec, S., & Sprumont, Y. (2002). Sharing a river. *Journal of Economic Theory*, 107(2), 453–462. <https://doi.org/10.1006/jeth.2001.2949>
- Baker, R., Thompson, C., & Mannion, R. (2006). Q methodology in health economics. *Journal of Health Services Research & Policy*, 11(1), 38–45. <https://doi.org/10.1258/135581906775094217>
- Barnes, A. P., Toma, L., Willock, J., & Hall, C. (2013). Comparing a 'budge'to a 'nudge': Farmer responses to voluntary and compulsory compliance in a water quality management regime. *Journal of Rural Studies*, 32, 448–459. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.09.006>
- Barry, J., & Proops, J. (1999). Seeking sustainability discourses with Q methodology. *Ecological Economics*, 28(3), 337–345. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00053-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00053-6)
- Bernedo, M., Ferraro, P. J., & Price, M. (2014). The persistent impacts of norm-based messaging and their implications for water conservation. *Journal of Consumer Policy*, 37(3), 437–452. <https://doi.org/10.1007/s10603-014-9266-0>
- Byerly, H., Balmford, A., Ferraro, P. J., Hammond Wagner, C., Palchak, E., Polasky, S., Ricketts, T. H., Schwartz, A. J., & Fisher, B. (2018). Nudging pro-environmental behavior: Evidence and opportunities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(3), 159–168. <https://doi.org/10.1002/fee.1777>
- Carpentier, A., Nauges, C., Reynaud, A., & Thomas, A. (2006). Effets de la délégation sur le prix de l'eau potable en France. *Economie Prévision*, 174(3), 1–19. <https://doi.org/10.3406/ecop.2006.7950>
- Chabé-Ferret, S., Le Coent, P., Reynaud, A., Subervie, J., & Lepercq, D. (2019). Can we nudge farmers into saving water? Evidence from a randomised experiment. *European Review of Agricultural Economics*, 46(3), 393–416. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz022>
- Cuppen, E., Breukers, S., Hisschemöller, M., & Bergsma, E. (2010). Q methodology to select participants for a stakeholder dialogue on energy options from biomass in the Netherlands. *Ecological Economics*, 69(3), 579–591. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.09.005>
- Datta, S., Datta, S., Josi, J., Zoratto, L., Calvo-Gonzi, O., Darling, M., & Lorenzana, K. (2015). *A behavioral approach to water conservation: Evidence from Costa Rica*. World Bank.
- Davies, B. B., & Hodge, I. D. (2012). Shifting environmental perspectives in agriculture: Repeated Q analysis and the stability of preference structures. *Ecological Economics*, 83, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.013>
- Dong, X., Du, X., Li, K., Zeng, S., & Bledsoe, B. P. (2018). Benchmarking sustainability of urban water infrastructure systems in China. *Journal of Cleaner Production*, 170, 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.048>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253–281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Frantzi, S., Carter, N. T., & Lovett, J. C. (2009). Exploring discourses on international environmental regime effectiveness with Q methodology: A case study of the Mediterranean action plan. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.08.013>

- Goldstein, N. J., Cialdini, R. B., & Griskevicius, V. (2008). A room with a viewpoint: Using social norms to motivate environmental conservation in hotels. *Journal of Consumer Research*, 35(3), 472–482. <https://doi.org/10.1086/586910>
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons: The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *Science*, 162(3859), 1243–1248. <https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>
- Jackson, M. O. (2010). *Social and economic networks*. Princeton University Press.
- Le Lannier, A., & Porcher, S. (2012). Gestion Publique ou Privée ? Un benchmarking des services d'eau en France. *Revue d'économie industrielle*, (140), 19–44. <https://doi.org/10.4000/rei.5464>
- Lévesque, A., Dupras, J., & Bissonnette, J. F. (2020). The pitchfork or the fishhook: A multi-stakeholder perspective towards intensive farming in floodplains. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(11), 1987–2003. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1694872>
- Miller, J. H., & Page, S. E. (2009). *Complex adaptive systems: An introduction to computational models of social life*. Princeton University Press.
- Nicolle, P., Pushpalatha, R., Perrin, C., François, D., Thiéry, D., Mathevet, T., Le Lay, M., Besson, F., Soubeyroux, J.-M., Viel, C., Regimbeau, F., Andréassian, V., Maugis, P., Augéard, B., & Morice, E. (2014). Benchmarking hydrological models for low-flow simulation and forecasting on French catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(8), 2829–2857. <https://doi.org/10.5194/hess-18-2829-2014>
- Olson, M. (1965). *Logic of collective action: Public goods and the theory of groups (Harvard economic studies. v. 124)*. Harvard University Press.
- Ouvrard, B. (2019). Les nudges pour améliorer l'environnement en économie publique. *Revue française d'économie*, 34(2), 3–60. <https://doi.org/10.3917/rfe.192.0003>
- Pedehour, P. (2022). *Outils d'aide à la décision pour la répartition de la ressource en eau en région Pays de la Loire* [Doctoral dissertation]. Nantes Université.
- Pedehour, P., & Richefort, L. (2022). Empowerment of social norms on water consumption. *Environmental and Resource Economics*, 82(3), 625–655. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00676-z>
- Pedehour, P., Tesson, M., & Vallée, T. (2021). Une évaluation de la performance des réseaux de distribution d'eau potable: Le cas de Nantes Métropole. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, (4), 551–592. <https://doi.org/10.3917/reru.214.0551>
- Rudestam, K. (2014). Loving water, resenting regulation: Sense of place and water management in the Willamette watershed. *Society & Natural Resources*, 27(1), 20–35. <https://doi.org/10.1080/08941920.2013.840020>
- Schultz, P. W., Nolan, J. M., Cialdini, R. B., Goldstein, N. J., & Griskevicius, V. (2007). The constructive, destructive, and reconstructive power of social norms. *Psychological Science*, 18(5), 429–434.
- Stephenson, W. (1953). *The study of behavior; Q-technique and its methodology*. Chicago University Press.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2009). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Penguin.
- Treuil, J. P., Drogoul, A., & Zucker, J. D. (2008). *Modélisation et simulation à base d'agents : Exemples commentés, outils informatiques et questions théoriques*. Dunod.
- Ushchev, P., & Zenou, Y. (2020). Social norms in networks. *Journal of Economic Theory*, 185, 104969. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2019.104969>
- Wainger, L., McMurray, A., Paolisso, M., Johnson, K. J., & Needelman, B. (2017). Coastal community values for marsh-dependent socioecological services revealed through a systematic qualitative approach. *Agricultural and Resource Economics Review*, 46(2), 338–364. <https://doi.org/10.1017/age.2017.15>
- Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R. J., Fetzer, I., te Wierik, S., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahlmann, H., Singh, C., Greve, P., Gerten, D., Keys, P. W., Gleeson, T., Cornell, S. E., Steffen, W., Bai, X., & Rockström, J. (2022). A planetary boundary for green water. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(6), 380–392. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>

Annexe 1. Encadré méthodologique sur la méthode Q

Étape 1 : Un **univers thématique** est défini au préalable : ici il s'agit des moyens pour préserver et mieux gérer la ressource en eau

Étape 2 : Le « **concours** » rassemble tous les items (ici énoncés mais cela peut être des images, des sons etc.) trouvés sur la thématique. Les énoncés ont ensuite été triés et reformulés pour ne garder que les plus importants au regard de l'objet de recherche.

Étape 3 : Une phase de tri avec chaque participant est ensuite conduite dans une grille avec une distribution normale forcée. Par exemple, dans la grille suivante, les participants devaient positionner un énoncé dans chaque case selon leur importance pour préserver et mieux gérer l'eau (de « pas du tout important » à gauche à « très important » à droite)

Pas du tout important			Neutre / Sans avis			Très important
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

Étape 4 : Un entretien qualitatif est conduit pour mieux comprendre les choix des participants.

Étape 5 : Les résultats des grilles de tri individuelles sont ensuite analysés pour capter les similitudes et les différences de pensées entre participants avec une analyse factorielle.

Étape 6 : Le panorama des grandes visions de pensée sur l'univers thématique est établi ainsi que les éléments de consensus et de désaccords.