



**HAL**  
open science

## L'agriculture va-t-elle manquer d'eau ?

Thierry Caquet, Chantal Gascuel, Christian Huyghe, Pascale Mollier, Sophie Nicaud, Eric Sauquet, Christophe Soulard, Philippe Hinsinger, Mohamed Naaim, Jérôme Molenat, et al.

► **To cite this version:**

Thierry Caquet, Chantal Gascuel, Christian Huyghe, Pascale Mollier, Sophie Nicaud, et al.. L'agriculture va-t-elle manquer d'eau?. "Ressources" n°2, la revue INRAE, 2, pp.14-45, 2022, 10.17180/8VA4-2718. hal-03789176

**HAL Id: hal-03789176**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03789176>**

Submitted on 27 Sep 2022

**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.

Copyright

# L' AGRICULTURE VA - T - ELLE MANQUER D'EAU ?

Il n'y a pas d'agriculture sans eau.  
Comment préserver au mieux l'harmonie de ce couple millénaire assombrie par le changement climatique, avec une agriculture plus demandeuse et une eau moins accessible ? Systèmes agroalimentaires plus durables, partage de l'eau dans les territoires et politiques publiques d'accompagnement sont les pistes étudiées pour une meilleure gestion quantitative de l'eau.

Ce dossier est centré sur la gestion quantitative de l'eau en agriculture tout en soulignant son aspect indissociable de la gestion qualitative de l'eau.



# UNE RESSOURCE LIMITÉE À PRÉSERVER

Avec le changement climatique, l'eau douce, en quantité finie sur la planète, va devenir plus difficile d'accès. L'agriculture est à la fois consommatrice d'eau et solution pour limiter le changement climatique, à condition de l'orienter vers des pratiques adaptées. C'est tout l'enjeu de cette équation à multiples inconnues.

## État des lieux.

L'eau est un bien commun, une ressource vitale, différente des autres. Contrairement à un minerai que l'on extrait à un endroit donné, l'eau change d'état entre ses formes solide, liquide et gazeuse. Elle se déplace entre différents compartiments en interaction : atmosphère, continents, océans. Elle décrit un cycle qu'il est essentiel d'avoir à l'esprit, car ce qui est prélevé à un endroit a inévitablement des conséquences ailleurs. La connaissance de tous les termes de ce cycle est nécessaire pour répondre à une question devenue cruciale pour nous, les humains, mais aussi pour les écosystèmes dont nous faisons partie : allons-nous manquer d'eau ?

### Une ressource limitée et renouvelable, jusqu'à un certain point

Le cycle de l'eau est un cycle fermé, sans apports ni pertes à l'extérieur de la planète. Le volume total d'eau présent sur Terre semble énorme mais l'eau douce (glaciers, lacs, cours d'eau, nappes souterraines) en représente moins de 3%, dont deux tiers sous forme de glace. De plus, l'eau douce est inégalement répartie dans le monde.

L'eau douce utilisée par l'être humain n'est pas détruite, elle est en partie retraitée et retourne dans le cycle. Cependant, une part de cette eau peut être rendue inutilisable à cause de la pollution. En effet, même si une grande partie des contaminants que nous rejetons (métaux, médicaments, détergents, microplastiques, pesticides, micro-organismes, etc.) est dégradée ou retenue dans le sol, ou encore traitée dans les stations de traitement des eaux usées, certains d'entre eux peuvent résister aux procédés de traitement, ou être entraînés par la pluie et se retrouver dans les eaux de surface ou dans les nappes souterraines. Si les teneurs en contaminants dépassent les limites admissibles, l'eau peut être rendue inutilisable pour certains usages. C'est ainsi qu'en France, plusieurs milliers de captages d'eau destinée à la consommation humaine ont été fermés du fait d'un dépassement des normes de qualité<sup>1</sup>. Par ailleurs, la concentration des contaminants augmente quand la quantité d'eau qui les dilue diminue, ce qui implique un lien étroit entre les notions de quantité et de qualité de l'eau, avec des conséquences importantes notamment pour la

### RESSOURCES EN EAU DOUCE



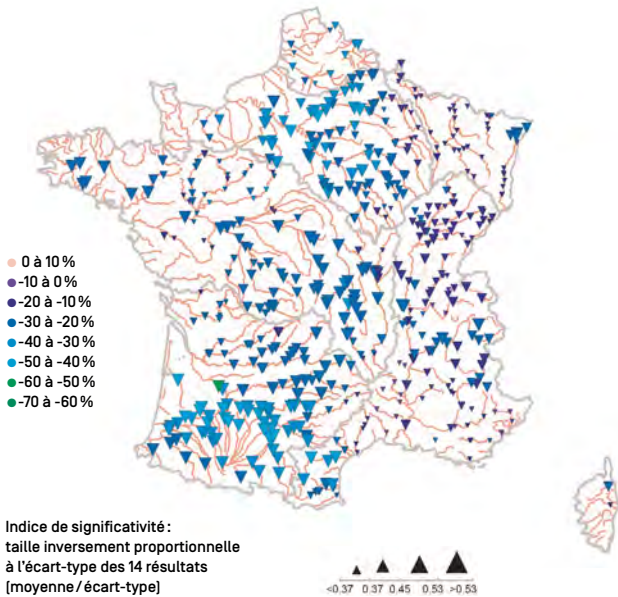
● eau douce disponible sur la planète

● 69%

● eau douce utilisée par l'humanité / par an (en partie recyclée)

Source : Abbott B.W. et al. 2019. *Nature Geoscience* 12, 533-540

**BAISSE DU DÉBIT MOYEN DES COURS D'EAU  
ANTICIPÉE POUR 2046-2065**



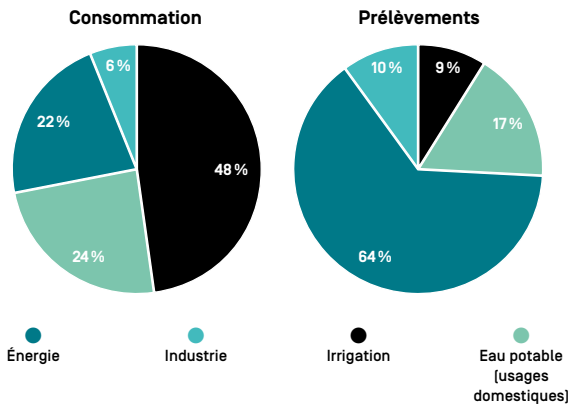
Indice de significativité :  
taille inversement proportionnelle  
à l'écart-type des 14 résultats  
[moyenne / écart-type]

Comparaison avec les moyennes  
sur la période 1961-1990, avec  
des hypothèses de réchauffement  
d'environ 2°C et une baisse des

précipitations annuelles de l'ordre  
de 5%.

Source : INRAE, projet EXPLORE 2070, porté  
par le ministère de la Transition écologique.

**CONSOMMATIONS ET PRÉLÈVEMENTS D'EAU EN FRANCE  
PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ**



**Eau consommée =  
eau prélevée – eau restituée.**  
L'eau de pluie utilisée directement par  
les cultures n'est pas comptabilisée.

Sources : Agences de l'eau / SOes 2012  
(données prélèvements), rapport  
annuel 2010 du Conseil d'État (données  
consommations).

vie des écosystèmes aquatiques (lacs, rivières...). Une solution pour augmenter à grande échelle le volume d'eau douce utilisable consiste à dessaler de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre. Énergivores et sources de pollution par le rejet de saumure (eau chaude très concentrée en sel et autres minéraux), les usines de dessalement se multiplient néanmoins dans certaines régions du monde où elles apparaissent comme l'ultime solution, particulièrement au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Elles produisent actuellement 2% de l'eau potable à l'échelle mondiale.

L'eau est donc une ressource en quantité limitée. Elle se renouvelle plus ou moins rapidement et plus ou moins complètement selon la capacité d'épuration du système considéré (territoire, pays).

**Des risques de manque d'eau induits  
par le changement climatique**

Les résultats du projet Explore 2070 (voir carte ci-contre) montrent que le débit moyen des rivières en France devrait diminuer fortement d'ici 30 ans, jusqu'à 50% dans le Sud-Ouest et le Bassin parisien.

Ces résultats au niveau français illustrent une évolution globale liée au changement climatique. En effet, l'élévation de la température moyenne de l'air augmente l'évaporation de l'eau à partir des masses d'eau, du sol et des plantes, et affecte le régime des précipitations : davantage de pluies fortes dans les zones tempérées et humides, avec une augmentation des pluies hivernales, moins de pluies dans les régions méditerranéennes et tropicales. Au final, le réchauffement climatique accélère le cycle de l'eau avec plus d'évaporation et plus de pluies extrêmes qui convergent vers les océans sans recharger les nappes.

Le réchauffement climatique provoque également l'augmentation probable de la fréquence et de

**Le débit moyen  
des rivières en  
France devrait  
diminuer fortement  
d'ici 30 ans.**

l'intensité des inondations, des vagues de chaleur et sécheresses. Le réchauffement étant plus marqué aux pôles, il induit aussi une perte importante des stocks d'eau douce au profit des océans avec la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. Et si la tendance actuelle se poursuit, il sera à l'origine de la montée du niveau de la mer, estimée entre + 60 cm à 110 cm d'ici 2100. Ainsi, toutes les projections des scientifiques montrent qu'il y aura redistribution des ressources en eau, au niveau national comme au niveau mondial. Même si le volume total d'eau de la planète reste constant, il y aura des risques de manque d'eau douce plus ou moins drastiques selon les territoires, les saisons et les années.

#### L'agriculture consomme de l'eau et la « déplace »

En France, l'agriculture, au travers de l'irrigation essentiellement, représente environ 9 % des prélèvements d'eau, mais 48 % de la consommation (voir schémas p.17). C'est le secteur qui « consomme » le plus d'eau, dans le sens où l'eau prélevée par les plantes n'est pas restituée localement : elle est évapotranspirée<sup>2</sup> et réintègre le cycle sous forme de vapeur, avant de retomber ailleurs sous forme de précipitations. Si l'on se



place du point de vue local, l'eau est donc « perdue », mais en réalité, on pourrait dire qu'elle est « déplacée » dans le cycle. Au contraire, l'eau utilisée pour refroidir des centrales thermiques classiques ou nucléaires, ou l'eau utilisée pour la consommation domestique, est partiellement ou totalement restituée, le plus souvent à proximité du point de prélèvement. Cette eau peut donc être réutilisée sous réserve de respecter certains critères, notamment en termes de température et de qualité. Les points de rejet peuvent malgré tout se situer à distance du point de prélèvement, en particulier dans le cas de dérivation (canaux). Dans un contexte de tension de plus en plus forte sur la ressource en eau, le partage de l'eau entre les différents secteurs d'activité devient un enjeu majeur.

#### L'agriculture, source de solutions

L'agriculture, consommatrice d'eau et émettrice de gaz à effet de serre, est souvent montrée du doigt comme étant l'une des causes majeures du dérèglement climatique, mais elle est aussi source de solutions, notamment par sa capacité à stocker du carbone dans les végétaux et dans les sols. Ce potentiel est significatif, comme le montre l'initiative « 4 pour mille » soutenue par INRAE<sup>3</sup> (voir ci-contre).

Face à un risque de manque d'eau, il faut concevoir de nouveaux systèmes agricoles qui soient certes économes en eau, mais qui agissent aussi sur la cause du manque d'eau, c'est-à-dire qui atténuent le réchauffement climatique, en favorisant le stockage de carbone, mais surtout en diminuant les émissions de gaz à effet de serre (gaz carbonique - CO<sub>2</sub>, méthane - CH<sub>4</sub> et protoxyde d'azote - N<sub>2</sub>O).

La nécessaire reconception de l'agriculture, pluviale ou irriguée, est abordée dans les pages qui suivent, tout comme les leviers pour une meilleure gestion de l'eau. ●

1. [www.eaufrance.fr/repere-captages-fermes](http://www.eaufrance.fr/repere-captages-fermes)

2. On appelle évapotranspiration la somme de l'évaporation de l'eau du sol et de la « transpiration » des plantes, qui rejettent

dans l'atmosphère par les pores de leurs feuilles la quasi-totalité de l'eau qu'elles absorbent.

3. [www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france](http://www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france)

INITIATIVE

## 4 pour mille

L'initiative « 4 pour mille », lancée lors de la COP21 à Paris en 2015, avec une contribution significative d'INRAE, repose sur l'hypothèse qu'une augmentation annuelle de 4‰ du stockage de carbone dans les sols mondiaux (soit  $1500 \times 4‰ = 6$  milliards de tonnes) permettrait de compenser l'augmentation annuelle des émissions de CO<sub>2</sub> liées aux activités humaines (4,3 milliards de tonnes).

INRAE a montré qu'en France, le plus gros potentiel de stockage de carbone se trouve dans les sols des grandes cultures, grâce à des pratiques comme le développement de couverts végétaux intermédiaires et l'agroforesterie [voir p. 29]. Ce calcul s'entend sous condition de préserver les zones de stockage de carbone existantes (forêts, prairies, zones humides) en stoppant l'artificialisation des terres.

## 4,3 milliards de tonnes de carbone

augmentation annuelle des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> liées aux activités humaines (moyenne sur la période 2009-2018)

CHANGEMENT CLIMATIQUE

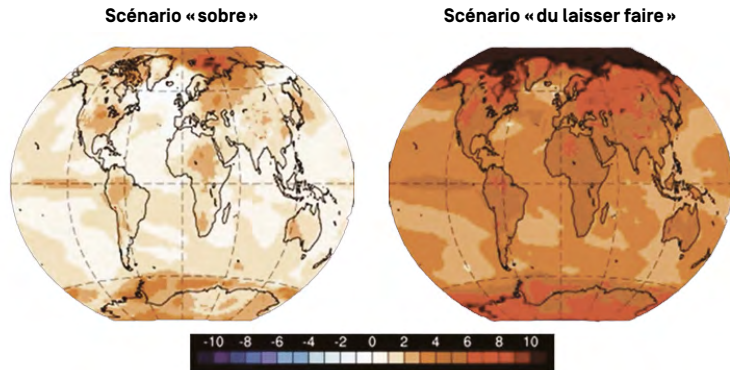
## Un phénomène d'une ampleur inédite

Depuis 1900, les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines ont provoqué un réchauffement terrestre moyen de + 1,07 °C. Si l'humanité continue sur la tendance actuelle [scénario du « laisser-faire »], elle provoquera un réchauffement supplémentaire de + 6 °C en moyenne à l'horizon 2100 [jusqu'à 10 °C aux pôles], ce qui implique un état de la planète que nous ne pouvons même pas imaginer. Le scénario « sobre » (+ 1 °C en 2100)

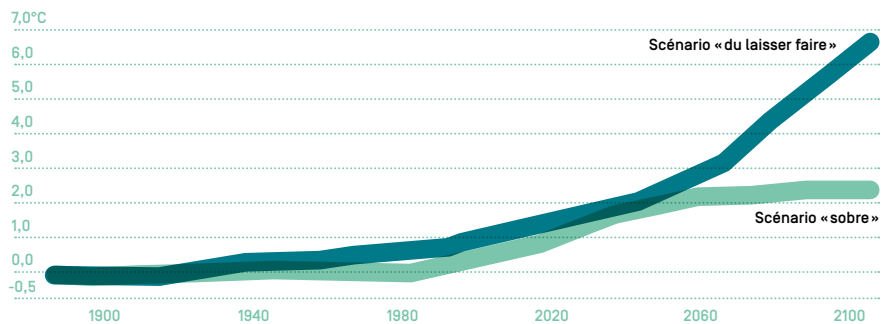
suppose d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Entre ces deux scénarios extrêmes, plusieurs scénarios divergent à partir de 2050 et nous ne savons pas ce qu'il adviendra finalement. Seule certitude, compte-tenu de l'inertie du système, l'avenir dépend de nos actions actuelles en termes d'atténuation. Cette évolution est confirmée par le 6<sup>e</sup> rapport du GIEC [groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat], paru en août 2021. Il est à noter que non seulement l'évolution anticipée par le GIEC s'est confirmée jusqu'à présent, mais aussi que la confiance accordée aux projections pour le futur s'est accrue grâce aux progrès des modélisations.

ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE DU GLOBE EN FONCTION DU TEMPS SELON LES DEUX SCÉNARIOS EXTRÊMES DU 6<sup>e</sup> RAPPORT DU GIEC

Source : GIEC, traitement Christophe Cassou, CNRS-CERFACS



CHANGEMENT DE TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'ATMOSPHÈRE



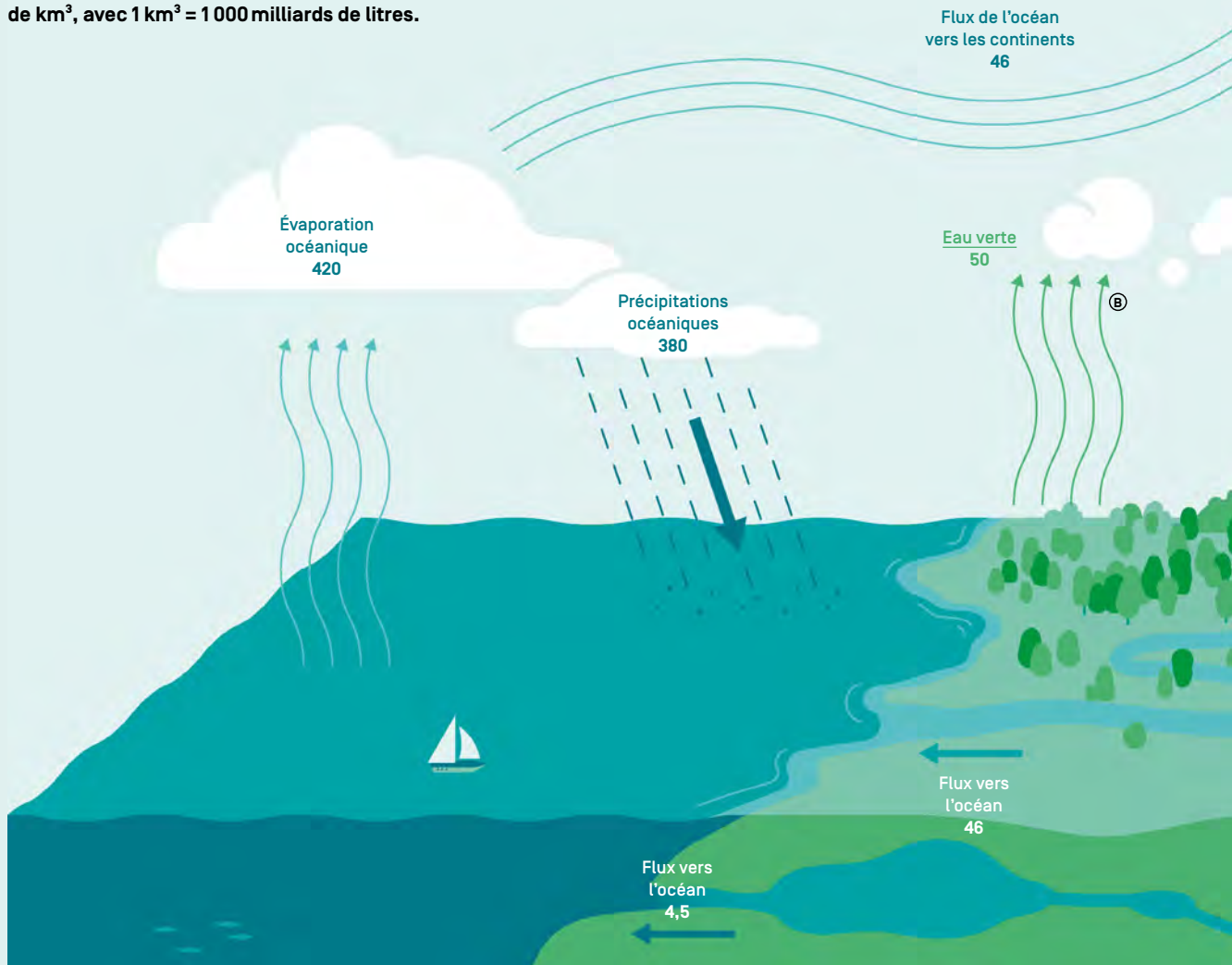
# Le cycle de l'eau

Le volume total d'eau (douce et salée) sur Terre est constant. La majeure partie est composée d'eau salée. L'eau douce, moins de 3% du total, se déplace entre différents compartiments [atmosphère, continents, océans], en décrivant un cycle sous différentes formes : vapeur, pluies, glace et neige. De cette circulation et de ces équilibres dépend la vie sur Terre.

Ci-dessous : flux mondiaux par an en milliers de km<sup>3</sup>, avec 1 km<sup>3</sup> = 1 000 milliards de litres.

Notes : marges d'erreur non représentées, entre 10 et 50 %, plus grandes pour la recharge des nappes et pour l'eau grise utilisée.

Fortes variations annuelles et interannuelles non représentées. D'après Abbott B.W. et al. 2019. *Nature Geoscience* 12, 533-540.



## LES FLUX

**Répartition des pluies**  
Plus de la moitié des précipitations annuelles ④ passe dans le sol et dans les végétaux (cultures, forêts et autres espaces naturels), avant d'être majoritairement évapotranspirée ⑤. C'est l'eau verte.

Le reste des pluies passe dans les cours d'eau ③, les lacs et les nappes ②. C'est l'eau bleue.

## Utilisation humaine mondiale annuelle d'eau douce

Eau verte : utilisée pour les cultures et l'élevage, majoritairement évapotranspirée.

Eau bleue : utilisée pour l'agriculture (irrigation), l'industrie, la production d'énergie, l'eau potable.

Eau grise : eaux usées domestiques et industrielles.

## ACTIONS

**Éviter les pertes d'eau douce vers la mer**  
→ Retenues d'eau.

→ Stockage d'eau dans le sol  
Favoriser l'infiltration, diminuer l'érosion, enrichir en matière organique (couverts, élevage), agriculture de conservation des sols.

→ Infrastructures écologiques pour diminuer le ruissellement et favoriser le stockage dans les paysages : zones humides, haies, bandes enherbées, fossés.

→ Réutilisation des eaux usées après traitement.



≈ 1,4 milliard de km<sup>3</sup>

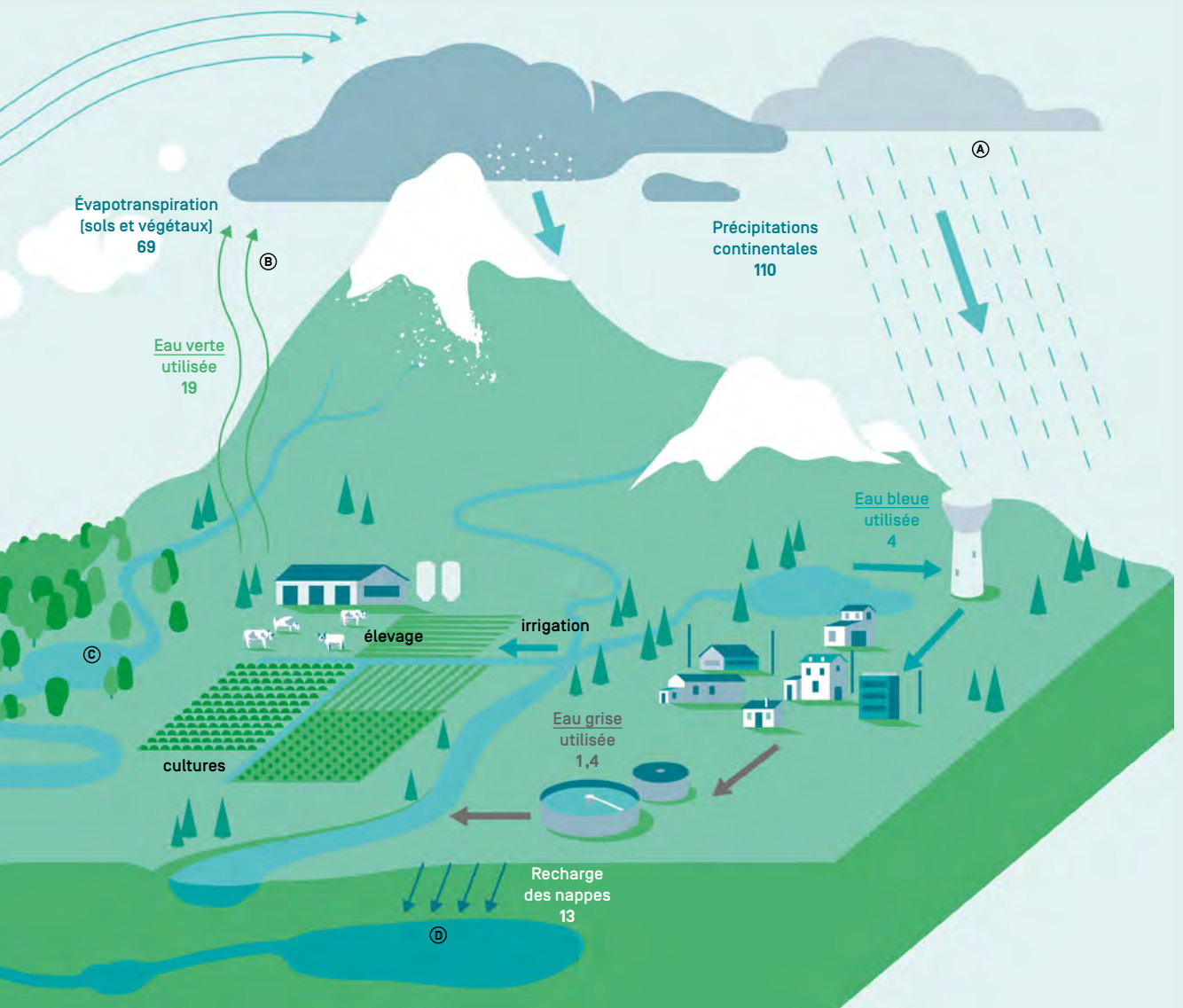
Volume total d'eau sur la planète

≈ 35 millions de km<sup>3</sup>

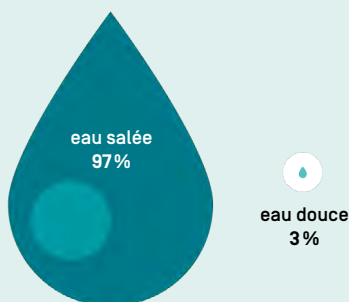
Volume total d'eau douce sur la planète

≈ 24 000 km<sup>3</sup>

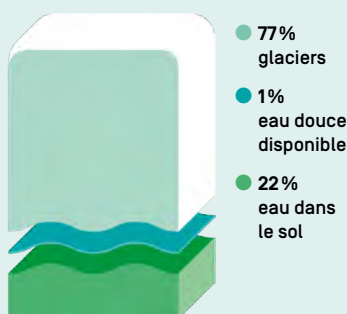
Volume d'eau douce utilisée par l'homme par an [environ 6 fois le volume de la Manche]



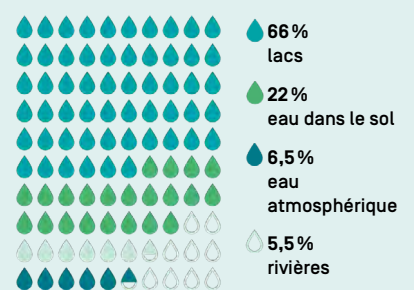
EAU DE LA TERRE



EAU DOUCE



EAU DOUCE DISPONIBLE



# LE PARTAGE DE L'EAU DANS LES TERRITOIRES

Avec une ressource moins disponible, le partage de l'eau devient un enjeu crucial pour l'avenir des activités humaines mais aussi des écosystèmes naturels. Pour éviter les conflits, les méthodologies de concertation entre les acteurs se développent et se perfectionnent.

## Explications.

Lancé en mai 2021 par le Gouvernement, le « Varenne agricole de l'eau et de l'adaptation au changement climatique »<sup>1</sup> fait suite aux Assises de l'eau de 2019, lesquelles ont défini une série d'actions, dont la mise en place d'une gestion collective et de règles de partage de l'eau, avec pour objectif de réduire les prélèvements liés à tous les usages (domestiques, industriels et agricoles) de 10 % d'ici 2025 et de 25 % d'ici 2035. Comment atteindre cet objectif ? Au cœur du dispositif se trouve la mise en place de « projets de territoire pour la gestion quantitative de l'eau » (PTGE), encouragée par l'État<sup>2</sup>. Les PTGE établissent, mettent en œuvre et évaluent un programme d'actions pour équilibrer les besoins et les ressources en eau au sein du territoire, tout en préservant les milieux naturels. Ils intègrent une vision prospective prenant en compte le changement climatique. Ils doivent associer toutes les parties prenantes, ouvrant le dialogue en particulier entre les agriculteurs et les autres acteurs de la société, dont les associations de protection de l'environnement. Plus de soixante PTGE sont validés à ce jour, et une quarantaine sont en cours

d'élaboration. Concrètement, un PTGE s'applique à un bassin versant (100 à 1 000 km<sup>2</sup>), souvent caractérisé par une problématique spécifique (manque d'eau, inondations, qualité de l'eau) à concilier avec différentes activités économiques (production, transformation, tourisme). Le PTGE s'appuie sur des structures de gouvernance de l'eau existantes et légitimes, dont les Commissions locales de l'eau (CLE), sortes de « parlements de l'eau » qui réunissent toutes les parties prenantes et qui élaborent le SAGE, Schéma d'aménagement et de gestion des eaux<sup>3</sup>. Un bassin versant est défini comme le territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents, une sorte de « cuvette » dans laquelle les eaux convergent vers un même point de sortie appelé exutoire (voir figure p. 25).

### Les territoires de partage de l'eau en France

On compte en France métropolitaine sept grands territoires plus ou moins structurés autour de grands fleuves français (Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée, Seine-Normandie, Corse). →

# L'INGÉNIERIE DE LA PARTICIPATION SUR LE TERRAIN

## NOUVELLE-CALÉDONIE

### 1<sup>re</sup> politique de l'eau concertée

À partir de la méthode COOPLAN, en complément de l'apport d'un cabinet conseil, un processus participatif a permis de construire en neuf mois une politique de l'eau partagée en Nouvelle-Calédonie. Adoptée par le Congrès de l'île à l'unanimité en 2019, le processus a impliqué 1 Calédonien sur 600. Pourtant, dans cette collectivité d'outre-mer, la gouvernance de l'eau est particulièrement complexe, avec différents niveaux d'autorité : l'État, les provinces et communes, et les chefferies

traditionnelles qui protègent les sources sacrées. Des propositions innovantes ont émergé, comme par exemple donner à l'eau le statut de personnalité juridique vivante. Des représentants de l'industrie minière ont fait bouger leurs lignes en approuvant la sanctuarisation de ressources en eau stratégiques dans certains massifs riches en nickel, s'interdisant du même coup de les exploiter. À l'issue du processus, 90 % des participants disaient avoir mieux compris les problèmes liés à l'eau.

## SOCIÉTÉ DE SERVICES

### Lisode, expert en concertation

Les travaux des scientifiques d'INRAE ont inspiré la création, en 2008, de la société coopérative Lisode, qui propose des services et conseils en ingénierie de la participation pour aider les acteurs publics à conduire leurs projets d'aménagement. À ce jour, Lisode a accompagné une centaine de processus de

concertation et la formation d'un millier de professionnels.

« Nous continuons à collaborer avec la recherche pour mieux cerner quelles sont les conditions de réussite des processus de concertation », analyse Mathieu Dionnet, cofondateur de Lisode.

## LES USSES

### Les citoyens changent leur vision sur la gestion de l'eau

Évoluer dans leurs positions, c'est ce qu'ont fait les citoyens des Ussets, près d'Annecy, un territoire en tension pour l'eau, très rural, mais aussi très peuplé car proche du bassin économique genevois. Alors qu'ils pensaient que les agriculteurs étaient les premiers consommateurs d'eau, les citoyens ont réalisé que leur propre consommation était bien supérieure et ont proposé un plan d'action pour la réduire. Les animateurs de ce projet précurseur de PTGE ont été formés par des scientifiques d'INRAE. La concertation, qui a duré deux ans (2017-2018), a privilégié des événements festifs : randonnées, bistrot de discussions, théâtre et jeux de rôle, souvent intégrés dans d'autres manifestations (fêtes paysannes, fêtes de la Nature), afin de toucher le plus de personnes possible. Selon un élu, « la démarche a changé le regard des citoyens sur le syndicat (Syndicat de Rivières les Ussets, ndr) dans son rôle de gestion globale de l'eau, au-delà des travaux visibles sur la rivière comme couper les arbres, etc. ». Une animatrice, inspirée par ce qu'elle a vu lors d'un atelier de théâtre, livre cette réflexion en substance : « Il ne s'agit pas de dire aux agriculteurs : "il faut arroser moins votre maïs", mais plutôt : "il faut voir si on peut cultiver autrement, une autre variété, une autre culture". Il ne s'agit pas de dire : "on ne fait pas", mais de dire : "il faut collectivement faire autrement". » Le retour d'expérience des Ussets, ainsi que quatre autres retours de terrain représentatifs du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, ont été mis à disposition des agences de l'eau grâce à un guide diffusé par INRAE.

[url.inrae.fr/3MUgdmY](http://url.inrae.fr/3MUgdmY)

## Évaluer le rapport coût/bénéfice

L'évaluation économique et financière des projets de territoire est une approche à développer : pour cela, INRAE propose des outils éprouvés sur le terrain.

« Construire des infrastructures, restaurer des canaux, conseiller et former les acteurs, élaborer et diffuser des informations, tout cela a un coût, à mettre en regard avec les bénéfices pour le territoire. Pourtant, peu de PTGE sont évalués économiquement pour l'instant », constate Sébastien Loubier, économiste à INRAE. Pour développer cet aspect, le ministère en charge de l'Agriculture a sollicité les scientifiques d'INRAE qui ont élaboré un guide méthodologique d'analyse économique et financière des PTGE à composante agricole<sup>1</sup>. Ce guide propose aux porteurs de projets une méthodologie pour évaluer économiquement les scénarios de territoire à échéance de 40 à 50 ans. La méthode consiste à comparer la situation en l'absence de projet et la situation obtenue grâce au projet. En effet, dans des territoires en tension pour l'eau, ne rien faire peut conduire à un appauvrissement du territoire : moins d'eau dans les cours d'eau, moins de prélèvements, moins d'agriculture et de services publics.

### Tests grandeur nature

La méthodologie a été testée en conditions réelles sur plusieurs PTGE. L'exemple du PTGE « Hauts de Provence rhodanienne » (2017-2020) illustre bien les liens étroits qui existent entre agriculture et gestion de l'eau. Dans ce territoire situé près d'Avignon, l'objectif est de

protéger la nappe surexploitée en diminuant les prélèvements de 30 %. Cependant, la principale richesse de la région repose sur des cultures à haute valeur ajoutée dont les besoins en irrigation augmentent avec le changement climatique : viticulture de grands crus AOC (Appellation d'origine contrôlée), plantes aromatiques ou à parfum. Le projet, porté par la chambre d'agriculture du Vaucluse, consiste à apporter de l'eau venant du Rhône vers les bassins déficitaires au moyen de canalisations. L'évaluation conclut que le projet de restauration des canalisations et d'augmentation des surfaces irriguées pour les cultures, bien que coûteux, est viable économiquement en regard des bénéfices. En effet, la vigne est la principale ressource de ce territoire, et elle peut apporter d'autres atouts comme l'œnotourisme. Dans cette région non côtière, le tourisme seul ne peut suffire au développement du territoire.

### Évaluation économique

« L'évaluation économique est importante car elle indique si le scénario étudié est économiquement souhaitable et rentable lorsque l'on se place du point de vue de chaque catégorie d'acteurs. Mais elle ne dit pas si ce scénario est le meilleur pour la gestion des ressources en eau, ou pour d'autres critères environnementaux qui sont aussi à prendre en compte. Dans le cas du projet dans le Vaucluse, on peut s'interroger sur son avenir à long terme, car si le Rhône apparaît pour l'instant comme une ressource sécurisée, nous ne savons pas pour combien de temps. Pour préserver la culture de la vigne, il faut penser à des solutions autres que l'irrigation, telles que l'adaptation de la vigne à la sécheresse, à travers différents leviers (choix des cépages ou des porte-greffes, pratiques culturales etc.). En contrepartie d'un accès à l'eau d'irrigation, certains viticulteurs

pourraient tester ces solutions sur une partie de leur exploitation », analyse Sébastien Loubier, qui a fourni un appui méthodologique au bureau d'étude mandaté sur le projet.

### L'importance de la collecte de données

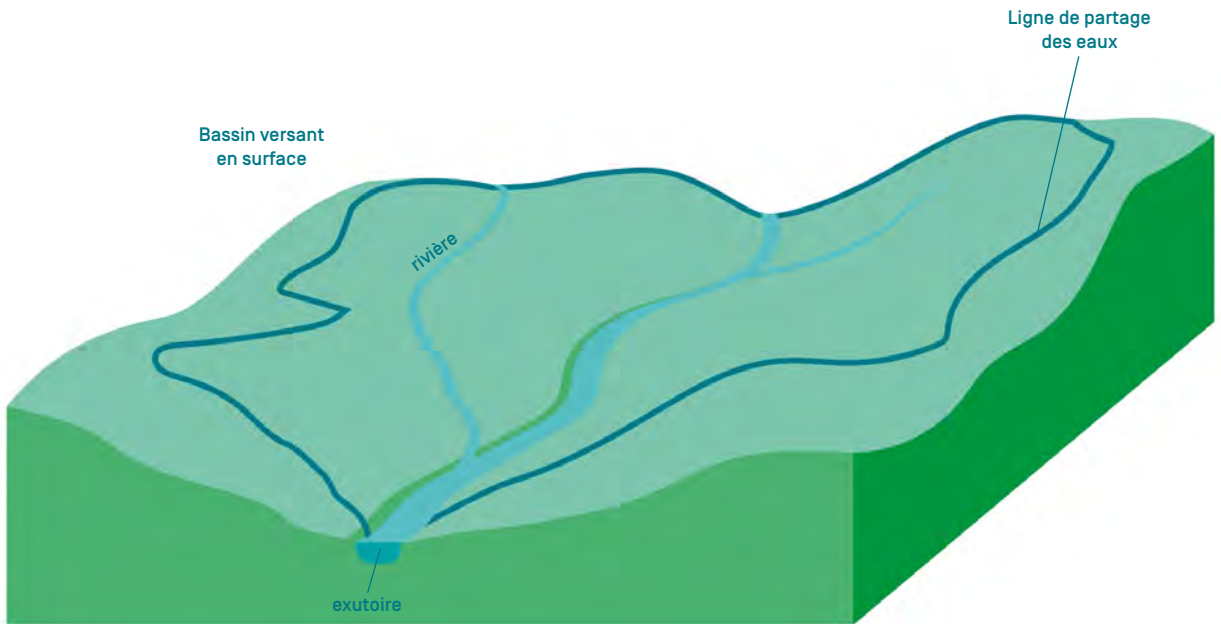
« L'évaluation économique demande de recueillir de nombreuses données auprès des agriculteurs, des services de l'État, des chambres d'agriculture, de l'Agence de l'eau, etc. C'est au prix de cette collecte d'information de qualité que les analyses économiques peuvent permettre d'objectiver les décisions et de dépasser les positions de principe et les rapports de force. C'est aussi un premier lieu de concertation. C'est un investissement en temps et en moyens nécessaire au regard des enjeux », conclut Patrice Garin, agrégographe à INRAE et coauteur du guide méthodologique d'analyse économique et financière des PTGE à composante agricole.

## La collecte de données est un investissement en temps et en moyens nécessaires au regard des enjeux.

1. Analyse économique et financière des Projets de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE) à composante agricole : principes méthodologiques et exemples d'applications,

S. Loubier, P. Garin, E. Hassenforder, M. Aucante, C. Lejars, 2021.

[www.g-eau.fr/index.php/fr/productions/methodes-et-outils](http://www.g-eau.fr/index.php/fr/productions/methodes-et-outils)



Les grands bassins sont eux-mêmes divisés en sous-bassins, emboîtés les uns dans les autres. Pour élaborer et évaluer des scénarios de gestion de l'eau, il est nécessaire de connaître le fonctionnement hydrologique de ces bassins versants. « Les sept grands bassins français ont été modélisés, avec plus ou moins d'incertitudes, explique Vazken Andréassian, hydrologue à INRAE. En effet, certains bassins sont complexes, avec des nappes souterraines dont les ressources sont difficiles à estimer. »

**L'ingénierie de la participation, clé de voûte des projets de territoires**

L'accès et le partage de l'eau peuvent donner lieu à des conflits graves. Le drame de Sivens (Tarn), qui a vu la mort d'un jeune écologiste lors d'une manifestation contre la construction d'un barrage en 2014, l'a rappelé en France. Cet événement a contribué à faire émerger des lois et ordonnances imposant la participation de toutes les parties prenantes dès la conception des projets<sup>4</sup>. Cette co-construction « en amont » prend du temps. Elle requiert des méthodes solides et de la formation, car en France, elle est encore peu pratiquée par les élus et les porteurs d'enjeux, plus habitués à ce que la concertation ait lieu

↑  
Principe de bassin versant, vue en surface.

après que le diagnostic et les pistes d'action ont été posés par les experts et les décideurs. Innovants dans le domaine de l'ingénierie de la participation, les scientifiques d'INRAE proposent des outils et surtout une démarche. Selon Nils Ferrand, qui se définit comme un « expérimentaliste de la transformation », « une transformation imposée génère une résistance du corps social. Les modèles experts ne suffisent pas, il faut les associer aux connaissances locales ». C'est ce que propose un ensemble d'outils appelé COOPLAGE<sup>1</sup>, développés depuis les années 2000 : co-construire des stratégies combinant des bases scientifiques et des connaissances profanes et rendre les acteurs plus autonomes. Les outils COOPLAGE peuvent être déclinés à plusieurs échelles et dans plusieurs contextes. Ils sont utilisés actuellement dans plus de quarante pays pour aborder divers enjeux socio-environnementaux, grâce à des programmes de formation des acteurs et un Mooc (Terr'Eau & co). C'est ainsi, par exemple, que depuis 2018, des agents de l'administration tunisienne ont été formés pour développer une approche plus participative de la gestion territoriale dans six zones rurales. Une démarche analogue a été conduite dans le Ceará au Brésil.

1. COOPLAGE: Coupler des Outils Ouverts et Participatifs pour Laisser les Acteurs s'adapter pour la Gestion de l'Eau.



© INRAE - Christophe Maître

Ces outils, d'une grande diversité, couvrent toutes les phases de la participation, à commencer par sa préparation (voir p.28). Pour légitimer le mode de décision, l'outil PREPAR (Pré-Participation) propose de définir en amont le rôle dévolu aux différents acteurs, puis de s'engager sur la manière dont leurs propositions seront prises en compte. C'est une innovation de taille qui implique que les décideurs acceptent de débattre de ce plan de participation. Deuxième condition d'efficacité: que les acteurs puissent élaborer un diagnostic partagé, grâce à différents supports - jeux de rôle, fiches, schémas ou matrices (outils WAT-A-GAME) -, partager leur vision de la justice sociale (JUST-AGRID) et construire ensemble un plan d'action territorial cohérent (outil COOPLAN). Enfin, la méthode ENCORE permet d'évaluer la qualité de la démarche participative au cours du processus plutôt qu'*a posteriori*, et ainsi de faciliter les ajustements nécessaires. Cette panoplie de méthodes incite les acteurs à se questionner sur eux-mêmes à toutes les étapes du processus, dans une démarche d'ouverture et de maîtrise du changement. « *Le cheminement, le dialogue, la confiance restaurée sont les éléments clés pour construire collectivement un projet de territoire durable* », résume Nils Ferrand. ●

↑  
**Paysage sur les bords de la Dordogne. On y distingue un taillis à courte rotation de peupliers au 1<sup>er</sup> plan, une futaie de peupliers en arrière plan, et des peupliers noirs sauvages entre les deux.**

1. Varenne de l'eau: travail collectif, initié par les ministères en charge de l'Agriculture et de l'Environnement, et impliquant: chambres d'agriculture, collectivités, services et opérateurs de l'État, scientifiques, usagers de l'eau, associations de protection de l'environnement...  
 Il vise à construire une feuille de route opérationnelle pour répondre aux enjeux de gestion de l'eau en lien avec l'agriculture. Toutes les régions ont déjà engagé leur phase de diagnostic et d'identification de leviers selon une méthodologie commune.
2. PTGE: définis par les instructions du Gouvernement (4 juin 2015 et du 7 mai 2019) à son administration, (préfets coordonnateurs de bassin, préfets de région...) pour encourager la démarche là où elle est souhaitable.

- Porteur d'enjeu: président de la Commission locale de l'eau (CLE) ou président d'un établissement public territorial de bassin (EPTB) ou d'aménagement et de gestion des eaux (EPAGE) ou encore personnalité reconnue sur le territoire et dans le domaine de la gestion de l'eau.
3. Défini par bassin versant, le SAGE met en œuvre une gestion intégrée de la ressource en eau et des milieux aquatiques en définissant des objectifs de qualité des eaux et de bon fonctionnement des milieux. Il comporte un règlement qui peut définir les usages prioritaires et les volumes impartis par usages.
  4. Ordonnance 2016-1060 du 3 août 2016 sur le Dialogue environnemental.

## La modélisation pour objectiver le débat

3 questions à Delphine Leenhardt, agronome à INRAE

À l'initiative des scientifiques d'INRAE, un processus combinant participation, scénarisation et modélisation des impacts a été conduit sur un sous-bassin de l'Aveyron, pour étudier comment résoudre le déséquilibre hydrique récurrent dans ce territoire et dépasser les conflits entre acteurs. Delphine Leenhardt a encadré deux thèses de recherche-action sur ce sujet de 2011 à 2018.

### Quelle est la problématique sur ce territoire ?

Dans ce bassin, les prélèvements excèdent régulièrement le seuil autorisé pour maintenir le DOE<sup>1</sup>, entraînant des restrictions d'usage. Les conflits opposent les agriculteurs irrigants d'une part, dont beaucoup de producteurs de maïs, et d'autre part les défenseurs de l'environnement. Il y a beaucoup de parcelles irriguées autour de la rivière Aveyron. Les prélèvements pour l'irrigation sont compensés par des lâchers d'eau à partir de barrages en amont. Autour des affluents de l'Aveyron, il y a aussi près de 400 petites retenues collinaires individuelles, pas toujours entretenues, qui peuvent avoir des impacts sur

l'environnement. Dans ce contexte, nous avons comparé quatre scénarios que les acteurs souhaitaient explorer. Pour cela, nous avons utilisé le modèle MAELIA<sup>2</sup> qui fournit pour chaque scénario 28 indicateurs d'impacts sur l'eau, mais aussi sur la production agricole. Ce modèle intègre l'hydrologie, les décisions des agriculteurs (semis, irrigation...) et celles des gestionnaires de l'eau (lâchers d'eau, restrictions...). Il modélise chaque jour les décisions de plus de 1000 agriculteurs sur plus de 15 000 parcelles.

### Quels enseignements tirez-vous de l'étude des scénarios ?

Un premier scénario consiste à remplacer les petites retenues par trois grandes retenues dites « de substitution », remplies en hiver et utilisées en été. À surface irriguée constante, ce scénario se traduit par une augmentation des prélèvements (+24 %), ce qui peut s'expliquer par le fait que les irrigants ne sont plus contraints par le volume des petites retenues. C'est le scénario le plus critiqué, y compris par les agriculteurs, car il n'induit pas un gain de production agricole proportionnel et apparaît comme un gaspillage d'eau, sans compter les coûts liés à sa mise en place. Ce scénario présente néanmoins un intérêt pour la préservation des milieux aquatiques avec un DOE plus souvent assuré. Parmi les quatre scénarios, le plus efficace pour diminuer les prélèvements d'eau (-42 %) s'appuie sur les principes de l'agroécologie, puisqu'il repose sur la diversification des cultures : remplacer toutes les monocultures de maïs irrigué par des rotations maïs irrigué-tournesol-blé-colza. C'est aussi le scénario qui requiert le changement de pratiques le plus profond. Il entraîne également une diminution de marge brute de 9 %. Les deux autres scénarios : pilotage de l'irrigation par des

outils d'aide à la décision et suppression de l'irrigation en tête de bassin, donnent des résultats intermédiaires.

### Quels enseignements tirez-vous de la démarche participative ?

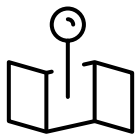
Un des points forts de cette étude, c'est que nous avons construit et évalué les scénarios avec les acteurs. Nous les avons répartis en groupes ayant des enjeux communs pour ne pas exacerber les conflits : les gestionnaires de l'eau, les défenseurs de l'environnement, la profession agricole, etc. En réalité, il y a eu dès le départ une curiosité réciproque entre les groupes et une envie de partager. Lors des discussions en commun, on a vu émerger des consensus, par exemple sur l'intérêt d'utiliser les outils d'aide au pilotage de l'irrigation, mais aussi des points de blocage, par exemple sur la création de retenues vue comme un frein à l'agroécologie, car encourageant l'irrigation et l'agriculture intensive. Nous avons observé en effet que le jugement des acteurs sur les scénarios ne prenait pas en compte les seules économies d'eau, mais aussi le modèle agricole associé : agroécologie versus agriculture intensive. Finalement, des propositions de consensus ont émergé, comme par exemple conditionner la création de retenues à des obligations contractuelles de pratiques agroécologiques. Ce travail montre tout l'intérêt d'une modélisation la plus précise possible des impacts des scénarios : en s'appuyant sur des indicateurs objectivés, on peut obtenir une réelle discussion, apaisée, entre des acteurs aux objectifs divergents.

1. Débit d'objectif d'étiage : Valeur minimale de débit, fixée par le SDAGE, à maintenir pour assurer la coexistence normale de tous les usages et le bon fonctionnement du milieu aquatique.

2. [maelia-platform.inra.fr](http://maelia-platform.inra.fr)

# PROJET DE TERRITOIRE POUR LA GESTION DE L'EAU [PTGE] : LES ÉTAPES D'ÉLABORATION

## 1. GOUVERNANCE



Définition et mise en place de la gouvernance

MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Ingénierie de la participation**  
Formation des animateurs et des participants, planification de la participation [outil PREPAR]

## 2. OBJECTIFS



Mise en cohérence avec les SDAGE

MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Dialogue de justice sociale**  
[outil JUST-A-GRID]

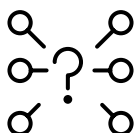
## 3. DIAGNOSTIC



État des milieux aquatiques, usages et besoins en eau, enjeux monétaires ou non

MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Représentation du système**  
[outil WAT-A-GAME]

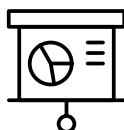
## 4. SCÉNARIOS



Établissement de scénarios de territoire

MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Modélisation**  
Hydrologique, socio-économique, intégrée [outil MAELIA]

## 5. ANALYSE MULTICRITÈRES



Comparaison des scénarios

MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Évaluation multicritères**  
[outil MAELIA]  
**Évaluation économique et financière**

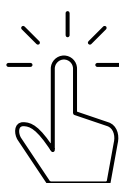
## 6. CHOIX DU SCÉNARIO



Plan d'action  
Mise en débat des analyses

MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Construction du plan d'action**  
[outil COOPLAN]

## 7. MISE EN ŒUVRE DU PLAN D'ACTION



MÉTHODOLOGIE INRAE  
**Le processus de concertation est lui-même évalué en continu**  
[outil ENCORE]



# L'AGROÉCOLOGIE

## SOURCE DE SOLUTIONS

Préserver la ressource en eau, pour les humains et pour la planète, c'est à la fois l'économiser et agir sur la cause de sa raréfaction : le changement climatique.

Pour l'agriculture, c'est un double défi qui nécessite des changements rapides et profonds.

**Et si l'on regardait du côté de l'agroécologie ?**

Face aux changements globaux, l'évolution de l'agriculture doit s'envisager de façon systémique et aller au-delà de la seule production. Choix des espèces et races d'animaux, pratiques de culture, gestion du paysage, etc., sont à reconsidérer. Comment conduire cette transition ? Peut-elle être rapide, compte-tenu de l'urgence climatique ? Comment accompagner les agriculteurs qui en sont les premiers maillons ?

### **Pour une reconception de l'agriculture**

L'agroécologie est une des voies possibles pour concilier les différents enjeux qui se posent à l'agriculture. Elle propose un cadre cohérent en combinant plusieurs leviers (voir encadré) et implique un changement profond de démarche : plutôt que de cultiver la variété (ou d'élever la race animale) la plus performante dans un environnement homogène et contrôlé par l'utilisation d'intrants, il s'agit de combiner une diversité de variétés et d'espèces pour s'adapter à des conditions fluctuantes (voir p. 32). D'après Thierry Caquet, directeur scientifique Environnement d'INRAE, « pour les agriculteurs, la réussite de la transition agroécologique peut impliquer des investissements en termes de formation, de partage de savoir-faire, de

*mutualisation d'équipements... mais c'est aussi toute la chaîne de valeurs qui doit évoluer en partageant les coûts : adapter les outils de récolte, de collecte et de transformation à des produits plus diversifiés et parfois plus hétérogènes, mettre en place de nouvelles filières et de nouvelles pratiques de commercialisation, etc. En bout de chaîne, les consommateurs ont un rôle-clé à jouer, car leurs actes d'achat sont des leviers puissants pour faire changer l'ensemble du système. Il faut que la société toute entière évolue et pas seulement les agriculteurs... ». Le processus de co-construction de la transition agroécologique fait lui-même l'objet de recherches.*

Les travaux d'INRAE s'appuient sur des suivis d'exploitations agricoles, des dispositifs expérimentaux ou des *living labs* (laboratoires vivants), autant de lieux pouvant servir de démonstrateurs.

### **La transition peut être rapide**

Certains exemples montrent que la transition peut être rapide. Ainsi, à la suite de la suppression en avril 2015 des quotas laitiers et à la chute du prix du lait qui s'en est suivie, des éleveurs laitiers aveyronnais se sont convertis en agriculture biologique en deux ans seulement, passant pour certains d'un système zéro pâturage à sept mois →

## L'agriculture de conservation est-elle économe en eau ?

**Le projet BAG'AGES (2016-2021), coordonné par INRAE et soutenu par l'Agence de l'eau Adour-Garonne, visait à répondre à cette question au travers du suivi sur trois ans de 11 parcelles chez des agriculteurs et grâce à la modélisation.**

Par ses capacités de stockage de carbone, le sol est un levier majeur pour atténuer le changement climatique. C'est aussi le milieu nourricier des plantes et leur réserve d'eau. L'agriculture de conservation des sols repose sur trois piliers : l'absence de travail du sol, la diversification et l'allongement des rotations, et la protection des sols contre l'érosion par l'utilisation de couverts végétaux implantés entre les cultures dans les rotations. Mais quel est l'impact de ce système sur la ressource en eau ? Lionel Alletto et Olivier Therond, agronomes à INRAE, livrent leurs conclusions à deux échelles différentes, la parcelle et le territoire. À noter, sur trois sites, on a pu comparer des parcelles en agriculture de conservation et des parcelles labourées, dans les mêmes conditions de sol et de climat.

1. Réserve utile = quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante

2. [maelia-platform.inra.fr](https://maelia-platform.inra.fr)

### « Pour une quantité d'eau égale, on observe un meilleur rendement en biomasse »

Lionel Alletto

« À l'échelle du territoire, il est difficile de savoir si les systèmes en agriculture de conservation permettent des économies d'eau, car certains choisissent d'irriguer leurs couverts avec l'eau économisée en diminuant les surfaces de maïs irrigué. Par contre, on observe qu'à quantité d'eau égale, on a un système plus productif en biomasse : + 15 % à 20 %. On a donc augmenté l'efficacité de l'eau. Il faudrait maintenant étudier ce qui se passerait si l'on réduisait graduellement l'irrigation du maïs dans ces systèmes. C'est un axe de recherche pour nos sites expérimentaux, car les agriculteurs peuvent difficilement prendre ce risque. De plus, nous devons améliorer nos connaissances pour sélectionner des variétés plus tolérantes au manque d'eau. Pourquoi obtient-on un meilleur rendement en biomasse ? Déjà, les plantes bénéficient d'un meilleur stock d'eau dans les sols : nous avons montré que la "réserve utile"<sup>1</sup> de ces sols augmentait de 8 à 15 % par rapport à des sols travaillés. L'eau s'y infiltre mieux, car même si les sols non travaillés sont plus denses, leurs pores sont mieux connectés, du fait de la présence de galeries de vers de terre et de réseaux de racines, qui peuvent aller en profondeur car elles ne sont pas arrêtées par les "semelles de labour". Autre raison possible : les plantes sont mieux nourries du fait d'une amélioration des associations symbiotiques, notamment mycorhiziennes, lorsque les sols sont maintenus couverts et peu travaillés. La rétention de l'eau dans les sols est aussi favorisée par les couverts d'intercultures, car même s'ils

consomment de l'eau, ils apportent au sol, une fois détruits, de la matière organique qui améliore le stockage de l'eau. Ils limitent aussi les pertes d'eau liées au ruissellement et freinent ainsi l'érosion du sol qui en découle. Enfin, les couverts ont un autre avantage : ils piègent du carbone. C'est pourquoi ils représentent le levier principal du projet 4 pour 1 000 (voir p. 19) pour stocker du carbone en grandes cultures. INRAE étudie une grande diversité de plantes de couverts, pures ou en mélange : féverole, vesce, radis fourrager, navette, avoine rude, roquette, moutarde. »

### « Les couverts d'interculture n'ont pas d'impacts critiques sur la ressource en eau »

Olivier Therond

« Le modèle de simulation que nous utilisons, Maelia<sup>2</sup>, permet d'analyser finement les impacts des couverts végétaux et des rotations diversifiées (maïs, soja, tournesol, céréales...), car il prend en compte de nombreux paramètres : climat, sol, rotations, pratiques (semis, irrigation...), état des ressources en eau, etc. La principale crainte portait sur l'impact sur l'eau des couverts d'intercultures, car, s'ils ont l'avantage de capter du CO<sub>2</sub>, ils consomment de l'eau du sol, ce qui peut pénaliser la culture suivante, ainsi que la recharge des nappes et les écoulements vers les cours d'eau. La modélisation a dissipé cette crainte pour le bassin versant étudié, car elle montre que les couverts n'ont pas d'effets critiques sur la culture suivante, ni sur les débits des cours d'eau. Dans le cas particulier de sols superficiels ou si les pluies sont rares, il faut juste les détruire assez tôt pour que la réserve en eau du sol se reconstitue avant la levée de la culture suivante. »



© INRAE - Bertrand Nicolas

de pâturage dans l'année. La transition vers ce système herbager a été très rapide. « *Les éleveurs ont immédiatement réimplanté des prairies en misant sur la diversification des espèces végétales (parfois jusqu'à dix espèces avec des cycles de végétation décalés) pour faire face aux épisodes récurrents de sécheresse. Avec une bonne gestion de ces prairies et du pâturage<sup>1</sup>, les éleveurs ont réduit leurs charges : moins de culture de maïs, moins d'achats d'engrais et d'aliments concentrés. Ces économies leur ont permis d'améliorer leurs résultats économiques dès la première année, avant même d'être labellisés "agriculture biologique" et de bénéficier des prix du lait bio, environ 1,5 fois plus cher que le lait conventionnel à l'époque* », analyse Guillaume Martin, agronome à INRAE, qui a suivi avec son équipe 19 éleveurs laitiers pendant trois ans. Les enquêtes montrent par ailleurs que la satisfaction des éleveurs s'est améliorée avec la conversion au bio, en particulier sur les aspects de rentabilité économique et de liens sociaux.

Cette conversion présente également d'importants avantages au regard de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. Elle permet d'être plus autonome pour nourrir les animaux et de bénéficier des avantages des prairies en termes de stockage de carbone, de lutte contre

↑  
Parcelle en agroforesterie, associant de la vigne et une plantation de pins.

l'érosion, de biodiversité et d'enrichissement du sol en matière organique, ce qui améliore aussi la rétention d'eau. De plus, l'herbe fraîche couvre 90 % des besoins en eau des vaches.

#### **La transition peut impliquer toute une filière**

Les transitions sont forcément plus longues pour les cultures pérennes (vignes, arbres fruitiers) où les choix stratégiques portent sur 15 à 30 ans. Dans le cas de la vigne, par exemple, c'est toute la filière française qui s'est mobilisée pour s'adapter au changement climatique et contribuer à son atténuation. Première filière à avoir mené à bien sa réflexion dans ce domaine, elle a présenté sa stratégie aux pouvoirs publics en 2021. Celle-ci s'appuie sur les résultats du projet LACCAVE →

**Certains exemples montrent que la transition vers l'agroécologie peut être rapide.**

(2012-2021), une initiative d'INRAE impliquant 25 équipes de recherche et 12 organismes partenaires. Plusieurs leviers peuvent être mobilisés conjointement pour s'adapter au déficit hydrique qui affecte les vignobles du sud de la France, provoquant des baisses de rendement et altérant la qualité du raisin et du vin : choix de cépages et porte-greffes plus tolérants à la sécheresse, relocalisation des vignes sur des sols plus profonds, plus ombragés ou en altitude, changements dans les pratiques viticoles (taille, effeuillage, enherbement maîtrisé, paillage au sol, amendements organiques, haies), introduction éventuelle d'irrigation au goutte-à-goutte en association avec des pratiques agroécologiques, adaptation de la vinification pour réduire la teneur en alcool, etc.

#### La viticulture pionnière

L'adaptation est déjà en cours : « *Dans le Bordelais, des viticulteurs testent des cépages "extérieurs" pour répondre au changement climatique, tout en s'assurant qu'ils sont conformes à la typicité des vins de Bordeaux. Depuis 2018, les cahiers des charges des appellations autorisent l'introduction de tels cépages. À INRAE, nous étudions 52 cépages différents provenant du sud et de l'ouest de l'Europe pour voir comment ils pourraient répondre à la production de vin de Bordeaux demain* », précise Nathalie Ollat, copilote du projet LAC-CAVE avec Jean-Marc Touzard, économiste à INRAE. Pour ce dernier, tout dépend du niveau du réchauffement climatique. Les leviers étudiés peuvent être combinés pour s'adapter au réchauffement si l'on reste en deçà de +2°C en 2100. « *Mais plus on dépasse ce seuil, moins la viticulture de terroir que l'on connaît sera possible : à cause du réchauffement et surtout des aléas climatiques, il sera de plus en plus difficile de produire durablement des vins de qualité dans des terroirs définis. La production plus aléatoire de raisin sera vendue à des vinificateurs-négociants qui pourront assembler et corriger le vin par la chimie, ou même vinifier toute l'année des moûts issus de différentes régions. Si l'on aime le vin et ses terroirs, il faut tout faire pour mettre en œuvre les objectifs de la COP21.* » ●

1. Choix des espèces pour obtenir des prairies pérennes et une pousse de l'herbe régulière, date de mise à l'herbe opportune pour « nettoyer » les pâtures

avant l'herbe du printemps, chargement en animaux et temps de pâturage adaptés pour favoriser la productivité et la qualité des repousses suivantes.

#### À SAVOIR

## Les principaux leviers de l'agroécologie

#### DIVERSIFICATION DES VARIÉTÉS ET DES CULTURES :

[et des espèces et races d'animaux] pour réduire la vulnérabilité et favoriser la résilience : utiliser plusieurs variétés et espèces cultivées, seules ou en mélange ; allonger les rotations ; introduire des légumineuses qui apportent de l'azote au sol ; introduire des plantes de service, cultivées en association avec les cultures de rente ou en intercultures pour leurs effets bénéfiques [lutte contre les bioagresseurs, les adventices, amélioration des propriétés du sol].

#### BIOCONTRÔLE :

protéger les cultures avec des ennemis naturels des ravageurs, des biopesticides d'origine végétale, des phéromones, plutôt qu'avec des pesticides de synthèse.

#### COMPLÉMENTARITÉ ANIMAL-VÉGÉTAL :

associer culture et élevage pour apporter de la matière organique au sol et pour valoriser les surfaces en herbe et les sous-produits des cultures en tant qu'aliments pour les animaux [pailles, tourteaux].

#### PRÉSERVATION DES SOLS :

couvrir les sols pour les protéger contre l'érosion, pour stocker du carbone, augmenter la réserve utile en eau et apporter de la matière organique.

#### MISE EN PLACE D'INFRASTRUCTURES AGROÉCOLOGIQUES :

haies, bandes enherbées, fossés, mares, pour favoriser la biodiversité [y compris les auxiliaires des cultures], la qualité de l'eau et limiter le ruissellement.

#### AGROFORESTERIE :

introduire des arbres pour favoriser la biodiversité, la qualité du sol et de l'eau, apporter ombre et protection aux animaux et aux cultures.



## INTERNATIONAL La coopération pour accélérer la transition

Les problématiques de l'eau, du changement climatique et de la transition agroécologique doivent s'envisager au niveau mondial. INRAE coordonne et s'engage dans de nombreux projets internationaux.

INRAE est moteur de l'initiative de programmation européenne JPI Water, lancée en 2011, qui vise à coordonner les travaux de recherche des 25 États membres sur la gestion de l'eau. INRAE fait également partie du réseau REECAP<sup>1</sup>, dont l'objectif est de promouvoir l'utilisation d'approches expérimentales et comportementales pour l'évaluation de la Politique agricole commune [PAC]. « Nous développons des outils et produisons des données afin de guider les décideurs politiques et d'accroître l'adhésion des agriculteurs », témoigne Sophie Thoyer, cheffe adjointe du département ÉcoSocio à INRAE.

La démarche fait des adeptes puisque REECAP a reçu en janvier 2022 le prix américain CBEAR<sup>2</sup> qui récompense l'innovation agro-

environnementale. Au niveau mondial, « le manque de résilience du secteur agricole, ainsi que la pauvreté et les inégalités généralisées dans les nations en développement, plus particulièrement en Asie et en Afrique, exacerberont les impacts du changement climatique et entraîneront des effets en cascade au-delà des frontières. Il est donc dans l'intérêt des nations riches de financer l'adaptation au changement climatique des régions les plus à risque », indique l'institut politique Chatham House dans son rapport d'octobre 2021<sup>3</sup>.

Depuis 2011, INRAE a par exemple développé un programme de recherche avec l'Inde, un pays impacté, comme toutes les zones semi-arides, plus fortement et plus tôt par le changement climatique. « Cette collaboration a été saluée par le Sénat comme un "partenariat exemplaire". Grâce à l'économie expérimentale et à la modélisation, nous recherchons avec nos homologues indiens des stratégies d'adaptation objectivées par des résultats chiffrés et basés sur des travaux de terrain. Notre mission en France et à l'international, face à cet enjeu environnemental majeur, est d'accompagner la transformation par la recherche et l'appui aux politiques publiques sur de nouvelles orientations plus durables », conclut Alban Thomas, directeur scientifique adjoint Environnement d'INRAE.

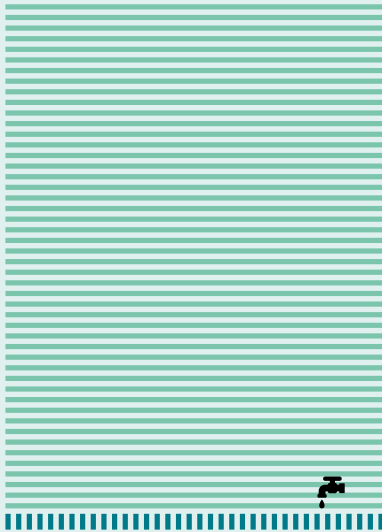
1. [url.inrae.fr/3MW06Ft](http://url.inrae.fr/3MW06Ft)

2. The Center for Behavioral & Experimental Agri-Environmental Research

3. What near-term climate impacts should worry us most? Quiggin et al., oct 2021, Environment and Society Programme.

# L'IRRIGATION EN FRANCE

## FRANCE MÉTROPOLITAINE



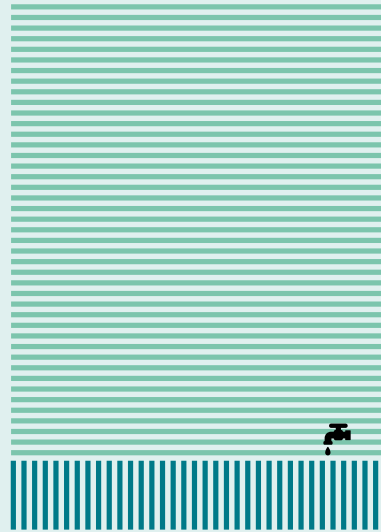
**5%**  
de la superficie agricole utilisée (SAU) irriguée en 2016



1 agriculteur sur 6 utilise l'irrigation

**Provenance de l'eau irriguée**  
Rivières et cours d'eau (Sud), nappes souterraines (région Centre, Beauce), retenues d'eau (Sud-Ouest).

## DÉPARTEMENTS D'OUTRE-MER



**15%**  
de la superficie agricole utilisée (SAU) irriguée en 2016

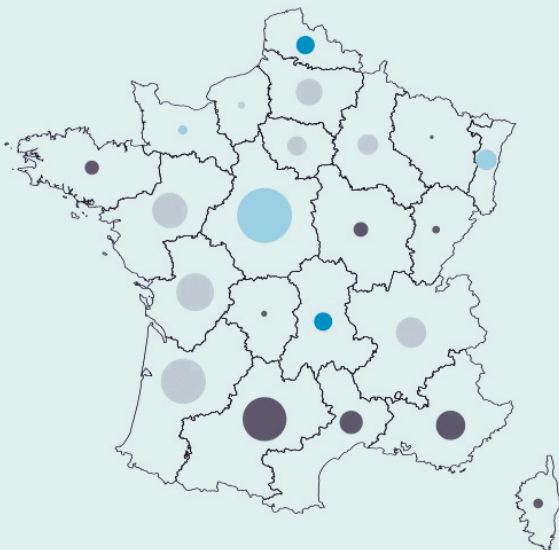


1 agriculteur sur 5 utilise l'irrigation

**Principales cultures irriguées**  
Canne à sucre, banane, agrumes et légumes frais.

## ÉVOLUTION DES SURFACES IRRIGABLES EN FRANCE ENTRE 2000 ET 2010

(irrigables = équipées pour l'irrigation)



**Évolution par rapport à 2000**  
● Augmentation entre + 5 et + 10 %  
● Stable entre - 5 et + 5 %  
● Baisse de - 5 à - 15 %  
● Baisse > - 15 %

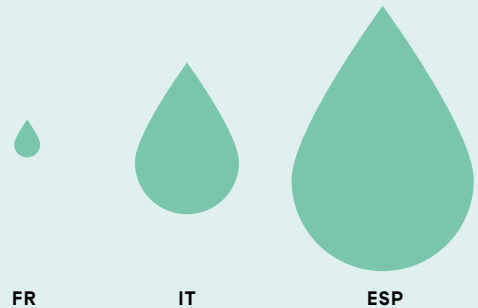
**Surfaces irrigables en 2010**  
en milliers d'hectares



Diminution des surfaces irrigables de 12 % entre 2000 et 2010, après un triplement entre 1970 et 2000. En 20 ans, l'efficacité de l'irrigation (tonne de matière sèche produite par m<sup>3</sup> d'eau) a augmenté de 30 %. Stabilité des surfaces irrigables pour la

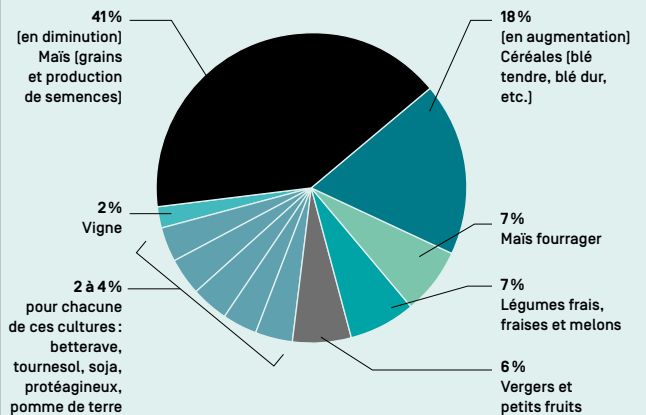
région Centre-Val de Loire, principale région irrigante. Diminution de l'irrigation dans le Sud et augmentation en Auvergne, Nord Pas-de-Calais (entre 2000 et 2010). Le Sud-Est représentait 50 % de la surface irriguée en 1970, 18 % en 2010.

## VOLUME D'EAU UTILISÉ POUR L'IRRIGATION



## PRINCIPALES CULTURES IRRIGUÉES EN FRANCE

en % de la surface totale irriguée



source : SSP- Agreste 2010

# IRRIGUER DIFFÉREMMENT

Avec le réchauffement climatique, la demande en eau pour l'irrigation augmente, y compris dans les pays tempérés, dont les cultures utilisent surtout de l'eau de pluie.

Pour économiser l'eau, il existe des solutions pour adapter l'agriculture pluviale, avant de recourir à l'irrigation, qu'il faut optimiser par ailleurs.

## Tour d'horizon.

Quand on parle d'agriculture en France, on parle essentiellement d'agriculture « pluviale » : la plupart de nos cultures sont en effet arrosées naturellement, par l'eau de pluie. Ce n'est pas le cas pour d'autres régions de la planète, puisque l'agriculture irriguée produit plus de 40 % de l'alimentation mondiale sur moins de 20 % des terres. Cependant, avec le réchauffement climatique, la demande en eau pour l'irrigation augmente, y compris dans les pays tempérés.

### Adapter l'agriculture pluviale au manque d'eau

« Au sud de la Méditerranée, dont le climat commence à se retrouver au sud de la France, on a longtemps observé une situation duale où les efforts étaient concentrés sur une agriculture irriguée très intensive et très productive, alors que l'agriculture pluviale, qui occupe la plus grande partie du territoire, était moins soutenue et moins valorisée, analyse Sami Bouarfa, spécialiste de l'irrigation à INRAE. Pour éviter cette focalisation sur l'irrigation, il faudrait inverser les priorités, c'est-à-dire commencer par adapter l'agriculture pluviale à la sécheresse et ne considérer l'irrigation qu'en dernier recours. » Les leviers d'adaptation de l'agriculture

**Phénotypage**  
Observation des caractéristiques visibles de la plante, résultant de l'expression de son génome.

pluviale au manque d'eau sont nombreux, à commencer, selon les principes de l'agroécologie, par la diversification des rotations en incluant plus de cultures d'hiver et des espèces plus tolérantes à la sécheresse : blé dur, tournesol, sorgho, colza, légumineuses comme le pois, le pois chiche, le soja, voire des espèces de zones arides comme le niébé, le quinoa ou le sarrasin. INRAE conduit des travaux pour valoriser certaines de ces espèces, par exemple en sélectionnant des variétés de pois résistantes à des pathogènes ou en élaborant des modèles de prévision du rendement du tournesol. En mobilisant notamment les outils du phénotypage à haut débit, l'Institut travaille aussi à la sélection de variétés de maïs, blé et pois tolérantes à la sécheresse. Dans le Sud-Ouest, un mouvement s'amorce dans le sens de la diversification et on observe ces dernières années une diminution des surfaces irriguées de maïs pour la production de grains, et, dans une moindre mesure, de maïs pour la production de semences, qui sont des cultures à forte valeur ajoutée mais très consommatrices d'eau en été, la période la plus critique pour la ressource en eau. →

L'introduction de nouvelles cultures doit s'accompagner du développement des filières correspondantes (collecte, transformation, commercialisation...), un processus long et complexe qui nécessite le soutien des régions et de l'État, au travers de dispositifs tels que les territoires d'innovation, les pôles de compétitivité ou les plans alimentaires territoriaux (PAT), comme c'est le cas par exemple pour la filière des protéagineux avec le Plan national protéines végétales du Gouvernement, ou encore pour le Territoire d'innovation porté par la métropole dijonnaise « Dijon alimentation durable 2030 »<sup>1</sup>. Ainsi, comme le souligne le rapport de la mission interministérielle CGEDD-CGAAER de 2020<sup>2</sup>: « Face au changement climatique, dans de nombreux cas, le progrès de l'agriculture pluviale sera encore plus décisif que celui des cultures irriguées. »

#### Irrigation et agroécologie

Du fait de son utilisation possible pour maximiser les rendements, l'irrigation est souvent associée en France à l'agriculture intensive, particulièrement dans le cas de la maïsiculture. « *Pourtant, des chercheurs ont documenté dans certaines régions du sud de la Méditerranée des pratiques agroécologiques en systèmes irrigués. De plus, l'irrigation peut être un levier pour la diversification des cultures, qui est l'un des piliers de l'agroécologie* », souligne Delphine Leenhardt, agronome à INRAE. La chercheuse monte actuellement un projet en Occitanie pour mieux connaître les consommations d'eau et les pratiques de gestion de l'eau dans les systèmes agroécologiques et comprendre comment les structures de vente associées s'engagent sur la question de l'eau, notamment au travers de leurs chartes. Il s'agira aussi d'identifier les facteurs socio-économiques favorables à une agriculture irriguée

## L'irrigation peut être un levier pour la diversification des cultures, qui est l'un des piliers de l'agroécologie.

1. Voir *Ressource n°1*, page 29, [inrae.fr/ressources](http://inrae.fr/ressources)

2. [cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Affaires-0011497](http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Affaires-0011497)

3. [hal.inrae.fr/hal-02608073](http://hal.inrae.fr/hal-02608073)

4. Expertise scientifique collective sur l'impact cumulé des retenues. Rapport de synthèse. [url.inrae.fr/30P2yry](http://url.inrae.fr/30P2yry)

5. Eutrophisation : processus d'accumulation de nutriments (azote et phosphore essentiellement) dans les milieux aquatiques, pouvant provoquer un développement excessif d'algues.

agroécologique et d'accompagner l'ensemble des irrigants vers ces pratiques.

#### Vers une irrigation de résilience

Dans la même mouvance, « l'irrigation de résilience » est définie comme une irrigation de sécurité, à la différence d'une irrigation qui vise à maximiser les rendements et qui entraîne une consommation importante en eau et en intrants. En effet, le rendement étant lié à la quantité d'eau fournie à la plante, on peut augmenter l'irrigation dans le but de maximiser le rendement. C'est souvent le cas en grandes cultures, pour lesquelles l'irrigation n'est en général pas indispensable, au contraire des cultures fruitières et maraîchères, plus dépendantes de l'eau. S'orienter vers une irrigation de résilience, c'est chercher à stabiliser les rendements plutôt qu'à atteindre chaque année des valeurs maximales. « *Dans un contexte où l'eau risque d'être rationnée, il est important d'aller vers une vision de l'irrigation moins maximaliste* », souligne Sami Bouarfa.

#### Augmenter l'efficacité de l'irrigation

Les marges d'économie d'eau existent bien à l'échelle de la parcelle. En effet, environ 80 % des irrigants utilisent l'aspersion, parfois avec un matériel ancien, alors qu'il existe des systèmes plus économes en eau : matériel équipé de contrôleurs électroniques ou systèmes localisés (micro-aspersion, goutte-à-goutte de surface ou enterré). Il existe aussi des possibilités d'économie en pilotant l'irrigation à l'aide d'outils d'aide à la décision qui permettent d'apporter la bonne quantité d'eau au bon moment. Ces outils sont basés sur des mesures d'état hydrique des plantes et des sols, le plus souvent *via* des capteurs au sol, mais aussi en faisant appel aux outils de la télédétection.

#### Des outils pour estimer les économies potentielles

L'Union européenne propose des aides pour encourager les économies d'eau, à condition de déclarer une économie à venir de 5 à 25 % (selon les régions) sans diminuer le rendement des cultures. Il est dès lors important pour l'agriculteur d'estimer *a priori* les économies d'eau qu'il va réaliser en améliorant le matériel ou le pilotage de l'irrigation, ce qui n'est pas chose facile car tout dépend de l'état du matériel existant, du sol,





du climat et du type de culture. C'est pourquoi, à la demande du ministère en charge de l'Agriculture, les scientifiques d'INRAE ont établi un référentiel pour évaluer les économies d'eau potentielles en compilant de nombreuses données, région par région, situation par situation<sup>3</sup>. Cet outil est maintenant utilisé pour instruire les demandes de subvention. Les économies d'eau varient de 15 à 25% en améliorant le matériel, et de 10 à 40% en améliorant le pilotage de l'irrigation. L'amélioration du pilotage présente l'avantage d'être moins tributaire des conditions climatiques alors que le passage au goutte-à-goutte se révèle peu efficace en termes d'économie d'eau lors des années très sèches.

Par ailleurs, INRAE a développé un logiciel, **OPTIRRIG**, qui permet de gérer l'irrigation sur plusieurs cultures au sein d'une exploitation, en établissant des scénarios pour savoir quelle culture irriguer, quand et comment.

#### Les retenues d'eau, corollaires de l'irrigation

En France, en dehors des grands barrages qui servent également d'autres usages (production d'électricité, d'eau potable), beaucoup de retenues sont utilisées essentiellement pour l'irrigation. Si

**40 %**  
de l'alimentation  
mondiale est  
produite en  
irrigation sur  
moins de 20 %  
des terres

#### ÉCONOMIES D'EAU POSSIBLES

**15-25 %**  
en améliorant  
le matériel

**10-40 %**  
en améliorant  
le pilotage de  
l'irrigation

le principe est simple – créer des réservoirs d'eau – il existe de nombreuses manières de le faire. Une expertise scientifique collective<sup>4</sup>, conduite par INRAE en lien avec l'Office français de la biodiversité (OFB) en 2016, a ainsi permis d'identifier 23 types de retenues, selon leurs modes d'alimentation en eau et de restitution au milieu. L'expertise décrit aussi les principaux impacts d'une retenue sur le milieu aquatique : diminution du débit en aval, blocage des sédiments grossiers dans la retenue et modification du lit du cours d'eau aval, risque accru d'eutrophisation<sup>5</sup>, évolution des espèces aquatiques. L'évaluation de l'impact cumulé de ces retenues, obligatoire depuis la réforme des études d'impact (2011) pour les retenues soumises à autorisation, reste un sujet de recherche : en effet, cet impact cumulé ne se limite pas à la somme des impacts isolés. L'OFB, avec l'appui de chercheurs d'INRAE, développe actuellement une démarche d'évaluation de ces impacts cumulés sur 8 bassins versants aux caractéristiques contrastées.

#### Stockage intersaisonnier

Actuellement, les regards se portent plus particulièrement sur les retenues dites « de substitu- →

tion», remplies en hiver par des dérivations créées sur des cours d'eau ou par pompage dans les rivières ou dans les nappes. L'eau stockée en hiver est utilisée en été, ce qui permet d'éviter de prélever de l'eau dans le milieu aquatique en période estivale. Ces retenues sont ainsi destinées à sécuriser les usages existants, sans en créer de nouveaux. « Ces retenues ont a priori un impact moindre sur le milieu. Cependant, même si le remplissage de ces retenues se fait en période de "hautes eaux", il faut s'assurer qu'il n'altère pas le bon fonctionnement global du cours d'eau. C'est pourquoi il existe des seuils empiriques de débit ou de hauteur de nappe dans certaines régions pour encadrer le remplissage de ces retenues. Un projet impliquant INRAE débute pour asseoir ces seuils sur des bases scientifiques », indique Nadia Carluier, qui a coordonné l'expertise scientifique collective de 2016. Dans le bassin du Midour (Gers, Landes), certaines retenues peinent déjà à se remplir en hiver. « Dans tous les cas, l'équipement en retenues doit être raisonné au cas par cas selon les territoires, en fonction des enjeux qui y sont collectivement identifiés. Il faut par ailleurs éviter l'effet "rebond", qui fait que l'accès sécurisé à une ressource en eau accroît l'utilisation d'eau et la dépendance des systèmes », conclut Nadia Carluier.

### La conciliation avant tout

Tout comme l'irrigation, les retenues d'eau sont associées à une image d'agriculture intensive et souvent contestées socialement. C'est pourquoi il est important d'intégrer leur gestion dans des projets de territoires élaborés collectivement comme les PTGE (voir p. 22). Dans les Deux-Sèvres par exemple, un projet de construction de douze retenues de substitution a fait l'objet d'un accord entre les acteurs associatifs et les irrigants, qui ont pris des engagements précis et chiffrés sur des pratiques agroécologiques telles que le développement de l'agriculture biologique, la réduction de l'usage d'intrants et le développement des haies. De tels contrats sont de nature à concilier les enjeux écologiques, économiques et sociétaux au sein des territoires pour un partage optimal des ressources en eau. ●

### PERSPECTIVE

## Réutiliser les eaux usées

**Réutiliser les eaux usées traitées pour l'irrigation permet de les valoriser, particulièrement en zone côtière où elles seraient sans cela directement rejetées à la mer.**

Les Assises de l'eau de 2019 ont fixé un objectif de triplement de la réutilisation des eaux usées en France à l'horizon 2025. Dans l'Hexagone, le taux de réutilisation des eaux usées est inférieur à 0,6 %, alors qu'il est de 2,4 % en moyenne en Europe du Nord et beaucoup plus élevé dans les pays méditerranéens : 90, 85 et 60 %, respectivement. L'amélioration des procédés de traitements des eaux usées en amont de la réutilisation agricole doit garantir l'innocuité vis-à-vis des risques de contamination (microbiologique ou chimique). Différentes solutions sont à l'étude à INRAE.

Par exemple, dans son unité expérimentale de Pech Rouge, près de Gruissan (Aude), INRAE expérimente l'irrigation de la vigne avec les eaux sortant de la station d'épuration de Narbonne-Plage. Ces eaux subissent un traitement supplémentaire pour éliminer les microorganismes et sont contrôlées par l'Agence régionale de santé, qui vérifie également que les molécules à risques (médicaments, biocides, etc.) ne dépassent pas le seuil autorisé dans l'eau potable. Ainsi tracées et sécurisées sur le plan sanitaire, ces eaux ont l'avantage d'apporter à la vigne des nutriments (azote, phosphore et potassium), ce qui limite l'usage d'engrais de synthèse.

Le procédé est coûteux, notamment en énergie, et il est plutôt réservé à des zones péri-urbaines, proches des stations d'épuration, et à des zones côtières, car ailleurs, les rejets de stations d'épuration font partie du soutien au débit des cours d'eau et ne peuvent pas être « détournés » sans autorisation.

# AIDER LES AGRICULTEURS À S'ADAPTER

Face au changement climatique, c'est une véritable transformation de l'agriculture qui doit s'opérer, avec de vrais risques pour les agriculteurs au niveau individuel. Un défi qui nécessite des politiques publiques adaptées et performantes.

Les mesures réglementaires et économiques mises en place pour amener les agriculteurs à une gestion plus durable de l'eau sont d'efficacité variable. C'est pourquoi la recherche se mobilise pour trouver des leviers plus efficaces. L'économie comportementale et la modélisation sont ainsi des axes majeurs pour concevoir des systèmes cohérents, adaptés et efficaces pour faciliter et accélérer la transition attendue.

« Pour les agriculteurs, le changement climatique, c'est la double peine, explique Sophie Thoyer, cheffe adjointe du département ÉcoSocio à INRAE. Avec des sécheresses dont la fréquence et l'intensité augmentent un peu plus chaque année, non seulement les ressources en eau diminuent, mais la demande en eau des plantes augmente dans le même temps, le plus souvent en période estivale. » Nous devons aller vers un nouveau modèle agricole plus économe en eau, inspiré de l'agroécologie. En attendant, une irrigation de soutien efficace et maîtrisée doit être mise en place, tout en préservant la ressource aussi bien quantitativement que qualitativement (voir p. 35).

Alors, comment mettre en œuvre cette transformation et l'accompagner? La ressource étant considérée comme un patrimoine national<sup>1</sup>, la question devient étatique, elle est donc régie par

1. Article L 120-1 du code de l'environnement français: « L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation ».

2. PTGE: Projet de territoire pour la gestion quantitative de l'eau; SDAGE: Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux; SAGE: Schéma d'aménagement et de gestion des eaux, à un niveau plus local que le SDAGE.

des lois. La réglementation française sur l'eau s'appuie sur des lois encadrées par une directive-cadre européenne (voir p. 43).

## Des lois pour fixer un cadre et un cap aux agriculteurs

L'objectif de cette politique est de préserver et garantir le « bon état des eaux ». Depuis 1992, l'État délègue la gestion de l'eau aux acteurs locaux, qui, au travers des PTGE, SDAGE et SAGE<sup>2</sup> décident de leurs usages, qu'ils soient agricole, industriel, particulier, touristique ou même environnemental.

Les lois se traduisent par des leviers réglementaires, comme les arrêtés préfectoraux qui imposent des restrictions d'usage de l'eau. Sur chaque bassin versant, l'Organisme unique de gestion collective (OUGC), en collaboration avec le gestionnaire du réseau d'eau, partage un volume prélevable entre les agriculteurs. Au-delà de 1 000 m<sup>3</sup>/an, les irrigants doivent déclarer leurs prélèvements et s'équiper de compteurs que relève le gestionnaire pour facturer l'eau réellement prélevée dans la rivière ou par forage.

Si, la plupart du temps, les réglementations sont suivies, elles sont néanmoins nombreuses, complexes et parfois contradictoires. « Nous nous →

# « La modélisation jouera certainement un rôle d'accélérateur et de catalyseur de cette transformation. »

Stéphane Couture

*retrouvons parfois dans des imbroglis de textes juridiques. Certains, vieux de 150 ans, font le grand écart avec les derniers»,* témoigne Pascal Chisne, responsable du pôle Gestion des eaux à la Compagnie d'aménagement des Côteaux de Gascogne (CACG).

## Des leviers économiques pas toujours efficaces

Les leviers économiques dits « incitatifs », mais à caractère obligatoire, ont pour objectif de faire prendre conscience de la rareté de la ressource afin d'inciter à l'économiser et à la préserver des pollutions. Les agriculteurs payent notamment aux Agences de l'eau les redevances « prélèvement » et « pollution » qui servent à financer des projets pour la préservation des milieux aquatiques. En réalité, ces taxes n'incitent guère à l'économie d'eau, car leur montant est trop faible. En revanche, « *le prix de l'eau, fixé par les gestionnaires de réseaux collectifs de distribution, pourrait devenir un bon levier de changement. Aujourd'hui, il est inadapté, car la grande majorité des agriculteurs payent encore au forfait. Les gros consommateurs ne sont donc pas pénalisés. De plus, ce système de calcul ne contribue pas (ou pas suffisamment) aux coûts de fonctionnement des installations* », pense Daniel Lepercq, chargé de mission à la CACG. Pour répondre à ces deux problématiques, certains gestionnaires, comme la CACG notamment, ont mis en place un système tarifaire avec une part fixe, calculée sur une surface ou un volume souscrit, et une part variable, calculée sur le volume réellement consommé. Ce mode de tarification, plus incitatif et plus efficace, tend à se développer sur les autres bassins versants.

Le levier volontaire le plus répandu est la subven-

3. Hascic and Wu, 2006. Pollution de l'eau par les agriculteurs. [url.inrae.fr/3JdLe39](http://url.inrae.fr/3JdLe39)

4. Dans le cadre du projet de recherche « Agriculture, environnement, Vittel », 1987-2004. Deffontaines *et al.*, 1993.

tion appelée Mesure agroenvironnementale et climatique (MAEC) de la Politique agricole commune (PAC). Sa portée est cependant limitée car elle est basée sur une obligation de moyens, et non de résultats. Cette subvention est consentie aux agriculteurs qui contribuent à la protection de l'eau et de la biodiversité, au-delà de la réglementation, par exemple en convertissant une partie de leurs surfaces en prairies ou en forêt. En effet, selon une étude publiée en 2013<sup>3</sup>, la conversion de terres agricoles en forêt occasionnerait une baisse de la concentration de nitrates dans l'eau et donc une baisse des coûts de dépollution.

Il existe également les paiements pour services environnementaux (PSE) par des partenaires privés ou publics qui rémunèrent les actions des agriculteurs en vue d'améliorer la qualité de l'eau. Il s'agit ici de « sur mesure ». En France, la première initiative a été lancée par la Société des eaux minérales de Vittel en collaboration avec INRAE<sup>4</sup>. Afin de préserver la qualité de l'eau de source, l'industriel rémunère, *via* la filiale Agrivair, une quarantaine d'agriculteurs qui se sont engagés à réduire les intrants (engrais azotés et pesticides) sur leurs cultures et à réduire leur cheptel de bovins laitiers en adoptant un modèle extensif. Un contrôle régulier a montré une diminution significative de la pollution des eaux.

## L'intérêt des labels

Du côté des consommateurs, les leviers de type labels pourraient être renforcés. « *Le consommateur devient de plus en plus exigeant sur la qualité des produits alimentaires* », explique Nina Graveline, économiste à INRAE. En choisissant des produits labellisés AB<sup>5</sup>, HVE<sup>6</sup>, etc., il rémunère les efforts consentis par le producteur qui adopte des pratiques plus vertueuses. Il devient « consommateur ». Le projet OENOMED porté par INRAE vise à co-construire un label viticole avec des viticulteurs et des gestionnaires des aires protégées. Il reconnaîtrait les efforts des viticulteurs pour la préservation de l'eau, de la biodiversité, des sols, du patrimoine architectural et culturel ainsi que pour le patrimoine viticole et œnologique. « *Le vin s'y prête bien car il est très lié au terroir et peut être valorisé avec le tourisme. En revanche, cette piste "label" se révèle plus difficilement généralisable pour des produits comme les céréales pour des questions*



© INRAE - Bertrand Nicolas

de demande. En effet, un surcoût de prix serait-il tenable pour des aliments de consommation courante comme le pain ou les pâtes ? » s'interroge la chercheuse.

En résumé, tous ces instruments économiques classiques, pris isolément, se révèlent insuffisants pour accompagner la transformation. Pour Nina Graveline, « ce sont des incitations de type carotte et bâton qui découlent de la théorie économique, mais l'agriculteur n'est pas un pur homo economicus ».

Pourquoi les agriculteurs sont-ils indifférents, voire parfois hostiles, aux leviers économiques classiques ? D'après Sophie Thoyer, « l'agriculteur, comme tout un chacun, ne prend pas de décisions fondées exclusivement sur un arbitrage économique entre coûts et bénéfices espérés. Le processus est plus complexe. D'autres paramètres entrent en jeu comme sa sensibilité à l'environnement et au groupe social auquel il appartient ». Afin de mettre en place des politiques publiques plus efficaces, l'économie comportementale s'est donc intéressée aux différents facteurs qui influencent la prise de décision.

#### L'apport de l'économie comportementale

Les scientifiques testent par exemple un outil, le *nudge* (« coup de pouce »), théorisé par le prix

↑  
Agriculteur  
et chercheur sur  
le domaine  
expérimental  
d'Époisse, en  
région Bourgogne  
– Franche-Comté.

Nobel d'économie Richard H. Thaler et couramment utilisé en marketing. Il oriente les individus vers de nouvelles pratiques, grâce à de simples suggestions. INRAE, en partenariat avec la CACG, a testé cet outil sur les compteurs d'eau « intelligents », en jouant sur la norme sociale. Ainsi chaque semaine, l'agriculteur reçoit par SMS le relevé de sa consommation d'eau, mais aussi celui des voisins pour comparaison. Résultat ? Les gros consommateurs d'eau ont effectivement diminué leurs prélèvements... Avec un effet pervers cependant, une augmentation de ceux des petits consommateurs.

« Globalement, même si le *nudge* a un effet limité, le décideur politique gagne toujours à l'associer à un outil économique. Ces coups de pouce continuent à être développés. Pour réussir la transformation agricole, nous →

## Du côté des consommateurs, les leviers de type labels pourraient être renforcés.



*devons repenser nos stratégies à la lumière de l'économie comportementale pour développer des leviers innovants», conclut Sophie Thoyer.*

#### **Sur la piste de nouveaux leviers**

D'autres pistes sont à l'étude, comme les enchères (ou appels à projets) par une organisation publique ou privée sur un service environnemental rendu par des agriculteurs. Elles présentent un avantage de taille : les exploitants peuvent choisir leur cahier des charges ainsi que le montant du paiement. Les organisations, elles, peuvent choisir le projet qui a le plus grand impact environnemental. En revanche, le dispositif met les agriculteurs en concurrence alors que la tendance des leviers organisationnels comme les SAGE ou les PTGE est plutôt à la coopération.

#### **Privilégier l'obligation de résultats**

Instaurer des subventions et paiements (MAEC, PSE) avec une obligation de résultats plutôt qu'une obligation de moyens serait à encourager

pour une meilleure efficacité, sous réserve de développer des indicateurs pour mesurer ces résultats. C'est le cas de la MAEC « prairies fleuries », favorable à la qualité de l'eau car elle encourage le maintien des prairies. C'est une mesure à obligation de résultats, que l'on évalue par la présence de plantes indicatrices du bon état agroécologique de la prairie.

Les acteurs de l'eau s'emparent progressivement des différents leviers à l'échelle des territoires, grâce à la collaboration, la formation et la communication. Mais devant tous ces outils, comment les décideurs politiques, les gestionnaires et les agriculteurs peuvent-ils trouver les leviers qui répondent au mieux à leurs problématiques territoriales ? « *Les acteurs de la gestion de l'eau, quels qu'ils soient, ont besoin de données objectives pour avancer sereinement. La modélisation est un bon outil pour ça. Elle prend en compte les facteurs psychologiques et cognitifs qui interviennent dans la prise de décision ainsi que les spécificités du territoire identifiées par l'économie expérimentale. Créer des modèles de simulation permet de tester des leviers et de voir s'ils changent ou non les comportements. La modélisation jouera certainement un rôle d'accélérateur et de catalyseur de cette transformation* », explique Stéphane Couture, spécialiste de la modélisation de la ressource en eau à INRAE. ●

5. Label de qualité français créé en 1985, et fondé sur l'interdiction d'utilisation de produits issus de la chimie de synthèse.

6. La Haute Valeur Environnementale (HVE) est le plus haut des

3 niveaux de la certification environnementale des exploitations agricoles. 4 domaines sont concernés : stratégie phytosanitaire, préservation de la biodiversité, gestion des fertilisations et gestion quantitative de l'eau.

## CADRE LÉGISLATIF

## Pour un « bon état des eaux »

1964

## LOI FRANÇAISE

L'eau se gère par grands bassins versants. Création des Agences de l'eau qui collectent les redevances et financent les projets de préservation et de restauration du bon état de la ressource. Mise en œuvre du principe du « pollueur-payeur ».

1992

## LOI FRANÇAISE

Elle prévoit un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) sur chacun des 12 grands bassins versants de France métropolitaine et d'outre-mer et leur déclinaison locale au travers des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

2000

## DIRECTIVE-CADRE

## EUROPÉENNE SUR L'EAU (DCE)

Elle fixe 4 objectifs : la non-dégradation des ressources et des milieux, le bon état des masses d'eau, la réduction des pollutions, le respect de normes dans les zones protégées.

2006

## LOI FRANÇAISE (LEMA)

La Loi sur l'eau et les milieux aquatiques reprend la DCE et tient compte du changement climatique. Elle refonde les principes de tarification de l'eau.

## ACCORDS

### Les règles de partage de l'eau entre différents pays

Pour mettre au point le partage des eaux, les États signent le plus souvent un accord, le *water sharing agreement* (WSE).

« Il est basé sur les règles suivantes : chacun peut avoir les bénéfices de l'exploitation de son eau, les lâchers des pays en amont sont compensés par des rétributions monétaires ou énergétiques (pétrole, gaz ou électricité) et les pays ne peuvent pas prélever au-delà de leurs besoins. Les traités signés par le passé ont permis d'anticiper ou de stopper des différends qui auraient pu dégénérer », constate Stefan Ambec, économiste à INRAE.

Les conflits armés autour de l'eau ont été l'exception. Mais qu'en

sera-t-il quand la pression pour cette ressource sera plus forte ? Pour faire face à ces risques, les scientifiques travaillent à la modélisation des situations et tentent de trouver des solutions plus durables et acceptables pour tous.

Les conflits armés autour de l'eau ont été l'exception. Mais qu'en sera-t-il quand la pression pour cette ressource sera plus forte ?

## CLIMAT

### La gestion du risque et les assurances

Malgré un risque qui augmente avec les aléas climatiques, seulement 30 % des agriculteurs sont assurés pour leurs récoltes. Le Gouvernement a présenté en

janvier 2022 au Parlement son projet de réforme des outils de gestion des risques climatiques en agriculture.

« Entre le Varenne de l'eau et la nouvelle loi sur l'assurance agricole, le nombre d'assurés augmentera ces prochaines années », avance Alban Thomas, directeur scientifique adjoint Environnement d'INRAE.



# Rencontre avec un agriculteur innovant

Entretien avec Laurent Dirat, agriculteur depuis 30 ans sur la commune de Gramont, dans le Tarn-et-Garonne.

Pour son irrigation, Laurent Dirat prélève l'eau de l'Arrats, l'une des 17 rivières qui prennent leur source au pied des Pyrénées et qui forment, avec plusieurs lacs artificiels et un canal, le système hydrographique NESTE.

Sur près d'un demi-siècle, la Compagnie d'aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG), qui gère ce bassin versant, a constaté une baisse de 25 % des écoulements naturels, particulièrement marquée pendant les mois d'été. Le territoire est dit sous tension pour la ressource en eau. Comme sur tous les bassins versants, les irrigants doivent demander à l'Organisme unique de gestion collective (OUGC) une autorisation de prélèvement en rivière (ou en forage) et poser un compteur sur chaque pompe installée<sup>1</sup>. Le volume prélevable étant

limité, les nouvelles demandes sont mises en attente le temps qu'un irrigant sorte de la liste.

## Que cultivez-vous ?

Depuis tout petit, je suis passionné par les fruits et légumes exotiques. Je fais pousser des herbes asiatiques, des sortes de moutarde, des concombres vietnamiens, des aubergines africaines, du kiwano... mais aussi des fraises.

Je les cultive sur une quarantaine d'hectares et je consacre les 200 autres hectares au blé et au tournesol, en rotation. Je n'irrigue que mes fruits et légumes. C'est mon assurance récolte, car sur sol sec et chaud, se développe un champignon de faiblesse, *Macrophoma phaseolina*. Il provoque jusqu'à 80 % de mortalité.

## Comment gérez-vous la ressource en eau sur votre exploitation ?

Pour mes plantes maraîchères, j'irrigue au goutte-à-goutte pendant les heures les plus chaudes, entre début juin et mi-juillet. J'ai également remplacé le

glyphosate pour désherber les allées par du binage. Puis je conserve un tapis végétal pour protéger le sol. Avec cette méthode, j'économise de l'eau. Le réchauffement climatique, ça fait 20 ans que nous en voyons les effets sur notre territoire. Personnellement, j'en ai vraiment pris conscience lors de la sécheresse de 2003. J'ai fait construire un petit lac privé de 25 000 m<sup>3</sup>. C'est mon plan B, une sorte d'assurance.

## Les compteurs d'eau permettent-ils une meilleure gestion ?

J'avoue ne pas les avoir vus arriver d'un bon œil. Avec deux compteurs, je ne pouvais arroser qu'à deux endroits de mon exploitation. Impossible dans ces conditions de contrer la maladie. Nous avons donc mutualisé l'outil de travail au travers d'une association syndicale autorisée d'irrigation (ASAI) qui regroupe 44 propriétaires dont 17 irrigants. Nous gérons notre système d'irrigation comme un syndic de copropriétaires. La mutualisation permet de faire baisser nos charges de fonctionnement.



Nous optimisons nous-mêmes l'outil et traquons les fuites. Finalement, je me suis rendu compte que les compteurs ont un effet bénéfique car nous savons ce que nous pouvons prélever par jour. Et c'est aussi plus facile pour la CACG d'anticiper et de gérer l'approvisionnement en amont, d'autant qu'il faut 3 jours pour que l'eau nous parvienne des Pyrénées.

### Comment êtes-vous organisés au niveau du territoire ?

Sur le bassin Adour-Garonne, nous étions les seuls à ne pas avoir de Commission locale de l'eau (CLE). Or, nous sommes sur l'un des territoires où l'on irrigue le plus... Comme le sujet m'intéresse, je représente aujourd'hui les irrigants du Tarn-et-Garonne à la Commission NESTE et à la CLE qui vient d'être créée. À la commission, nous avons dû exceptionnellement baisser le débit d'objectif d'étiage [DOE]<sup>2</sup> à 80 % de sa valeur cet été pour pouvoir nous en sortir. Il faudra créer des réserves sécuritaires pour respecter au mieux le DOE et faire face à de potentielles pollutions dans la rivière. Ce travail collaboratif au sein des deux instances permet aussi de faire tomber des clichés. Par exemple, les écologistes et les riverains nous accusent de prélever toute l'eau des rivières. Or seulement 24 % du volume du système NESTE est utilisé pour l'agriculture. Côté agriculteurs, nous trouvons le DOE trop élevé, mais l'Office français de la biodiversité (OFB) nous a expliqué que le diminuer aurait à long terme un impact important sur la biodiversité. Et ça, je peux l'entendre.

### Quel est, selon vous, le frein majeur pour un changement de modèle agricole ?

Avant, je faisais du blé à forte valeur ajoutée. J'ai abandonné. Non seulement il était rare d'avoir une super récolte, mais il fallait traiter avec beaucoup plus

## « Innover, c'est parfois perdre à court terme pour gagner plus tard »

de produits phytosanitaires. Aujourd'hui, je refais du blé de façon traditionnelle. Je raisonne sur mes charges et je suis content avec ce que j'ai. Certains maïsiculteurs ne sont pas dans cette logique. Ils sont dans l'optimisation maximum des récoltes. Je risque de me mettre à dos du monde, mais je trouve que sur nos côtes plus secs, il est aberrant de cultiver plus de 50 % des cultures en maïs. En revanche, je comprends qu'il soit difficile de changer de modèle. Il faut se remettre en question. C'est sûr, innover, c'est risquer de se planter. Et il n'existe pas vraiment d'assurance qui couvre ce risque. Mais c'est aussi perdre pour gagner plus tard.

### Quel levier serait efficace selon vous ?

Je pense que l'incitation par le marché via des certifications ou des labels obligera tous les agriculteurs à changer leurs usages. La PAC, qui se présente pourtant comme plus verte qu'avant, est bien moins exigeante que ma certification GlobalG.A.P.<sup>3</sup> et ses 490 points de contrôle. Ce n'est pas insurmontable, la preuve ! En revanche, je trouve anormal que, dans toute cette chaîne de certification, la responsabilité ne soit supportée que par les agriculteurs. Pour moi, l'irrigation est également un levier pour un changement de culture. Sur notre territoire, nous pourrions par exemple cultiver plus de légumineuses dont le soja et recréer une rotation. Je crois à des solutions locales, modernes, flexibles et réversibles. En Hollande, les agriculteurs innovants sont encouragés avec des subventions.

Domage que la France n'en fasse pas autant...

### Quels sont vos projets ?

J'ai pris conscience de l'importance du sol. Son potentiel s'est effrité avec nos rotations maïs/blé. Cette année, nous allons planter des féveroles sur 6 hectares, avant les fraises, pour apporter de l'azote, de l'humus et faciliter le travail du sol en juin. Sur les autres parcelles, j'expérimente différentes sortes d'humus. J'aimerais bien être accompagné par des chercheurs sur cette partie. Je voudrais également trouver un système de régulation d'eau pour notre rivière. J'en ai vu un à clapet en Allemagne et en Italie qui permettrait de récupérer en aval le volume non utilisé et supérieur au DOE. Nous pourrions ainsi constituer une réserve de secours. Et s'il faut faire une passe à poissons et impliquer des écologistes, tant mieux ! Je veux redonner vie à la rivière. En remontant son niveau à certains endroits stratégiques, nous pourrions également favoriser des zones humides. Il faudra pour cela chercher des solutions techniques et innovantes. Rien n'est figé, c'est ce que j'aime dans notre métier.

1. Autorisation à demander si le volume d'eau prélevé est supérieur à 1 000 m<sup>3</sup>/an. En dessous, le prélèvement est considéré comme « usage divers ».

2. DOE : valeur minimale de débit, fixée par le SDAGE, à maintenir pour

assurer la coexistence de tous les usages et le bon fonctionnement du milieu aquatique.

3. G.A.P. : Référentiel sur les bonnes pratiques agricoles rédigé pour la filière fruits et légumes à l'initiative de la grande distribution d'Europe du Nord en 1997.