

EAU MAINTENANT OU JAMAIS

1 MAGAZINE + 1 PORTAIL WEB POUR PARTAGER LES SAVOIRS
popsciences.universite-lyon.fr

HYDROLOGIE

Eau et changement climatique :
peut-on limiter les dégâts ?

POLLUTION

Polluants chimiques :
un impact irréversible
sur la ressource ?

ÉCONOMIE

L'agriculture à l'épreuve
de la pénurie

RECYCLAGE

La sobriété passera-t-elle par la
réutilisation de nos eaux usées ?

DROIT

Quand le droit de
l'eau doit évoluer

PROSPECTIVE

Eau : un avenir à
construire ensemble

ÉDITO

Alors que le changement climatique bouleverse déjà nos quotidiens, les alertes sur les disponibilités des ressources en eau et les restrictions sur son utilisation ne sont plus l'exception mais, année après année, deviennent de plus en plus la règle.

Les contraintes exercées par l'humanité sur son environnement font l'objet de nombreuses recherches, et l'eau n'échappe ni à la contrainte, ni aux études. En effet, à la fois par nos usages, mais aussi par le nombre d'usagers, l'eau devient une ressource de plus en plus rare, voire stratégique, au regard des besoins sanitaires, économiques et sociaux, et de la préservation des milieux naturels qui en dépendent.

Les dirigeants autant que les citoyens font face à un nombre croissant de choix critiques concernant les ressources, et en particulier l'eau. La recherche scientifique et sa diffusion doivent donc pleinement jouer leur rôle et éclairer les décisions individuelles et collectives concernant la gestion d'une ressource aussi précieuse que vitale.

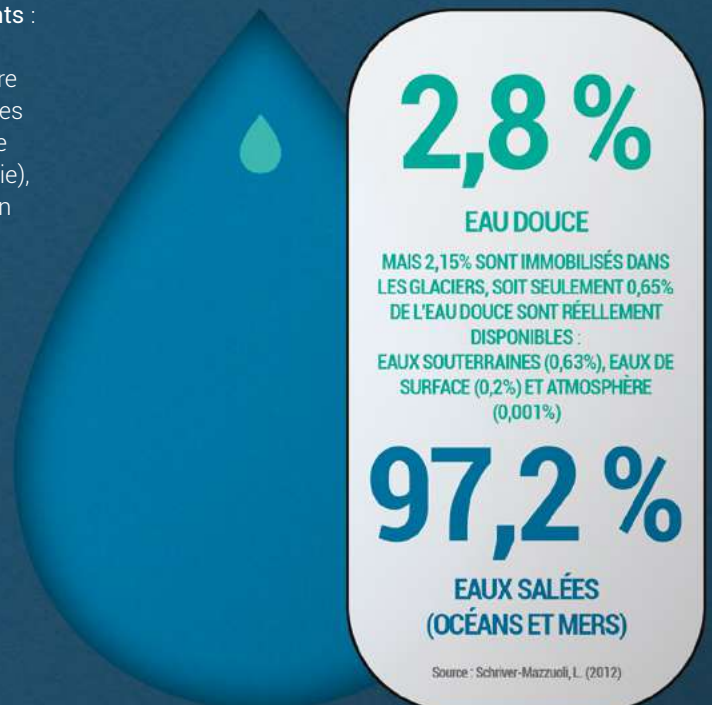
Les secteurs impactés par la variabilité de la ressource en eau sont nombreux et, pour beaucoup, essentiels : énergétique, industriel, agricole, sanitaire, ... Mais ce sont surtout sur les écosystèmes naturels, dont l'humanité dépend, que les contraintes s'exercent le plus fortement. Une approche interdisciplinaire de la question est donc nécessaire pour comprendre les différents enjeux liés à la maîtrise et aux usages de l'eau, et leurs impacts sur notre environnement. C'est ce à quoi s'attache de nouveau Pop'Sciences Mag : bonne lecture !

Frank Debouck

Président de la ComUE Université de Lyon

Avec la participation des instituts et établissements suivants :

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), École normale supérieure de Lyon (ENS de Lyon), École universitaire de recherche sur les sciences de l'eau et des hydrosystèmes H₂O'Lyon, Groupe de recherche, animation technique et information sur l'eau (Graie), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Institut national des sciences appliquées (INSA) Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université d'Angers, Université de Montpellier, Université Jean Moulin Lyon 3, Université Lumière Lyon 2, Université Grenoble-Alpes.



SOMMAIRE

04

HYDROLOGIE

EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : PEUT-ON LIMITER LES DÉGÂTS ?



24

RECYCLAGE

LA SOBRIÉTÉ PASSERA-T-ELLE PAR LA RÉUTILISATION DE NOS EAUX USÉES ?



30

DROIT

QUAND LE DROIT DE L'EAU DOIT ÉVOLUER



36

PROSPECTIVE

EAU : UN AVENIR À CONSTRUIRE ENSEMBLE



10

POLLUTION

POLLUANTS CHIMIQUES : UN IMPACT IRRÉVERSIBLE SUR LA RESSOURCE ?



18

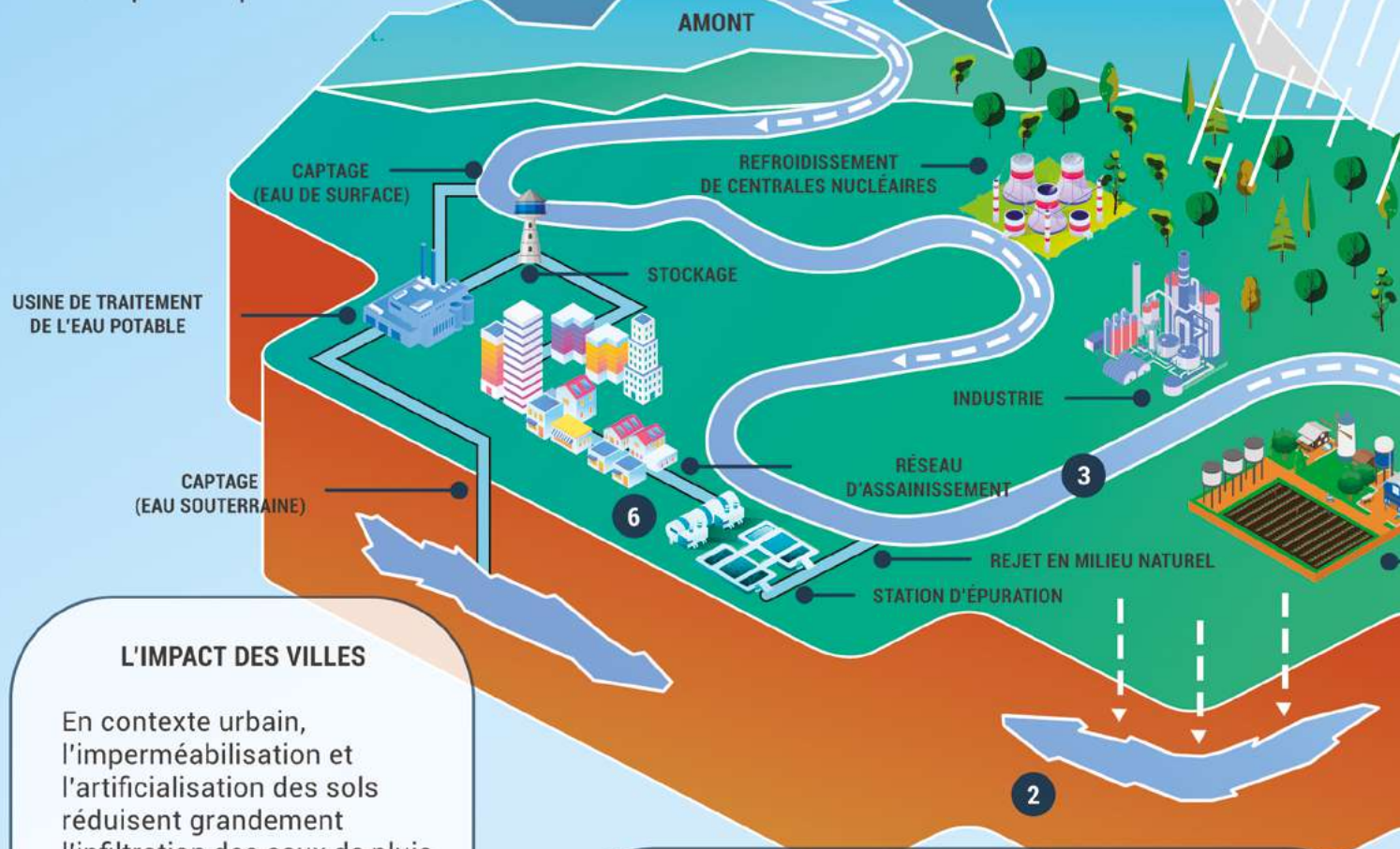
ÉCONOMIE

L'AGRICULTURE À L'ÉPREUVE DE LA PÉNURIE



LE CYCLE NATUREL DE L'EAU ET SA MODIFICATION POUR LES USAGES HUMAINS

Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau s'évapore à la surface des océans et des continents. Transportée dans l'atmosphère, elle se condense sous l'effet d'une baisse de la température et retombe sous forme de précipitations. Elle ruisselle alors et s'infiltré dans le sol, pour ensuite retourner à l'océan et s'évaporer de nouveau. Depuis toujours l'Homme interfère avec ce cycle naturel : il prélève et utilise cette ressource, avant de la rejeter. Une interaction qui n'est pas sans impact sur l'eau et les milieux naturels qui en dépendent.



L'IMPACT DES VILLES

En contexte urbain, l'imperméabilisation et l'artificialisation des sols réduisent grandement l'infiltration des eaux de pluie. Elles ruissellent alors, et se chargent en polluants au cours de leurs trajets sur les murs, les sols, les caniveaux, les conduites souterraines. Très souvent, les eaux pluviales sont, ensuite, rejetées sans traitement directement dans les milieux aquatiques.

LES PRINCIPAUX TYPES DE POLLUTIONS REJETÉES PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES

- la **pollution bactériologique** : micro-organismes, agents pathogènes.
- la **pollution organique**
- la **pollution chimique** : métaux, nitrates et phosphates, hydrocarbures, pesticides, etc.
- la **pollution physique** : matières en suspension, pollution radioactive, pollution acide, pollution thermique, etc.

- 1 **BASSIN VERSANT OU BASSIN HYDROGRAPHIQUE** Territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents, pouvant s'apparenter à une sorte de « cuvette » dans laquelle les eaux convergent vers un même point de sortie, appelé exutoire.
- 2 **NAPPE PHRÉATIQUE** Nappe d'eau imprégnant les roches, formée par l'infiltration des eaux de pluie et alimentant les sources et les puits.
- 3 **ÉTIAGE** Niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau ; abaissement exceptionnel du débit d'un cours d'eau.
- 4 **ÉVAPOTRANSPIRATION** Phénomène qui correspond à l'émission de vapeur d'eau dans l'atmosphère par évaporation au niveau du sol et transpiration des plantes.
- 5 **RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE** Sur un territoire, ensemble des rivières, cours d'eau, lacs, zones humides, milieux aquatiques, etc.
- 6 **EFFLUENTS** Ensemble des rejets d'eaux usées.

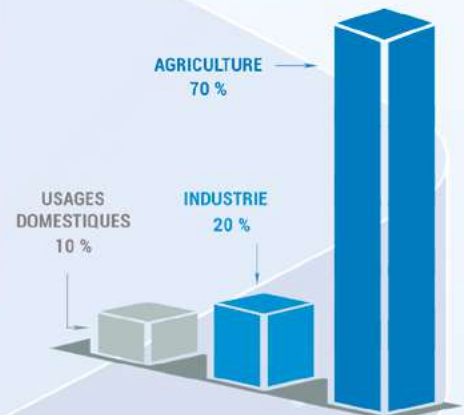


L'EAU EN CHIFFRES



En 2020, 30,4 milliards de m³ d'eau douce ont été prélevés en France, dont 80 % en eaux de surface (rivières, lacs, ...).

AU NIVEAU MONDIAL, RÉPARTITION DE L'USAGE DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU EN 2021 (VARIABLE SELON LES PAYS)

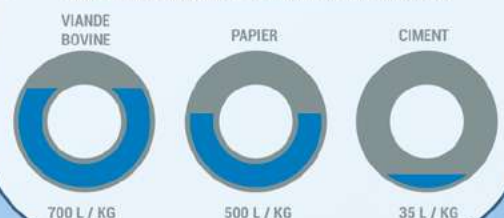


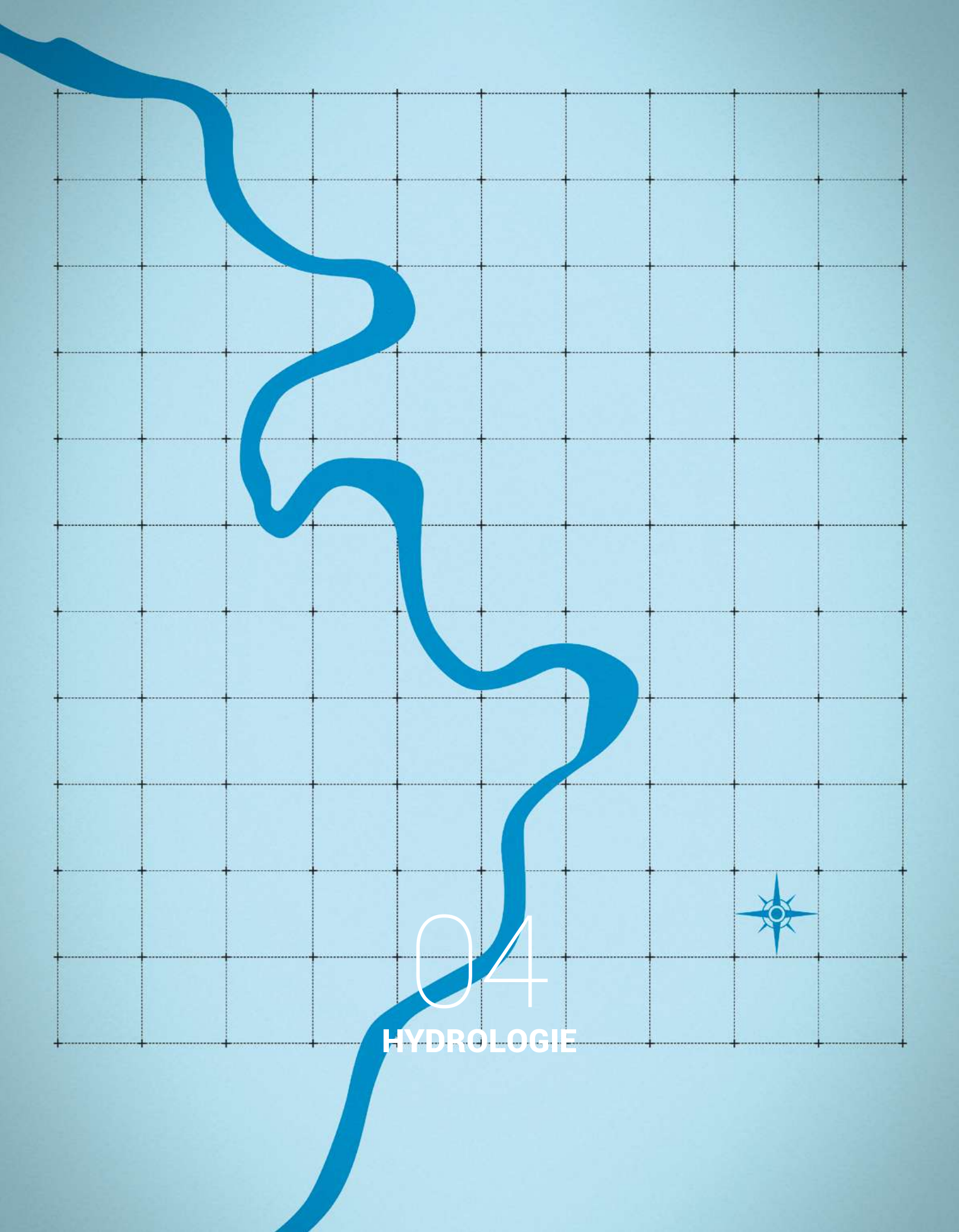
USAGE PRINCIPAL EN FRANCE



En France, en 2020, 45 % des prélèvements en eau étaient dédiés au refroidissement des centrales de production d'électricité.

QUANTITÉ D'EAU NÉCESSAIRE À LA PRODUCTION





04

HYDROLOGIE



EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : PEUT-ON LIMITER LES DÉGÂTS ?


Par Marie Privé

Depuis toujours, la ressource en eau est soumise aux aléas du climat : sa disponibilité varie en fonction des périodes plus ou moins sèches de l'année. Mais le changement climatique en cours pourrait bien faire pencher la balance d'un côté, celui d'épisodes de sécheresse plus longs et plus intenses, entraînant la raréfaction de la ressource, et avec elle de forts impacts sur le cycle de l'eau, la biodiversité et les usages humains. Autant de facteurs à prendre en compte pour une gestion durable de l'eau.



Nous devons considérer l'eau comme le bien le plus précieux qui existe sur notre planète.

Les impacts du changement climatique nous contraignent à nous organiser dès à présent pour aider les décideurs du monde entier à s'attaquer à ce problème si important. » Ces mots préoccupés, appelant à une mobilisation massive et organisée autour des questions de la ressource en eau, ont été prononcés par le météorologue canadien David Grimes lors d'une assemblée¹ convoquée par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) en 2019. Depuis, la « planète bleue » subit un stress hydrique toujours plus important. Tandis que l'année 2022 a battu des records historiques de sécheresse sur l'ensemble du territoire français, 2023 lui emboîte le pas avec une sécheresse hivernale inédite et des nappes phréatiques présentant des niveaux bas à très bas en début de printemps, selon la situation hydrogéologique relevée par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) au 1^{er} avril 2023². En mai, l'OMM avertissait que la période 2023-2027 sera, avec quasi-

certitude, la plus chaude jamais enregistrée sur Terre³, entraînant des épisodes de sécheresse extrême aux répercussions considérables sur [le cycle de l'eau](#). 



© T. Datry

« Les espèces n'étant pas adaptées, là où il n'y a plus d'eau, elles tendent à disparaître localement. »

Thibault Datry

Éco-hydrologue au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes et coordinateur du projet DRYVER.



À VOIR → P.02
Le cycle de l'eau

1 > Hydrological Assembly, Organisation météorologique mondiale (OMM), Genève, 6-8 juin 2019.

2 > Nappes d'eau souterraine au 1^{er} avril 2023 et risques de sécheresse estivale, BRGM (2023).

3 > De nouveaux records mondiaux de températures attendus ces cinq prochaines années, Organisation Météorologique Mondiale (2023).

4 > Est dit anthropique un phénomène attribuable à l'activité humaine.

5 > Briche, E. et al., Variabilité, changement climatique et conséquences en Méditerranée, *Les imprévisibles du LPED* (2017).

6 > Cours d'eau qui s'assèchent à un moment de l'année.



À VOIR → P.16

Les activités humaines : quelles conséquences sur les milieux

7 > Projet international qui vise à étudier l'impact du changement climatique sur l'assèchement des réseaux de rivières et les conséquences sur les écosystèmes.

8 > Apport en excès de substances nutritives (nitrates et phosphates) dans un milieu aquatique pouvant entraîner la prolifération des végétaux aquatiques et la détérioration du milieu.

› Des rivières moins vives

Les épisodes de sécheresse sont des événements climatiques normaux. « *Il s'agit d'une variabilité naturelle du climat qui pèse déjà initialement sur la ressource en eau* », explique Jean-Philippe Vidal, hydroclimatologue et directeur de recherche au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes. Un phénomène habituel, donc, auquel viennent se superposer les effets du changement climatique anthropique⁴ - augmentation de l'évapotranspiration, diminution des précipitations - à l'origine de l'aggravation et de l'allongement des périodes d'étiage. « *Le changement climatique modifie le "d'habitude" en matière d'hydrologie : par exemple, ce qu'on observe clairement aujourd'hui*, rapporte Jean-Philippe Vidal, *c'est son impact sur les débits moyens des rivières.* » En étudiant l'évolution depuis les années 1960 des débits des rivières françaises peu anthropisées (afin d'obtenir des tendances quasi-exclusivement liées au facteur climat), le chercheur et son équipe ont découvert, au sud d'une ligne allant de Bordeaux à Strasbourg, de lourdes tendances à la baisse de ce débit moyen annuel. « *C'est de l'ordre de - 30 % en seulement 50 ans. C'est clairement un marqueur du changement climatique en cours* », analyse l'hydroclimatologue. Si on ne détecte pas encore de signaux à la hausse ou à la baisse du débit des rivières au nord de cette ligne (ce qui signifie que cette zone se situe encore dans la variabilité naturelle du climat), leur diminution significative au sud du

pays vient corroborer les modèles climatiques qui projettent un assèchement global du sud de l'Europe tout au long du 21^e siècle, et particulièrement du bassin méditerranéen, qualifié par les spécialistes de « hot-spot » - « points chauds » - du changement climatique.⁵

La biodiversité aquatique menacée

Les impacts du changement climatique en matière d'hydrologie sont loin d'être sans conséquences : **la biodiversité des milieux aquatiques est la première à en faire les frais.** Pour l'observer, il est intéressant de se pencher sur le cas des rivières intermittentes⁶. Pour celles-ci, les chercheurs prédisent à court et moyen terme, au moins pour la partie sud de l'Europe, davantage de longueurs de rivières à sec, pendant plus longtemps, et des assèchements à des endroits qui ne s'étaient jamais asséchés auparavant. Pour Thibault Datry, éco-hydrologue au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes et coordinateur du projet DRYVER⁷, dans le cas des rivières qui s'assèchent naturellement depuis la dernière période glaciaire, « *on n'a pas encore franchi le point de bascule : les espèces de ces milieux parviennent encore à s'adapter quand il y a peu ou pas d'eau, comme elles le font depuis 10 000 ans.* » Mais jusqu'à quand ? En 2022, on a déjà pu observer des assèchements sur une étendue spatiale et temporelle inédite, de mars à novembre, ayant notamment pour effet de détériorer les milieux où les espèces se réfugient habituellement lors des périodes d'étiage. « *On a notamment observé des états d'eutrophisation⁸ avancés*, raconte Thibault Datry, *avec le développement d'algues qui accaparent l'oxygène du milieu, ainsi qu'une forte concentration de contaminants (nitrates, toxines, microplastiques, etc.) qu'on ne détecte pas d'habitude, car il y a plus d'eau pour les diluer.* » En outre, de nombreux cours d'eau habituellement pérennes se sont asséchés pour la première fois en 2022. Le scientifique précise : « *dans ces milieux, nous avons constaté des impacts dévastateurs sur la biodiversité à l'instant T : les espèces n'étant pas adaptées, là où il n'y a plus d'eau, elles tendent à disparaître localement. Ce qu'on va*



© Thibault Datry

A l'été 2022, la rivière Albarine, une rivière intermittente de l'Ain, présentait des assèchements à des endroits inhabituels et un début d'eutrophisation.

chercher à savoir dans les années à venir, c'est si les espèces auront survécu, en recolonisant progressivement les milieux ou en basculant dans un nouveau mode d'organisation... ». L'avenir le dira. En attendant, les chercheurs continuent de suivre de près l'évolution de ces rivières pour mieux comprendre et anticiper les effets du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques.

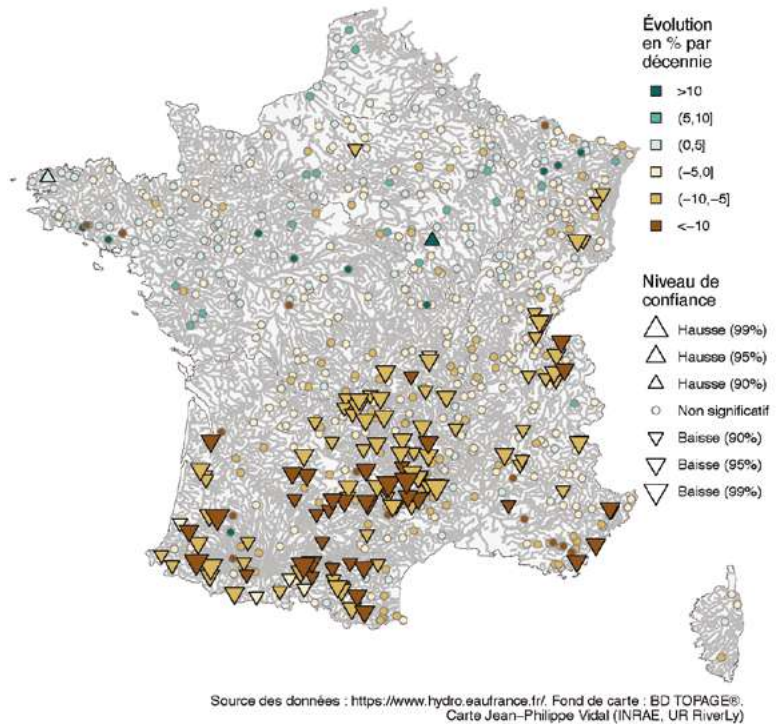
Une utilisation de l'eau à repenser

La diminution de la ressource en eau liée au changement climatique impacte brutalement l'usage et les besoins humains : la production d'énergie, l'irrigation, l'eau potable, la sécurité des populations (incendies), la navigation, le tourisme... Autant de secteurs touchés par cette situation de stress hydrique de plus en plus fréquente et critique à l'échelle mondiale, avec des conséquences déjà visibles sur le territoire national. Des centaines de communes ont été privées d'eau potable en avril 2023 et en août 2022, le transport fluvial a été fortement réduit sur le Rhin face à un niveau historiquement bas à la fin de l'été 2022, ou encore la disponibilité en eau a diminué dans les réservoirs d'eau douce, comme celui de Serre-Ponçon dans les Hautes-Alpes. L'exemple de ce barrage-réservoir, le plus grand d'Europe de l'Ouest, illustre bien la manière dont la raréfaction de la ressource peut cristalliser les tensions, et nécessite d'engager des discussions, voire des arbitrages. Le réservoir de Serre-Ponçon, comme d'autres en France, est multi-usages : « Sa réserve en eau est utilisée pour faire fonctionner des centrales hydroélectriques. Elle sert aussi à l'irrigation de la plaine de la Crau où se trouvent de nombreux vergers, elle alimente les villes du

« Avec la raréfaction de la ressource en eau, il faut se préparer à devoir faire des choix de plus en plus radicaux. »

Jean-Philippe Vidal

Hydroclimatologue et directeur de recherche au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes.



pourtour méditerranéen comme Marseille en eau potable, permet les activités de loisirs aquatiques dans la région... tout en gardant des débits suffisants dans la rivière pour la préservation du milieu aquatique, énumère Jean-Philippe Vidal. On se retrouve avec plein d'usages différents sur un seul réservoir, il faut donc que tout le monde se mette d'accord sur la quantité d'eau utilisée par chacun. » Ainsi, à l'issue du difficile épisode de sécheresse de l'été 2022, les différents acteurs de la gestion de l'eau ont dû faire face à des choix. « Il aura finalement été décidé qu'EDF turbinerait moins d'eau pour les centrales hydroélectriques en fin d'hiver 2022, afin d'en garder davantage en réserve pour les autres usages pour l'été suivant », indique le chercheur. C'est un exemple d'arbitrage parmi d'autres : on a choisi de produire moins d'énergie verte et conserver de l'eau pour l'arrosage des cultures. Avec la raréfaction de la ressource en eau, il faut se préparer à devoir faire des choix de plus en plus radicaux, par exemple, entre une alimentation carnée et de l'électricité à volonté. Pour relever ces défis, l'un de nos meilleurs espoirs reste encore l'interdisciplinarité : des travaux⁹ sont actuellement menés entre scientifiques, sociologues, économistes, politistes et gestionnaires de l'eau, pour aider ces derniers à trouver des stratégies d'adaptation qui, face à l'urgence climatique, devront être appliquées sans attendre.



À LIRE → P.36

Eau : un avenir à construire ensemble

9 > Exemples de travaux visant à informer et mobiliser les acteurs locaux pour une gestion durable de l'eau : Explore2, LIFE Eau&Climat.

08



LYONTECH-LA DOUA : EXPÉRIMENTATIONS POUR UNE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES

La gestion des eaux de pluie est une problématique majeure en ce qui concerne le développement durable en ville : que faire d'un élément - l'eau - que l'on cherche à la fois à évacuer et à récupérer ? Depuis une dizaine d'années, le campus universitaire de LyonTech-la Doua, à Villeurbanne, s'illustre en tant que référence en la matière. À l'aide de dispositifs alternatifs installés sur l'ensemble du site, chercheurs, ingénieurs et étudiants ont à leur disposition un immense laboratoire à ciel ouvert pour tester différentes solutions innovantes qui, si elles fonctionnent, pourront ensuite être proposées aux acteurs de la gestion de l'eau afin de les implanter directement au sein des territoires urbains.

PAVÉS AUTOBLOQUANTS : Ces pavés permettent de pouvoir rouler avec des véhicules sans tasser la terre et la colmater, et dans le même temps, de laisser s'infiltrer l'eau par de nombreux trous. Cet ouvrage, comme les autres présentés ici, illustre le concept général de la gestion des eaux pluviales à la source : là où elles tombent, on les laisse s'infiltrer. Cette méthode présente deux avantages majeurs : limiter la présence de polluants dans l'eau (car plus l'eau de pluie ruisselle, plus elle entraîne de polluants avec elle) et éviter de faire déborder les réseaux d'assainissement (car il y a moins de volume d'eau à gérer). À noter aussi que l'infiltration à la source permet de rééquilibrer les sols impactés par les épisodes de sécheresse, et donc éviter que les bâtiments bougent et se fissurent.



RIVIÈRE SÈCHE : La rivière sèche sert de zone d'infiltration pour les eaux pluviales. Elle récupère aussi une partie des eaux de ruissellement, notamment celles provenant des toitures aux alentours (celles-ci sont connectées à la rivière sèche via des conduites). L'eau s'infiltré ensuite directement à l'intérieur. Le décor aquatique (galets, pont) rappelant l'image d'une rivière, purement esthétique, permet de montrer au public qu'il s'agit d'un ouvrage de gestion des eaux.

LA GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES DEPUIS LE 19^E SIÈCLE : DE NUISANCE À RESSOURCE



Seconde moitié du 19^e siècle
Création des réseaux d'égouts urbains modernes pour évacuer les eaux pluviales hors des villes.

Jusqu'à la seconde moitié du 20^e siècle
Ces systèmes contribuent fortement à la santé publique et au confort des habitants. Mais, ils présentent des inconvénients : rejets de contaminants dans les milieux aquatiques, imperméabilisation des villes et modifications significatives de l'équilibre hydrologique, coût élevé des infrastructures.



NOUES ET TRANCHÉES DRAINANTES : Des noues et des tranchées drainantes (végétales ou minérales) collectent les eaux pluviales provenant du ruissellement de la voirie et des parkings. L'eau collectée s'infiltré directement dans la nappe, ou bien elle est redirigée vers des chambres de mesure suivies scientifiquement, notamment pour l'analyse performancielle de ces techniques, mais aussi pour détecter la pollution dans l'eau. Près de 600 m² de surfaces sont ainsi drainés par ces ouvrages.



SURFACES POREUSES : Située sur le boulevard Niels Bohr, cette route est constituée d'une surface poreuse en béton drainant qui permet d'infiltrer l'eau directement dans le sol. On remarque qu'il n'y a pas de grilles (avaloirs) au niveau des trottoirs puisque l'infiltration se fait directement au niveau de la route. Sur le campus, on trouve aussi un parking expérimental qui a été pourvu des deux types de revêtements : du béton drainant et du béton non drainant. Une chambre de mesure avec des capteurs permet de collecter les données pour réaliser des études comparatives entre les deux, étudier la qualité de l'eau infiltrée par le béton, sa capacité de filtration ainsi que son évolution dans le temps.

TOITURES VÉGÉTALISÉES : Les toitures végétalisées permettent de récupérer les eaux pluviales tout en améliorant l'isolation thermique et acoustique des bâtiments. Elles sont principalement composées de végétaux consommant peu d'eau et demandant peu d'entretien (type plantes grasses). La toiture se comporte alors comme une éponge : le sol stocke l'eau, qui s'évacue ensuite progressivement par évapotranspiration entre les événements pluvieux. En cas de fortes pluies, l'eau récupérée coule dans une conduite qui ressort au niveau du sol dans une noue poreuse, où l'eau peut facilement s'infiltrer.



Pages constituées à l'aide de Jean-Luc Bertrand-Krajewski, professeur en hydrologie urbaine au laboratoire DEEP (INSA Lyon), et de Nicolas Walcker, ingénieur d'études à l'Observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU). L'écocampus LyonTech-la Doua est un projet commun au Graie, à l'INSA Lyon, à l'Université Claude Bernard Lyon 1 et à l'Université de Lyon.



Années 1970

Première prise de conscience face à ces problèmes : on passe du paradigme d'évacuer les eaux pluviales le plus vite possible sans les traiter, à celui de les infiltrer autant que possible en les traitant si nécessaire.

Années 1990

D'avantage de nature dans la ville : on (ré)introduit l'eau dans l'environnement urbain. Rendre les sols à nouveau perméables, retenir, réutiliser, infiltrer, évapo(trans)pirer, valoriser l'eau de pluie collectée, adapter les niveaux de traitement aux usages sont devenus les principaux mots-clés.

À partir d'aujourd'hui

Les nouvelles questions et problématiques actuelles, principalement liées au changement climatique, nécessitent une gestion des eaux pluviales urbaines plus complexe et holistique, prenant en compte l'écologie, la biodiversité, la bioinspiration, l'architecture, les valeurs du paysage et de l'eau, le bien-être des citoyens, l'histoire, la culture et les aspects socio-économiques.



10
POLLUTION

POLLUANTS CHIMIQUES : UN IMPACT IRRÉVERSIBLE SUR LA RESSOURCE ?

Par Caroline Depecker

Grâce à la généralisation des stations de traitement des eaux usées et le changement de certaines pratiques, l'eau de nos cours d'eau est en bien meilleure santé qu'il y a deux siècles. Mais la bataille de l'eau - de sa qualité - n'est pas gagnée. Les pollutions diffuses sont un souci majeur et la dissémination des micropolluants complexifie le problème. Quels moyens naturels nos bassins versants disposent-ils pour y faire face ? Comment pouvons-nous les aider ? Le point avec trois experts lyonnais.

Le propos aurait de quoi étonner, il est en fait nuancé. « *La qualité de l'eau s'est nettement améliorée au fil du temps sur le territoire français : elle est bien meilleure aujourd'hui que ce qu'elle a pu être au 19^e siècle, voire au début du 20^e siècle* », lance Gilles Pinay, chercheur au Laboratoire environnement - ville - société (EVS) de l'École normale supérieure de Lyon (ENS de Lyon). « *Mais, ce constat d'amélioration est à moduler car, aujourd'hui, grâce à des moyens d'analyse plus performants, nous détectons de nouveaux polluants qui passaient inaperçus jusqu'à présent. Il s'agit de la grande quantité de molécules chimiques créées par l'industrie pour répondre à nos besoins* ».

Lorsqu'on évoque la pollution chimique de l'eau, des distinctions importantes sont à connaître. Tout d'abord, différencier la pollution dite ponctuelle, provenant d'un site unique, de celle qui est diffuse, c'est-à-dire rejetée en différents points de l'espace et du temps. « *Pour la première, c'est presque facile. Une fois la source polluante localisée, il s'agit*

de mettre en place un traitement efficace », commente le biogéochimiste et écologue. En cela, l'équipement des métropoles en stations de traitement des eaux usées (STEP) à partir des années 1970, et leur généralisation aux plus petites communes il y a 20 ans suite à la promulgation de la Directive-cadre européenne sur l'eau (DCE 2000), a eu une action efficace. Ainsi, **les polluants majeurs**, appelés « **macropolluants** », soit la matière en suspension (MES), la matière organique, les éléments azotés et phosphorés qui arrivent aux stations d'épuration, sont rejetés dans les cours d'eau après un abattement - une réduction - de l'ordre de 60 % à 90 % de leurs teneurs initiales. ➔



©DR



À VOIR -> P. 15

Micropolluants : comment mieux les traiter à la sortie des villes

« Aujourd'hui, grâce à des moyens d'analyse plus performants, nous détectons de nouveaux polluants qui passaient inaperçus jusqu'à présent. »

Gilles Pinay

Chercheur au Laboratoire environnement - ville - société (EVS) de l'École normale supérieure (ENS de Lyon).

› Un bon état des lieux écologique et chimique d'ici 2027 ?

1 > Éviter la panne sèche - Huit questions sur l'avenir de l'eau, Rapport d'information n° 142, Sénat (2022).

En 2000, la DCE a fixé pour ambition l'atteinte du bon état de l'ensemble des masses d'eau, à l'échelle de l'Europe, au plus tard en 2027. On est encore loin du compte. Ainsi, dans un rapport du Sénat de 2022¹, on peut lire qu'en 2019, seules 43 % des eaux superficielles françaises étaient dans un bon état écologique et 44,7 % en bon état chimique. Tandis que 88 % des eaux souterraines du pays présentaient un bon état quantitatif (*l'eau des nappes n'est pas surconsommée, NDLR*) et 70,7 % un bon état chimique ; les 30 % restants contenant des pesticides et des teneurs trop élevées en nitrates. Les résultats à l'échelle européenne étaient du même ordre de grandeur. Dans le document, les agences de bassin concluent que les pollutions diffuses - notamment celles d'origine agricole - s'avèrent avant tout le problème le plus préoccupant.

2 > Un ensemble de roches qui peut contenir une nappe d'eau, et qui est également perméable, permettant la circulation de l'eau.

Les produits phytosanitaires et engrais phosphorés ou azotés répandus dans les sols posent un problème identique : celui de leur stockage dans l'environnement et de leur relargage tôt ou tard dans le milieu aquatique. « *Le phosphore s'associe facilement aux argiles et on le retrouve séquestré entre autres dans les sédiments des cours d'eaux. Mais sous certaines conditions physico-chimiques, il est relargué dans l'eau* », explique Gilles Pinay. Sous forme de nitrates, l'azote est, quant à lui, facilement transporté par l'eau qui percole à travers les sols pour s'accumuler dans les aquifères². Il peut y rester ainsi des dizaines d'années, pour en sortir progressivement. Les apports de phosphore et d'azote dans les eaux douces et côtières sont cause du développement incontrôlé d'algues vertes qui peuvent conduire au phénomène d'eutrophisation³. Une raison qui explique pourquoi les eaux bretonnes restent toujours tant concernées par ce polluant alors que les pratiques agricoles en ont fortement diminué l'usage.

4 > Gerino, M., Laffont-Schwob, L., La remédiation naturelle et l'autoépuration des milieux aquatiques, *L'eau à découvert* (2015).

Des bactéries dénitrifiantes dans les zones humides

Parmi les services qu'elle nous rend, la nature possède un outil de lutte contre les nitrates : les zones humides des cours d'eau, des zones de transition entre la terre et l'eau ayant la capacité à conserver l'eau dans le sol ou à la surface et accueillant des formations végétales amatrices d'eau, appelées ripisylves⁴. Lorsque le niveau d'eau sature les sols ou les sédiments, certaines bactéries des ripisylves, ne trouvant pas d'air où puiser l'oxygène pour leur respiration, s'attaquent aux nitrates pour capter ledit élément chimique et libérer du diazote gazeux inerte et inoffensif, le même que l'on retrouve dans l'air que nous respirons. « *L'action biologique positive des ripisylves est visible à l'échelle d'un bassin versant, mais elle est insuffisante, tempère Gilles Pinay. Tout simplement parce que les eaux qui ruissellent sur les bassins versants ne traversent pas forcément ce type de formation végétale lors de leur trajet naturel* ».

« *Les macropolluants sont réglementés et bien suivis depuis longtemps, il faut dire que leurs conséquences sur la faune et la flore sont rapidement visibles, commente Cécile Miège, de l'unité de recherche RiverLy (Centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes). Leur détection peut se faire à l'aide d'images satellitaires : pensez simplement au changement de couleur de l'eau (brune ou verdâtre, ndlr) lorsqu'il y a un processus d'eutrophisation* ». Le cheval de bataille de cette chercheuse en chimie environnementale est tout autre : elle s'efforce de détecter le plus efficacement possible les « micropolluants ». Médicaments, hormones, pesticides, cosmétiques, additifs alimentaires, produits d'entretien ménager ou issus de stations de lavage, métaux à l'état de traces, etc. Ces composants, organiques pour la plupart, font partie de nos produits du quotidien. Ils finissent logiquement dans les cours d'eau via les eaux usées ou pluviales, à des concentrations infimes certes (1 millionième de fois plus faibles que les macropolluants), mais détectables avec les méthodes d'analyse actuelles.



« À chaque fois, il faut une petite crise sanitaire et une inquiétude citoyenne pour débloquer les financements nécessaires à nos travaux. »

Cécile Miège

Directrice de recherche au laboratoire de chimie des milieux aquatiques, RiverLy (INRAE).

Une crise pour surveiller les micropolluants du Rhône et de ses affluents

« On a un temps de retard sur le sujet, déplore Cécile Miège. Les enjeux de recherche sont énormes pour comprendre ce qu'est et ce que devient cette contamination chimique dont on prend conscience depuis début 2000, mais dont on a encore beaucoup à découvrir. À chaque fois, il faut une petite crise sanitaire et une inquiétude citoyenne pour débloquer les financements nécessaires à nos travaux ». Si la dissémination environnementale des composés per- et polyfluoroalkylés (les PFAS) est l'actualité du moment, la question des perturbateurs endocriniens⁵ comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des polychlorobiphényles (PCB) a été celle des années 2000.

En 2005, la découverte de la présence de PCB dans les poissons du Rhône, à des niveaux les rendant inconsommables, a généré une « crise » sanitaire et environnementale qui a joué le rôle de déclencheur. À partir de 2011, l'Observatoire des sédiments du Rhône (OSR) a démarré un programme de suivi du transport des sédiments le long du fleuve avec un volet ambitieux sur la mesure des

« micropolluants ». En comparant l'évolution des concentrations en polluants au fil de stations de mesure placées sur le trajet du Rhône et plusieurs de ses affluents, deux conclusions principales émergent⁶. La première : les agglomérations sont de grandes émettrices de micropolluants. « En effectuant des analyses sur des matières en suspension prélevées en amont et en aval de Lyon, on s'est aperçu qu'il y avait environ 40 % de plus de HAP transportés en sortie de l'agglomération qu'en entrée ! », commente Marina Coquery, chercheuse à RiverLy et co-directrice scientifique de l'OSR.

Des analyses non ciblées pour anticiper les réglementations futures

Une seconde conclusion s'est imposée : la Saône est l'un des affluents le plus contributeur pour certains micropolluants, tout particulièrement en pesticides et en métaux. « Une dynamique nouvelle s'est mise en place depuis deux ans sur la zone atelier du bassin du Rhône : elle a donné naissance en 2021 au Plan Rhône-Saône⁷ », note Marina Coquery. Dans ce cadre, un nouveau programme de recherche mené par l'OSR débutera fin 2023 pour identifier l'origine exacte des contaminants sur la Saône. Dans une note positive, soulignons que l'OSR précise, dans une étude de 2022⁸, que « le bassin du Rhône est beaucoup plus propre aujourd'hui en PCB, HAP et métaux traces qu'il y a quelques décennies, probablement en raison des réglementations environnementales ».

Les molécules fabriquées par l'industrie chimique pour notre confort et qui se transforment en micropolluants une fois rejetés dans la nature se comptent par milliers. Vouloir toutes les chercher en s'appuyant sur la connaissance de leur formule chimique est illusoire, vu leur nombre et le secret industriel qui protège la composition de certaines d'entre elles. Dans une démarche différente, Cécile Miège, au sein de son laboratoire, s'intéresse à une méthode d'analyse qualitative dite « non ciblée ». En utilisant un spectromètre de masse haute performance, elle est

5 > Les perturbateurs endocriniens sont des substances capables d'interférer avec notre système hormonal, et pouvant donc affecter différentes fonctions de l'organisme : métabolisme, fonctions reproductrices, système nerveux, etc.

6 > Piégay, H. et al., L'Observatoire des sédiments du Rhône. 12 années de recherche pour la connaissance et la gestion hydro-sédimentaire du fleuve. Bilans et perspectives scientifiques (2022).

7 > Un futur Plan Rhône-Saône 2021-2027, Plan Rhône-Saône (2020).

8 > Delile, H. et al., Legacy-micropollutant contamination levels in major river basins based on findings from the Rhône Sediment Observatory, Hydrological Processes (2022).



À VOIR → P. 08

**LyonTech-la Doua :
Expérimentations pour
une gestion durable
des eaux pluviales**

**9 > Durée durant
laquelle l'eau demeure
dans une zone ou un
système particulier.**

capable de comptabiliser de façon exhaustive les différentes molécules présentes dans un échantillon d'eau. Reste, dans un deuxième temps, à identifier la nature des molécules en question. La méthode, en cours de développement, pourrait constituer une avancée majeure dans la surveillance des micropolluants. « Elle permettrait de mettre en évidence de nouvelles familles de contaminants dont on ne soupçonne pas la présence aujourd'hui et d'aider à prioriser la surveillance de celles qui semblent les plus abondantes », explique Cécile Miège. Et par cette occasion, donner des arguments pour orienter, voire anticiper les réglementations futures.

Une solution : recomplexifier les paysages des bassins versants

« Pour retrouver des cours d'eau de bonne qualité, il nous faut changer de pratiques », commente Gilles Pinay. À travers ses recherches, le biogéochimiste s'intéresse aux pollutions diffuses et au lien existant entre elles et la structure paysagère des bassins versants. Car c'est dans ces derniers que s'acquiert la qualité des cours d'eau. « Tout est question du temps de résidence⁹ et de la surface de contact entre l'eau et les sols qu'elle traverse. Plus

ceux-ci sont importants et plus l'épuration naturelle a lieu grâce aux interactions avec la biodiversité bactérienne, végétale et animale », complète Gilles Pinay.

Or, depuis une trentaine d'années, on a imperméabilisé les sols à l'excès dans les villes, on a pratiqué une agriculture intensive qui en a fortement appauvri la teneur en carbone, diminuant d'autant leur capacité à retenir l'eau. On a drainé les zones humides en grande partie et rectifié les cours d'eau de sorte à les linéariser et à favoriser leur écoulement rapide. Quelles solutions imaginer ? Revenir en arrière et faire un pas de côté. « Il y a eu un remembrement agricole dans les années 1970-1980, là il s'agit d'opérer un remembrement écologique, poursuit le chercheur. Recomplexifier les bassins versants en remettant des haies et des arbres sur les parcelles agricoles, recréer des fossés... In fine, recréer un système permettant de retenir l'eau le plus possible, le rendant d'autant plus résilient aux contraintes climatiques ». Revenir à une polyculture-élevage, renaturer les villes en augmentant leur biodiversité participeraient au processus de la même façon. « Le système actuel n'est pas viable, conclut Gilles Pinay. Maintenant, reste la mise en musique politique et l'accompagnement aux changements de pratiques... ». Et de ce côté, on sait que le temps peut s'avérer très long.

Pilote d'un procédé d'oxydation avancée implanté en sortie de filtre planté de roseaux pour le traitement des micropolluants, testé par le laboratoire DEEP dans une station du Jura.

© Laboratoire DEEP (INSA)



MICROPOLLUANTS : COMMENT MIEUX LES TRAITER À LA SORTIE DES VILLES

Propos recueillis par Caroline Depecker

À travers nos produits de consommation, nous relarguons des micropolluants dans nos eaux usées qui s'accumulent *in fine* dans les stations d'épuration. Ces infrastructures sont-elles équipées pour y faire face ? Réponse d'Hélène Métivier, chercheuse au laboratoire Déchets Eaux Environnement et Pollutions (DEEP) de l'INSA Lyon et spécialiste du traitement de l'eau.

Comment fonctionne une station d'épuration des eaux usées (STEP) ?

Une STEP est une usine qui, placée en sortie de commune, traite l'eau alors que celle-ci a été utilisée. Une fois traitée, l'eau doit répondre à des normes de qualité de sorte à ne pas perturber le milieu dans lequel on la rejette, soit une rivière ou un fleuve. Deux grands types de procédés sont utilisés. Le premier, sous forme d'un grand bassin de décantation, vise à éliminer les matières en suspension, c'est-à-dire les petits solides qui contribueraient à envaser le cours d'eau en aval si on les laissait. Un traitement secondaire consiste à employer des bactéries choisies pour leur capacité à digérer les substances dissoutes. Sous l'action de ce procédé biologique, les composés azotés et la matière organique sont largement dégradés. Pour les matières phosphorées, une action physico-chimique complète le traitement précédent. Enfin, on sépare les bactéries qui se sont nourries de la pollution pour rejeter une eau relativement propre : les boues bactériennes récupérées sont valorisables différemment selon leur nature.

Réceptacles de nos produits de consommation (résidus de médicament, cosmétiques, produits d'entretien...), les STEP constituent l'une des sources émettrices principales en micropolluants. Comment y traite-t-on le problème ?

Rien n'est prévu, ou presque, à ce sujet. Installées dès les années 70, les STEP n'ont pas été conçues pour traiter les micropolluants, qui sont une problématique plutôt récente : elles en retiennent seulement une petite partie. Certes, la DCE 2000 a listé des substances prioritaires dont il faut surveiller la dissémination, mais sans fixer d'objectif de traitement, pour le moment. L'idée est plutôt de réguler leur utilisation. Les usines de potabilisation obéissent, elles, à une réglementation contraignante vis-à-vis de la micropollution. Elles utilisent du charbon actif ou de l'ozonation pour abattre la teneur en polluants. Dans le premier cas, on peut atteindre un abattement - une réduction - de 70 % de la micropollution. En couplant les deux procédés, un taux de 90 % est envisageable. La Suisse a d'ailleurs opté pour cette solution et en a équipé plusieurs de ses grosses stations d'épuration. L'Europe pourrait suivre cet exemple.

Dans le cadre de vos travaux de recherche, qu'envisagez-vous comme solution ?

En France, il y a beaucoup de petites STEP qui fonctionnent de façon autonome : si un technicien intervient, c'est pour vérifier que tout se déroule bien. Ce sont ces cibles qui nous intéressent. Depuis un an, nous testons un pilote qui équipe une station du Jura utilisant des filtres plantés de roseaux pour épurer ses effluents. Notre installation, légère, se situe en sortie du dernier lit de roseaux et repose sur un procédé d'oxydation avancée : l'eau traverse un gros tube contenant du peroxyde d'hydrogène (au pouvoir oxydant très important, NDLR) dans lequel plusieurs lampes diffusent un rayonnement ultraviolet. Au cours de nos campagnes d'échantillonnage, nous avons pu suivre une quarantaine de micropolluants. Après passage par le pilote, les résultats sont très variables selon la nature des molécules : entre 40 % et 90 % d'abattement. Soit une moyenne de plus de 50 %. Éliminer totalement les micropolluants est une illusion, mais nous pouvons toujours espérer améliorer ces premiers chiffres.



Hélène Métivier

© Laboratoire DEEP (INSA)

Eau, maintenant ou jamais / novembre 2023
popsiences.universite-lyon.fr/le_mag

15

Filtre planté de roseaux, à côté du pilote du laboratoire DEEP.



© Laboratoire DEEP (INSA)

Filtre planté de roseaux après faucardage (fauçage des végétaux qui bordent les cours d'eau).



© Laboratoire DEEP (INSA)

© Laboratoire DEEP (INSA)

Les activités humaines : quelles conséquences sur les milieux aquatiques ?

ZONE INDUSTRIELLE

- Rejets de polluants
- Artificialisation des sols (réduction de l'infiltration et de la recharge des nappes)

ZONE COMMERCIALE

- Artificialisation des sols
- Destruction d'habitats naturels (zones humides)
- Modification des habitats

AGRICULTURE

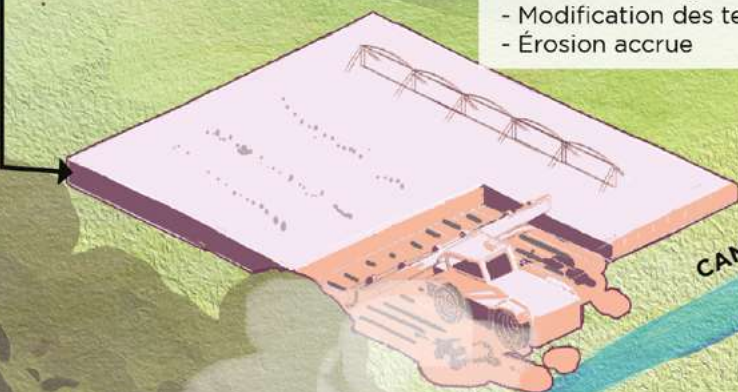
- Artificialisation des sols
- Prélèvements d'eau
- Apports de polluants (azote, phosphore, pesticides)
- Destruction d'habitats naturels
- Perte d'eau (irrigation)
- Disparition d'espèces

DÉFORESTATION

- Artificialisation des sols
- Déstabilisation des berges et des cours d'eau
- Perte d'ombrage
- Modification des températures
- Érosion accrue

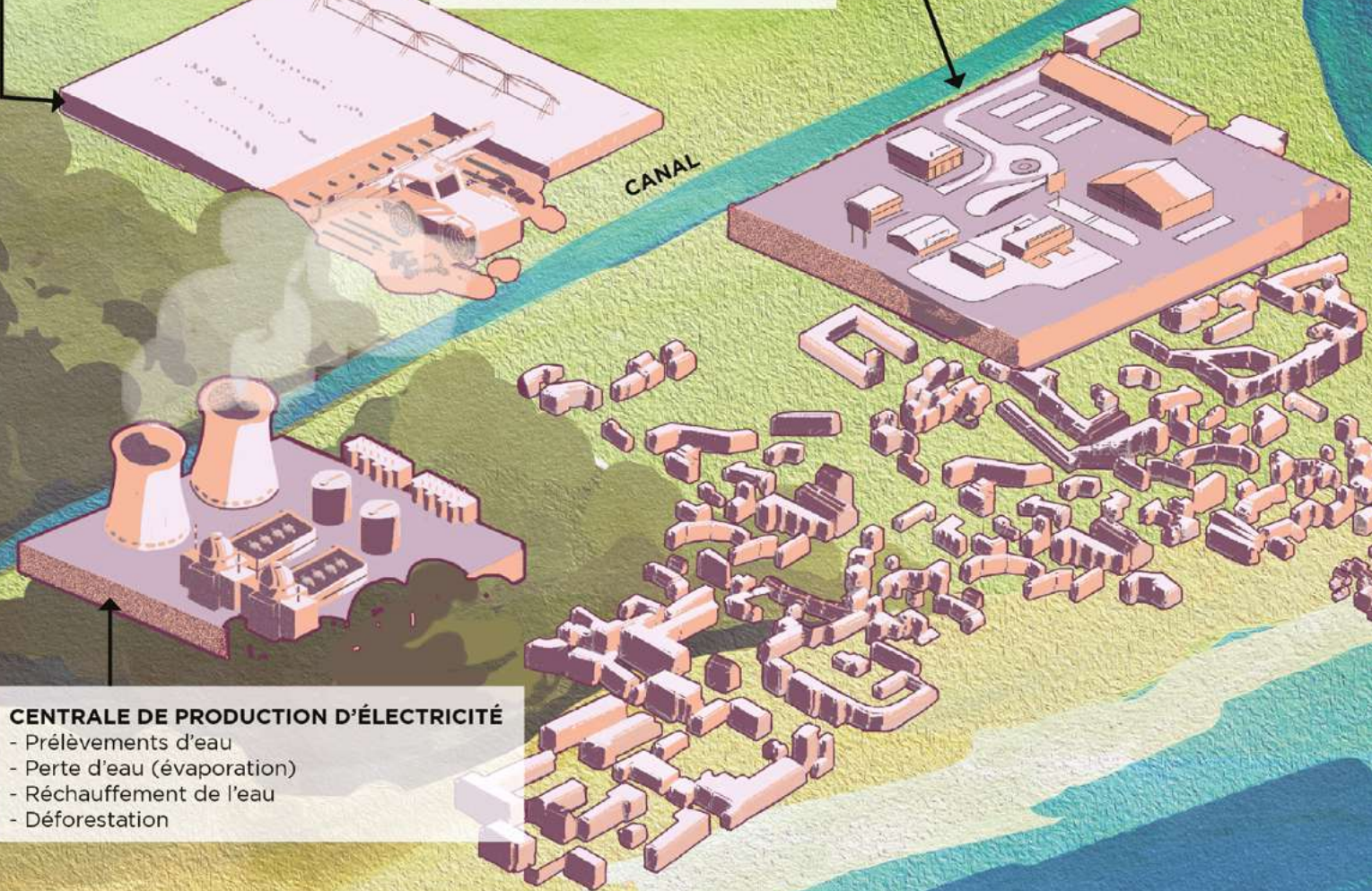
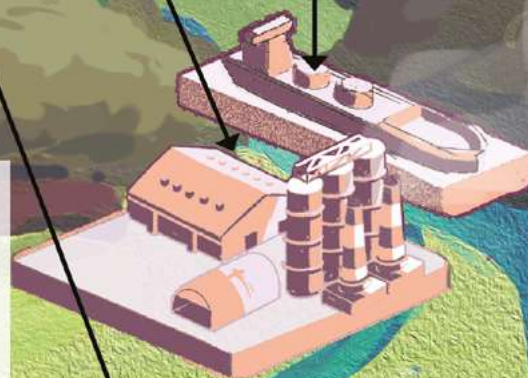
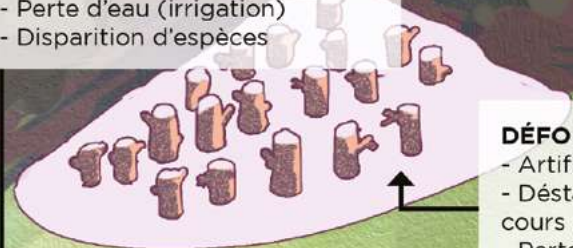
NAVIGATION

- Artificialisation (canalisation)
- Rejets de polluants



CENTRALE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

- Prélèvements d'eau
- Perte d'eau (évaporation)
- Réchauffement de l'eau
- Déforestation



Agriculture, production d'énergie, transports, villes, loisirs... Les nombreux aménagements construits pour répondre aux différents besoins humains – amplifiés par l'accroissement de la population et la diminution des ressources naturelles – génèrent des pressions variées sur l'eau et les milieux aquatiques, telles que la pollution, les prélèvements, l'artificialisation ou encore la surexploitation. Avec à la clé des milieux sévèrement affectés, tant sur leur fonctionnement naturel que sur l'état de leur biodiversité.

GRAVIÈRES

- (lieu d'extraction de graviers, donnant souvent lieu à la formation d'étangs ou de lacs)
- Déstabilisation du lit majeur
 - Modification des habitats

PÊCHE PROFESSIONNELLE

- Prélèvements excessifs d'espèces

LOISIRS

- Artificialisation des berges
- Perturbations du milieu naturel

BARRAGE

- Réchauffement de l'eau
- Perte d'eau (évaporation)
- Obstacle à la circulation des poissons et des sédiments
- Apport de nouvelles espèces animales et végétales, souvent invasives
- Modification des débits
- Modification des habitats

VILLE

- Imperméabilisation des sols (réduction de l'infiltration et de la recharge des nappes)
- Apport d'espèces exotiques envahissantes (espèces domestiques et ornementales)
- Artificialisation des milieux aquatiques (béton, routes, ponts, etc.)
- Amplification des crues
- Prélèvements d'eau
- Rejets de polluants, par les eaux usées et pluviales (matières organiques, métaux, hydrocarbures, micropolluants organiques, etc.)

LIT DU COURS D'EAU SUPPRIMÉ



18
ÉCONOMIE


L'AGRICULTURE À L'ÉPREUVE DE LA PÉNURIE

Par Grégory Fléchet

De par sa situation géographique et son climat, la France métropolitaine fait figure de véritable jardin d'Éden agricole. Si l'Hexagone dispose aujourd'hui d'une agriculture à la fois productive et diversifiée, elle le doit en grande partie à son climat tempéré et aux pluies régulières qui le caractérisent. Mais à mesure que le changement climatique s'amplifie, la précieuse ressource fait de plus en plus souvent défaut, y compris dans des régions jusqu'ici épargnées par les épisodes de sécheresse. Face à un accès à l'eau qui devient chaque année un peu plus incertain, la première agriculture d'Europe est tenue de se réinventer pour conserver son *leadership*.

Pâturages littéralement grillés par le soleil dès la fin du printemps, obligeant bon nombre d'éleveurs à puiser dans leurs réserves hivernales de foin plus tôt que prévu. Multiplication des arrêtés préfectoraux imposant aux exploitants agricoles des restrictions sur l'usage de l'eau allant parfois jusqu'à l'interdiction d'irriguer certaines cultures qui voient alors leur rendement diminuer d'un tiers. Exceptionnelle par sa précocité, sa durée et son intensité, la sécheresse de 2022 a mis à mal le modèle agricole français. Une situation de crise qui témoigne de la forte dépendance de notre agriculture à la ressource hydrique au moment où celle-ci se révèle la moins disponible. « *Sur une année complète, le secteur agricole représente à l'échelle nationale environ 12 % des prélèvements d'eau, mais en été cette part peut grimper jusqu'à 90 % dans certaines régions* »,

confirme Anne Honegger, géographe de l'environnement et directrice de recherche au CNRS rattachée à l'ENS de Lyon.

Sur l'ensemble du territoire national, l'agriculture ne ponctionne pourtant que 10 % de toute l'eau que nous utilisons chaque année pour nos activités, à la différence de la répartition mondiale des usages de l'eau. Mais contrairement aux trois principaux usages de cette ressource que sont le refroidissement des centrales électriques, l'alimentation des canaux et la production d'eau potable, l'agriculture n'en restitue qu'une infime partie aux écosystèmes aquatiques. Résultat : plus de la moitié de l'eau consommée¹ tous les ans en France est due aux activités agricoles. « *Selon les données émanant du Commissariat général au développement durable², 80 % de cette eau est dédiée à l'irrigation de quelques cultures, précise Anne Honegger. Le maïs et les céréales, telles que le blé ou l'orge, constituent plus de la moitié des surfaces irriguées.* » 

1 > Part de l'eau prélevée qui n'est pas restituée au milieu naturel après utilisation.



**À LIRE
-> P. 02
Le cycle de l'eau**

2 > Les prélèvements d'eau douce par usages et par ressources, notre-environnement.gouv.fr (2023).

3 > Territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents, pouvant s'apparenter à une sorte de « cuvette » dans laquelle les eaux convergent vers un même point de sortie, appelé exutoire.

Or, ces grandes cultures peuvent très bien se développer sans l'appui de l'irrigation, et ce, à la différence des productions fruitières et maraîchères qui nécessitent un apport en eau constant pour atteindre leur maturité. Appliquée à une parcelle de maïs ou de colza, cette irrigation permet avant tout de maximiser son rendement tout en s'assurant que ce niveau de production perdure d'une année sur l'autre.



Dispositif d'irrigation par aspersion appliqué à la culture du maïs dans le sud-ouest de la France.

© INRAE / Weber Jean



© DRF

« Sur une année complète, [l'agriculture] représente [...] environ 12 % des prélèvements d'eau, mais en été cette part peut grimper jusqu'à 90 % . »

Anne Honegger

Géographe de l'environnement et directrice de recherche au CNRS rattachée à l'ENS de Lyon.



À LIRE
→ P. 04

Eau et changement climatique : peut-on limiter les dégâts ?

4 > Niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau ; abaissement exceptionnel du débit d'un cours d'eau.



À LIRE
→ P. 23

Quand le stockage devient source de tensions

Vers une irrigation de résilience

Sous nos latitudes tempérées, le changement climatique se matérialise notamment par une hausse des températures estivales conjuguée à un déficit de précipitations. Dans ces circonstances, l'évapotranspiration de tous les végétaux augmente pour supporter la surchauffe. Conséquence de ces perturbations : des cultures censées supporter la sécheresse, comme la vigne, l'olivier ou la lavande, ont désormais besoin d'être irriguées durant l'été. Entre 2010 et 2020, la surface de vignes ayant bénéficié de cet apport complémentaire en eau a ainsi doublé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA). Dans les années à venir, cette irrigation de « résilience », qui vise à sécuriser les récoltes, est amenée à se développer dans la moitié sud du pays. Or, cette montée en puissance ne pourra se faire en parallèle de l'irrigation de production.

À l'échelle du bassin versant³ Rhône-Méditerranée, qui englobe la région PACA, une grande partie de l'ancienne région Rhône-Alpes et la moitié est de la région Bourgogne-Franche-Comté, l'eau destinée à l'irrigation provient en majorité de cours d'eau dont les étiages⁴ deviennent plus sévères et précoces à mesure que le climat se réchauffe. Dans les années à venir, le pompage de l'eau dans les fleuves et rivières de ce territoire de 130 000 km² devra nécessairement faire l'objet d'arbitrages locaux sur le type d'irrigation que ces prélèvements devront alimenter en priorité, au risque de mettre en péril l'intégrité écologique des milieux aquatiques. D'autres régions agricoles préfèrent miser sur le déploiement de retenues artificielles dites de « substitution ». Destinées à accueillir une partie de l'eau des rivières ou des nappes phréatiques en hiver, lorsque leur niveau est à son maximum, ces « mégabassines » voient leur contenu restitué aux cultures durant la saison sèche.

Pour les parcelles irriguées, qui ne représentent toutefois que 5 % de la surface agricole utile nationale, l'une des clés de l'adaptation aux sécheresses extrêmes, longues et répétées réside dans le déploiement de systèmes d'arrosage plus performants comme la micro-aspersion ou le goutte-à-goutte. Selon la nature des sols et le contexte climatique, ces dispositifs

permettent de réduire les apports en eau de 15 à 25 % tout en conservant les mêmes niveaux de rendement agricole. Des économies substantielles peuvent également être réalisées en contrôlant l'irrigation à partir d'outils d'aide à la décision afin d'apporter la bonne quantité d'eau au bon moment. Cette réduction de la consommation passe aussi par la modernisation des systèmes de transfert d'eau les plus anciens. « Dans la vallée du Rhône, où un important réseau de canaux d'irrigation achemine l'eau par simple gravité vers les parcelles agricoles, plusieurs millions d'euros sont investis chaque année pour réduire les pertes liées aux fuites et à l'évaporation », illustre Thomas Pelte, expert en gestion quantitative et changement climatique à l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse.

Transformer l'agriculture pluviale

Dans le cas de l'agriculture pluviale qui dépend entièrement des précipitations pour son alimentation en eau et constitue l'essentiel des terres cultivées de l'Hexagone, de réelles mutations sont à prévoir. « Bien que l'on puisse envisager de remplacer rapidement les cultures de printemps par d'autres variétés disposant de cycles de vie moins longs de manière à les récolter le plus en amont possible de la période de sécheresse, cette stratégie ne sera efficace qu'à court terme », prévient Patrice Garin, agrogéographe au centre INRAE de Montpellier.

De récentes modélisations climatiques menées par un groupe de chercheurs français⁵ montrent, en effet, que la température moyenne de l'Hexagone à l'horizon 2100 sera près de 4°C supérieure à celle du début du 20^e siècle si les tendances actuelles d'émissions de gaz à effet de serre se maintiennent. Un été aride et caniculaire comme celui de 2022 pourrait par ailleurs devenir la norme dès 2050. Devant ces projections pour le moins préoccupantes, l'agriculture pluviale va rapidement devoir se transformer si elle veut limiter les impacts négatifs du changement climatique sur son niveau de production.

L'économie expérimentale à la rescousse

Son salut pourrait venir de l'application à large échelle des préceptes de l'agroécologie. Réunissant un ensemble de techniques culturales qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes, cette approche systémique de l'agriculture inclut un large éventail de pratiques visant à capter et conserver un maximum d'eau dans les sols : absence de labours, augmentation du nombre de rotations culturales, paillage du sol, mise en place de cultures intermédiaires, agroforesterie⁶, restauration des haies et des zones humides, etc. Les capacités d'infiltration des sols non travaillés sont, par exemple, deux à huit fois plus élevées que celles des sols labourés. L'introduction de cultures intermédiaires permet, quant à elle, de limiter de façon significative l'évacuation de l'eau dans la couche supérieure du sol. « Si d'ici une quinzaine d'années le sud de la France se retrouve avec le climat du sud du bassin méditerranéen, toutes les grandes cultures d'été actuelles auront atteint leurs limites de tolérance à la sécheresse, assure Patrice Garin. Nous n'aurons alors d'autres choix que de remplacer ces espèces par des plantes adaptées à ce nouveau paradigme climatique comme les cultures d'hiver. » ➔



© DR

« [On pourrait] accorder des contreparties financières aux agriculteurs qui irriguent de manière éco-efficace. »

Marianne Lefebvre

Maîtresse de conférences en économie à l'Université d'Angers.

5 > Ribes, A. et al. An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint, *Earth Systems Dynamics* (2022).

6 > Mode d'exploitation des terres agricoles associant, sur une même parcelle, des arbres à des cultures agricoles et/ou de l'élevage.



À LIRE

→ P. 36

Eau : un avenir à construire ensemble

7 > Méthode de recherche qui vise à concevoir des situations économiques en laboratoire dans le but d'étudier les décisions d'individus dans un environnement contrôlé et reproductible.

Reste à mettre en œuvre les politiques publiques **capables d'accélérer cette mutation agro-environnementale tout en emportant l'adhésion d'une large majorité d'agriculteurs**. Pour relever ce défi, certains chercheurs proposent de s'appuyer sur les méthodes de l'économie expérimentale⁷. « *Ce mode d'expérimentation "au préalable" permet d'évaluer l'impact de mesures politiques dans un délai beaucoup plus bref et pour un coût très inférieur à un tâtonnement par essais et erreurs tel que cela se pratique dans le domaine agricole* », explique Marianne Lefebvre, maîtresse de conférences en économie à l'Université d'Angers. L'économie expérimentale pourrait, par exemple, servir à comparer les effets et l'acceptabilité de mesures visant à inciter les agriculteurs à diminuer leurs prélèvements d'eau lorsque la ressource se fait rare. « *Cette stratégie peut consister à accorder des contreparties financières aux agriculteurs qui irriguent de*

manière éco-efficente. Mais, on peut aussi envisager de réserver l'irrigation en période de sécheresse aux agriculteurs qui limitent leur consommation le reste de l'année », illustre Marianne Lefebvre. Récompenser d'une manière ou d'une autre les actions des agriculteurs favorisant un usage modéré de l'eau ne pourra toutefois suffire à juguler une crise de l'eau qui semble s'inscrire dans la durée. Face à cette situation, c'est tout notre modèle agroalimentaire, des systèmes de production agronomiques aux préférences alimentaires des consommateurs en passant par les modèles de transformation et de distribution de ces aliments, qu'il va nous falloir réinventer.

© INRAE / Nicolas Bertrand



Semis direct de céréales sous couvert végétal constitué ici par un chaume de sorgho. Parce qu'elle favorise la rétention de l'eau de pluie tout en réduisant l'évaporation, cette forme d'agriculture sans labour contribue à limiter l'irrigation de la parcelle.

© INRAE / Nicolas Bertrand





QUAND LE STOCKAGE DEVIENT SOURCE DE TENSIONS

Indispensable à la croissance des cultures, l'eau est rarement disponible lorsque celles-ci en ont le plus besoin. Pour s'affranchir de cet aléa, la collecte d'eau dans des réservoirs d'appoint est privilégiée par un nombre croissant d'agriculteurs.

Emmagasiner l'eau en période d'abondance pour disposer d'une réserve utilisable quand elle vient à manquer relève du bon sens paysan. « À partir du 19^e siècle, les aménagements dédiés au stockage de l'eau deviennent consubstantiels du développement de l'agriculture française », rappelle Patrice Garin, agrogéographe au centre INRAE de Montpellier. Depuis lors, ces dispositifs de stockage n'ont cessé de se multiplier. Toutes superficies confondues, on en dénombre aujourd'hui près de 700 000 dans l'Hexagone. Outre les lacs de barrage aménagés sur les grands cours d'eau et les réservoirs en dérivation alimentés par un canal relié à un fleuve ou une rivière, il existe une myriade de retenues collinaires disséminées dans tout le pays. « Ces ouvrages qui interceptent les eaux de ruissellement d'un versant sont en théorie déconnectés du réseau hydrographique », explique Nadia Carluier, hydrologue au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes. Avec la multiplication des retenues collinaires et autres réservoirs alimentés par un simple ruisseau, un volume d'eau significatif finit par être soustrait au bassin versant qui accueille ces ouvrages. De surcroît, certains cours d'eau qui composent ce territoire voient leur continuité écologique¹ altérée. Un risque d'autant plus grand que le nombre de petites retenues reste largement sous-estimé. « Sur le seul bassin du Doux², un inventaire de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse en a dénombré un peu plus de 900 dont au moins un tiers n'ont plus d'usage agricole », illustre Nadia Carluier.

La tentation des mégabassines

Depuis une quinzaine d'années, des dispositifs de stockage d'un tout autre genre fleurissent dans certaines zones de grandes cultures à faible relief. Qualifiées de mégabassines par leurs détracteurs, il s'agit en fait de réservoirs à ciel ouvert de plusieurs hectares et d'une dizaine de mètres de profondeur ceinturés de hauts murs en terre. D'une capacité de plusieurs centaines de milliers de mètres cubes, ces retenues de substitution sont remplies durant l'hiver en pompant l'eau des nappes phréatiques. « Ce type d'ouvrages est le résultat d'un compromis entre l'État et le monde agricole qui cherche depuis plusieurs années à sécuriser son approvisionnement en eau durant l'été lorsque les arrêtés préfectoraux leur interdisent tout prélèvement dans les aquifères³ et les cours d'eau », souligne Patrice Garin. Bien que cette solution demeure pertinente pour protéger les récoltes en cas de sécheresse, elle devrait être décidée après concertation de toutes les parties prenantes (syndicats agricoles de tous bords, élus locaux, associations écologistes...) et au bénéfice de l'ensemble des agriculteurs. Or, c'est loin d'être le cas des premières bassines installées dans l'ouest de la France. Alors que ces infrastructures sont financées à plus de 70 % par des fonds publics, elles profitent à moins de 5 % des exploitations agricoles, dont une large majorité de producteurs de maïs irrigués. « Si la vocation première des retenues de substitution est de maintenir sous perfusion le modèle agricole productiviste, cette stratégie est vouée à l'échec comme en témoigne l'exemple de l'Espagne, où après plusieurs décennies d'existence, ce modèle est désormais à bout de souffle », alerte Nadia Carluier. Pays européen le mieux doté en infrastructures dédiées au stockage de l'eau, l'Espagne ne parvient plus à les remplir tandis que l'aridification ne cesse de gagner du terrain.

Parcelle agricole exploitée selon les préceptes de l'agroforesterie associant la culture de légumes à celle d'arbres fruitiers.



© INRAE / Nicolas Bertrand

Avec l'intensification des épisodes de sécheresse, l'irrigation de cultures peu sensibles au manque d'eau comme l'olivier et la vigne s'est largement développée dans le sud de la France.

1 > La continuité écologique garantit la libre circulation des organismes vivants et des sédiments à travers les cours d'eau et autres milieux aquatiques.

2 > Affluent du Rhône s'écoulant sur 70 km dans le nord du département de l'Ardèche.

3 > Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau et constituée de roches perméables permettant l'emmagasinement et la circulation de l'eau.



24

RECYCLAGE

LA SOBRIÉTÉ PASSERA-T-ELLE PAR LA RÉUTILISATION DE NOS EAUX USÉES ?

Par Grégory Fléchet

Recycler une partie des effluents générés par les activités humaines pour économiser une ressource amenée à devenir moins abondante. C'est tout l'enjeu des dispositifs de réutilisation des eaux usées traitées qu'entend développer le gouvernement français. Loin d'être la panacée, cette solution peut néanmoins se révéler pertinente dans certaines circonstances.

Parvenir à réduire nos prélèvements d'eau de 10 % à l'horizon 2030. Telle est l'ambition du « Plan d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau » présenté le 30 mars 2023 par Emmanuel Macron lors d'un déplacement dans les Hautes-Alpes. Pour atteindre cet objectif, le chef de l'État souhaite notamment s'appuyer sur la réutilisation des eaux usées traitées (Reut). Alors que **l'assainissement conventionnel, tel qu'il est pratiqué dans les stations d'épuration, se concentre sur le traitement des paramètres physico-chimiques** (azote, phosphore, matière organique, etc.), la Reut nécessite une ou plusieurs opérations supplémentaires pour éliminer un maximum de micro-organismes pathogènes. On peut alors parler de recyclage. En France, cette pratique reste marginale comparée à certains de nos voisins européens. Tandis que l'Espagne utilise déjà 14 % de ses eaux usées traitées et que l'Italie atteint presque

le seuil des 10 %, nous consacrons moins de 1 % des effluents, issus généralement de nos stations d'épuration, à d'autres usages.

Comment expliquer ce retard ? La réglementation en la matière a longtemps été un frein au développement de la Reut. Il aura, en effet, fallu attendre 2010 pour que la France se dote d'une législation encadrant cette pratique pour l'arrosage des espaces verts et l'irrigation agricole. En outre, jusqu'en mars 2022 et la publication d'un décret élargissant le champ d'utilisation des eaux usées traitées, des applications comme le nettoyage de la voirie et des canalisations, la lutte contre les incendies ou la recharge des nappes phréatiques restaient proscrites. « Depuis le 26 juin 2023, la réglementation européenne a pris le relais du droit français pour tout ce qui concerne la Reut destinée à l'irrigation agricole », précise Julie Mendret, maîtresse de conférences à l'Université de Montpellier et spécialiste du traitement des eaux usées. ➔



**À LIRE
→ P. 15**

**Micropolluants :
comment mieux
les traiter à la
sortie des villes**



© DR

« La nécessité d'adapter la ville au changement climatique en densifiant sa couverture végétale [...] ouvre de réelles perspectives à la Reut en tant que source d'arrosage de ces espaces verts. »

Rémi Lombard-Latune

Ingénieur de recherche au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes, et expert de la réutilisation des eaux usées traitées.

► Privilégier la gestion du risque à la performance

Au-delà de la volonté d'harmoniser cette pratique à l'échelle de l'Union européenne, le nouveau règlement vise à assouplir son encadrement. Bien que les eaux traitées à des fins d'utilisation agricole y restent classées en quatre niveaux de qualité - A, B, C et D, du plus élevé au plus faible - le durcissement de certains critères, comme la concentration de bactéries *Escherichia Coli*¹, pose question. Pour les eaux de la catégorie A, destinées à l'irrigation des cultures vivrières consommées crues, ce seuil passe de 250 bactéries pour 100 ml à 10 bactéries pour 100 ml. « Parvenir à ce niveau d'exigence microbiologique implique de multiplier par deux ou trois des coûts financiers du traitement de l'eau, ce qui pourrait porter préjudice à la pérennité de certains projets », estime Rémi Lombard-Latune, ingénieur de recherche au centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes, et expert de la réutilisation des eaux usées traitées. S'il en va de même des catégories B, C et D, qui voient leurs seuils microbiologiques respectifs divisés par cent, le règlement européen permet toutefois de déroger à ces objectifs de performance² pour l'ensemble des catégories. Dans la nouvelle réglementation européenne, l'entreprise ou la collectivité qui met en œuvre un projet

1 > La présence de cette bactérie intestinale dans l'eau peut indiquer une contamination de la ressource par des matières fécales.

2 > Dans la législation française, la concentration de bactéries *E. Coli* devait être inférieure à 10 000/100 ml pour les eaux de catégorie B. Avec le nouveau règlement européen ce seuil est désormais de 100 bactéries/100 ml, sans qu'il présente toutefois un caractère obligatoire.

de Reut est tenue de démontrer sa capacité à gérer le risque associé à la réutilisation de l'eau ; une procédure qui peut se révéler complexe. Cela peut se traduire par la mise en place d'un traitement additionnel à base de chlore ou bien encore par l'utilisation d'un système d'irrigation qui limite la dispersion des microorganismes comme le goutte-à-goutte ou la micro-aspersion.

Lutter contre les îlots de chaleur urbains

Cette plus grande flexibilité dans la gestion du risque contribuera sans doute à accélérer le déploiement de la Reut dans l'Hexagone. L'objectif que s'est fixé le gouvernement de développer 1000 nouveaux projets de ce genre d'ici 2027 paraît en revanche difficile à atteindre si on se réfère à l'évolution récente de la pratique. Bien que dix-sept nouveaux projets aient vu le jour entre 2017 et 2022, dans le même laps de temps, neuf autres se sont arrêtés faute de rentabilité. « Sur la petite centaine de dispositifs actuellement en activité, 60 % ont recours à la technique du lagunage, complète Rémi Lombard-Latune. Cela consiste à entreposer l'eau pendant plusieurs jours dans des bassins de faible profondeur afin d'éliminer un maximum de bactéries sous l'action du rayonnement ultraviolet du soleil. » Cette solution présente l'avantage d'être peu onéreuse lorsqu'elle s'appuie sur des infrastructures préexistantes. Ce qui est rarement le cas.

À l'heure actuelle, la vocation agricole de la Reut est d'ailleurs en perte de vitesse sur le territoire national et la plupart des projets



Expérimentation menée au centre INRAE de Montpellier visant à atténuer les îlots de chaleur urbains par une irrigation optimale de la végétation.

qui ont vu le jour ces cinq dernières années se situent désormais en zone urbaine. Le débit conséquent des effluents produits par les stations d'épuration des grandes agglomérations combiné aux performances élevées de ces installations, souvent modernes, offrent davantage d'opportunités. « *La nécessité d'adapter la ville au changement climatique en densifiant sa couverture végétale pour lutter contre le phénomène des îlots de chaleur urbains ouvre de réelles perspectives à la Reut en tant que source d'arrosage de ces espaces verts* », illustre Rémi Lombard-Latune.

Une zone littorale plus propice à la réutilisation

Quoi qu'il en soit, la pertinence d'un projet de valorisation des effluents de stations d'épuration reste largement tributaire de la géographie du territoire. Dans certaines régions continentales du sud de la France, où les rejets des stations d'épuration peuvent fournir 80 % du débit d'étiage - débit minimum - des cours d'eau, la Reut risque, par exemple, de mettre en péril le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, en diminuant le retour de la ressource aux milieux aquatiques. Ce n'est donc pas un hasard si la grande majorité des projets français sont localisés non loin des côtes atlantique et méditerranéenne. « *À proximité des zones littorales où les stations d'épuration rejettent leurs eaux usées dans la mer, la Reut permet d'éviter une perte directe d'eau douce*, souligne Julie Mendret. *En se substituant aux prélèvements dans les nappes phréatiques, cette pratique peut, en outre, contribuer à maintenir leur niveau suffisamment haut.* »

Aux Sables-d'Olonne, le programme Jourdain entend pousser la démarche encore plus loin en utilisant les eaux usées de sa station d'épuration pour produire de l'eau potable. Afin d'éliminer l'intégralité des contaminants présents dans ces effluents (bactéries, virus, nitrates, pesticides...), le projet s'appuiera sur un prétraitement par osmose inverse³. Une fois purifiée, l'eau sera reminéralisée avant d'être réinjectée dans un lac artificiel destiné à la production d'eau potable. D'ici 2027, le projet Jourdain prévoit de fournir 600 m³

d'eau par heure, soit la consommation d'une ville de 60 000 habitants. Compte tenu du coût de revient⁴ relativement élevé d'une eau traitée par osmose inverse - de l'ordre de 3 et 4 euros/m³ contre environ 2 euros/m³ pour la production et l'acheminement de l'eau potable -, ce genre d'initiative a toutefois peu de chance d'essaimer. Selon Rémi Lombard-Latune, une telle généralisation serait en tout état de cause lourde de conséquences : « *alors qu'il est estimé que le traitement conventionnel des eaux usées génère environ 6 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales⁵, cette contribution pourrait être bien supérieure si on décidait de traiter l'ensemble de ces effluents par des techniques de filtration sur membrane⁶ comme l'osmose inverse ou la nanofiltration.* » L'utilisation de telles technologies doit alors être ajustée selon les différents enjeux en présence, **les eaux produites par ces traitements étant, par exemple, moins chargées en polluants que les eaux traitées de manière conventionnelle.** Si un déploiement généralisé de tels procédés est fort peu souhaitable, la réutilisation des eaux usées reste un outil intéressant dans un contexte de réchauffement climatique où l'eau va devenir de plus en plus rare, sous réserve que cette réutilisation se mette en place de manière adéquate.



© Museum d'histoire naturelle de Nîmes

« À proximité des zones littorales où les stations d'épuration rejettent leurs eaux usées dans la mer, la Reut permet d'éviter une perte directe d'eau douce. »

Julie Mendret

Maîtresse de conférences à l'Université de Montpellier et spécialiste du traitement des eaux usées.

3 > Système de filtration qui utilise la pression hydraulique pour forcer l'eau à circuler à travers une membrane semi-perméable dans laquelle toutes les particules et autres matières en suspension restent piégées.



À LIRE
→ P. 15

Micropolluants : comment mieux les traiter à la sortie des villes

4 > Le coût de revient représente l'ensemble des charges directes et indirectes qu'une entreprise doit payer pour produire un bien ou offrir un service.

5 > Ritchie, H., et al., CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, OurWorldInData.org (2020) ; Dickin, S., et al., Sustainable sanitation and gaps in global climate policy and financing, npj Clean Water 3, 24 (2020).

6 > Garfi, M., et al., Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60 (2016).



LAVER LE LINGE À L'EAU RECYCLÉE : EXPÉRIMENTATION EN BLANCHISSERIE

Par Caroline Depecker

Quoique techniquement possible, la réutilisation de eaux usées urbaines est en réalité très peu pratiquée en Europe. TreeWater, une start-up lyonnaise, a lancé un projet montrant comment il est possible de réutiliser les eaux de lavage issues de blanchisseries pour les recycler en interne. Baptisé RECYCLO, le procédé est en cours de démonstration sur trois sites européens.

Les sécheresses répétitives l'attestent : l'eau est une ressource précieuse à économiser. En août 2022, la Commission européenne prévoyait une augmentation des pénuries d'eau de 50 % d'ici 2030 en Europe¹ et encourageait la Réutilisation des eaux usées traitées (Reut) à travers une série de recommandations. Cette pratique existe déjà, mais de façon anecdotique. Créée en 2017 et issue du laboratoire Déchets Eaux Environnement Pollutions (DEEP - INSA Lyon), la start-up lyonnaise TreeWater s'intéresse au potentiel de la Reut dans l'industrie et plus particulièrement au marché de la blanchisserie. Ce secteur consomme 42 millions de m³ d'eau par an à l'échelle européenne.

1 > Hullin, V., Pénurie d'eau et recyclage des eaux usées : la Commission européenne s'en mêle, *Euronews* (2022).

Des pilotes de démonstration dans trois pays d'Europe

À travers le projet Life RECYCLO, l'objectif de TreeWater est d'installer, sur trois sites différents, des pilotes industriels visant à démontrer qu'il est possible de recycler jusqu'à 80 % des eaux de lavage et, grâce à une méthode d'oxydation développée au laboratoire, d'éliminer près de 90 % des polluants nocifs qu'elles contiennent. Débuté

2 > Ensemble des rejets d'eaux usées.

en 2021, le projet est financé par l'Europe jusqu'en 2024. « En 2016, lors de ma thèse, j'avais identifié le potentiel important de cette technique associant les ultraviolets (UV) et le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) pour dégrader tout type de molécules présentes dans des effluents² industriels, jusqu'à les minéraliser (ie transformer les substances en dioxyde de carbone CO₂ et dioxygène O₂, NDLR) », explique Bruno Cédât, fondateur de la jeune pousse. Un concours de circonstance a fait le reste. Une blanchisserie du Gard, cumulant les problèmes, l'approche : une région en stress hydrique, des rejets dans une station d'épuration quasi saturée et donc une dissémination des polluants dans les cours d'eau par manque de traitement. Un cas pratique idéal. L'idée de recycler les eaux de blanchisserie est lancée !

Life RECYCLO s'illustre dans trois pays dont le rapport aux pénuries d'eau est différent ainsi, que le prix de l'eau potable. Au sud, l'Espagne connaît déjà des pénuries d'eau, la France commence à en souffrir, tandis que plus au nord, le Luxembourg est pour l'instant épargné. Un mètre cube d'eau potable coûte, respectivement dans chaque pays : 2 à 3 euros, 4 euros environ et 6 à 7 euros. « La dispersion géographique de ces blanchisseries nous permet d'avoir une vision globale des problématiques à traiter, aussi bien techniques, qu'économiques - le procédé doit être reproductible et rentable -, mais aussi législatives. Nous saurons alors où concentrer nos efforts de développement », commente Bruno Cédât.

Transformer les micropolluants en CO₂ et O₂

Breveté, le procédé RECYCLO a été mis au point en collaboration avec la blanchisserie gardoise Saint Jean. Celui-ci se décompose en trois étapes : une coagulation-floculation, puis l'oxydation avancée et enfin l'adsorption sur du charbon actif. L'objectif



©Life RECYCLO

Pilote du procédé RECYCLO.

de la coagulation-floculation est d'éliminer les particules en suspension : on clarifie l'effluent de sorte à le rendre perméable aux UV. Le contenu des effluents étant spécifique à chaque blanchisserie, les doses de réactifs doivent être adaptées après analyse d'échantillons au laboratoire DEEP. De ces doses dépend, en effet, la création d'amas de particules en suspension, qu'il ne reste plus qu'à filtrer pour obtenir, d'un côté des boues, et de l'autre, de l'eau limpide. Vient, ensuite, l'étape d'oxydation avancée. L'eau passe alors à travers un grand cylindre métallique contenant des lampes UV et du peroxyde d'hydrogène dilué. Le dispositif une fois sous tension, le rayonnement UV coupe la molécule H_2O_2 en deux : des radicaux hydroxyle sont libérés qui, en tant que puissants oxydants³, s'attaquent aux molécules dissoutes de l'effluent. L'attaque oxydative mène finalement à la libération d' O_2 et de CO_2 . Enfin, les impuretés ayant réussi à passer à travers les mailles du filet précédent, s'adsorbent - se fixent - sur le charbon actif.

Sur les 11 000 blanchisseries européennes, peu bénéficient d'un traitement *in situ* de leurs eaux qui, chargées en micropolluants finissent pour la plupart dans la nature. Phtalates, phénols, tensioactifs, solvants... « À côté des analyses de routine classiques qui ne présentent aucun souci, nous traçons une trentaine de micropolluants couramment utilisés pour le lavage du linge et dont l'écotoxicité est avérée. La performance du procédé est bonne ! Puisque seuls 10 % d'entre eux résistent au traitement », note Bruno Cédât.

Recycler jusqu'à 80 % des effluents et valoriser des boues localement

Quels autres avantages au procédé TreeWater ? Tout d'abord, parce que l'installation est simple et peu encombrante, elle nécessite peu de ressources humaines : un technicien peut à lui seul surveiller son bon fonctionnement. Cela permet à la société de viser les petites et moyennes blanchisseries. Entre 50 % à 80 % d'eaux usées peuvent être réinjectées dans le lavage. Enfin, selon leur nature, les boues



Résultats d'essais de coagulation-floculation selon des concentrations de produits différentes.

issues de la clarification sont aisément valorisables : en compostage, en épandage agricole ou encore en méthanisation. Le choix se porte sur la filière locale la plus propice. *In fine*, la faible quantité de charbon actif restera le seul résidu polluant.

Finalisé dans les ateliers lyonnais, le prototype espagnol est installé sur site, près de Gérone (Espagne), depuis octobre 2023. C'est le seul pour l'instant. Il devrait permettre d'avoir une première idée du retour sur investissement de l'installation pour l'industriel. Et donc du déploiement possible de RECYCLO. La construction du pilote français est à l'arrêt, depuis qu'un décret français de mars 2022⁴, bien plus restrictif que celui de l'Espagne, exclut la Reut pour l'hygiène corporelle et le linge. Un point de blocage réglementaire qui pourra évoluer dans l'avenir. Mais l'équipe de TreeWater est plus que jamais confiante et les idées fourmillent. Une installation mobile a été construite afin de promouvoir RECYCLO et de montrer son efficacité auprès de potentiels clients : blanchisseries et autres industriels. « Nous travaillons sur des effluents de papeterie pour lesquels nous pourrions aisément dupliquer le système. Et nous cherchons à l'améliorer afin qu'il détruise les microfibrilles de plastique, c'est théoriquement possible », conclut en souriant Bruno Cédât.

Cet exemple montre bien le potentiel de la Reut dans un contexte industriel, où ces eaux ne sont pas toujours bien traitées. Mais cela, à condition d'être mise en place dans les conditions adéquates, en prenant en compte le contexte local, pour ne pas impacter de manière négative l'environnement, **en diminuant, par exemple, le retour de la ressource aux milieux via le rejet de nos eaux usées traitées.**

3 > Les oxydants appartiennent à une catégorie de substances capables de modifier profondément la structure des molécules organiques ou inorganiques en réalisant avec celle-ci une réaction chimique, dite « d'oxydation ».

4 > Mendret, J., Sécheresse : comment fonctionne la réutilisation des eaux usées, *Le Point* (2023).



À LIRE
→ P. 25

La sobriété passera-t-elle par la réutilisation de nos eaux usées ?



30
DROIT

QUAND LE DROIT DE L'EAU DOIT ÉVOLUER

Par Ludovic Viévard

« J'ai payé l'eau ! Je veux mon eau ! » hurle le paysan Éliacin au maire et « Président de l'eau », Philoxène. Dans cette scène de *Manon des sources*, Pagnol illustre dès 1952 ce qu'une situation de pénurie peut produire de désespoir, mais aussi de questionnement. Car l'eau qu'Éliacin a payée lui appartient-elle vraiment ? Peut-on la capter pour se l'approprier ? Est-ce un produit commercial qu'il suffirait d'acheter pour pouvoir en faire ce qu'on souhaite ? Et si ce n'est pas le cas, comment pouvons-nous collectivement gérer cette ressource nécessaire à tous ? Aujourd'hui, alors que le dérèglement climatique multiplie les « crises de l'eau », comment modifier nos approches juridiques pour mieux partager et préserver ce précieux bien ?

Des crises toujours plus fréquentes

La sécheresse n'a pas toujours la même cause. D'abord, elle peut provenir d'un déficit de pluie (sécheresse météorologique), mais aussi d'une surexploitation de la ressource. Ensuite, le manque d'eau se fait différemment sentir lorsqu'il est relié à une baisse du débit des cours d'eau (sécheresse hydrologique touchant les eaux superficielles), des nappes phréatiques (sécheresse hydrogéologique touchant les eaux souterraines) ou, enfin, lorsqu'il concerne les sols peu profonds (sécheresse édaphique ou agricole). Ces situations de pénurie et leurs impacts sont ainsi distincts, mais reliés, et variables dans leur intensité. Enfin, l'eau ruisselle selon la nature et l'orientation des sols formant des bassins versants et c'est à cette large échelle que doivent s'évaluer les situations de pénuries ; les prélèvements amonts se répercutant sur la disponibilité aval de la ressource.

C'est dans ce contexte que s'exerce la police de l'eau, pouvoir discrétionnaire¹ détenu par les préfets qui peuvent prescrire des arrêtés sécheresse, qui imposent des limitations croissantes de prélèvements dans les eaux de surfaces ou souterraines. Des seuils de gravité – allant de vigilance, à alerte, puis alerte renforcée et crise – permettent de hiérarchiser les usages autorisés ou non. Selon que l'on est particulier, agriculteur ou industriel, il peut alors être interdit de remplir sa piscine, de nettoyer son véhicule... voire d'arroser les cultures. Ainsi, en partie au moins, cette eau qu'Éliacin a payée, il ne peut pas toujours l'utiliser à n'importe quoi. Dans les situations de crises, qui avec le dérèglement climatique sont de plus en plus fréquentes, assurer le juste partage de l'eau suppose de limiter le droit de propriété et d'usage. Mais multiplier les arrêtés peut-il suffire, lorsqu'on sait

1 > On dit qu'il y a pouvoir discrétionnaire lorsqu'une autorité administrative dispose de la faculté d'agir librement, sans que la conduite à tenir lui soit dictée à l'avance par une règle de droit.

2 > Données Explore 70, Office français de la biodiversité, (2012).

› qu'à l'horizon 2070, le volume des nappes phréatiques pourrait baisser de 10 à 15 % et jusqu'à 50 % dans certaines régions² ? Ne doit-on pas sortir d'un système d'exceptions, devenu norme, pour faire évoluer le droit à l'eau ?

Il n'existe pas un code unique de l'eau, mais des éléments épars dans le Code de l'environnement, le Code des collectivités territoriales ou le Code civil.

Un droit morcelé à l'image des usages de l'eau

H₂O. Derrière cette si limpide formule chimique, se trouve une réalité juridique complexe, façonnée par la variété des usages de l'eau. Il n'existe pas un code unique de l'eau, mais des éléments épars dans le *Code de l'environnement*, le *Code des collectivités territoriales* ou le *Code civil*, etc. Toutefois, les 60 dernières années ont marqué plusieurs évolutions. En 1964, une loi encadre la pollution de l'eau et instaure six agences de l'eau en Métropole, à l'échelle des bassins versants. En 1992, la loi intègre la notion de cycle de l'eau. Cette dernière étant « patrimoine commun de la nation », la loi repose sur un principe de protection de la quantité et de la qualité de la ressource dans l'équilibre de ses différents usages. À cette fin, elle instaure des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) – déclinés en SAGE à l'échelle des sous-bassins. Ces objectifs d'équilibre sont réaffirmés par la loi de 2006. Ces transformations reflètent un effort d'unification du droit de l'eau. Pourtant, si le régime de protection de l'eau la reconnaît comme un écosystème, une tension demeure. Qu'il y ait des cours d'eau domaniaux, soumis au droit public, et des cours d'eau non domaniaux, relevant du droit privé, l'illustre bien, de même que les concessions qui autorisent les sociétés privées à prélever et commercialiser les eaux

en bouteille. D'un côté, l'eau est un bien privé et marchand, de l'autre, l'eau est patrimoine commun de la nation. Pour Victoria Chiu, maître de conférences en droit public à l'Université Jean Moulin Lyon 3, « cette complexité et cette confusion nuisent à l'efficacité de la protection globale de l'eau »³.

Vers la gestion d'un commun ?

Cette tension entre bien commun et bien marchand est au cœur des travaux de l'économiste Elinor Ostrom, prix Nobel 2009. Elle explique qu'il est des biens, rivaux – quand la ressource est finie – et non exclusifs – quand personne ne doit être exclu de son usage – qui ne sont gérés ni par l'État ni par le marché, mais par un groupement d'utilisateurs. Ostrom décrit notamment l'organisation de systèmes d'irrigation de régions où l'eau, parce qu'elle est un bien rare, entre pleinement dans cette catégorie des biens rivaux. En France, la production, la distribution et l'assainissement relèvent de la compétence des communes. Elles peuvent mutualiser leurs moyens au sein de communautés de communes ou d'un syndicat et l'exercer directement, **c'est-à-dire en régie, ou en déléguer la gestion à une entreprise privée**. Si une minorité de communes ont fait le choix de la délégation, c'est pourtant ce système qui couvre 61 % de la population raccordée⁴, un écart de proportion qui s'explique, car ce sont souvent des communes plus peuplées. Un système qui semble ainsi osciller entre gestion publique et gestion privée. Mais prévient Antoine Brochet, postdoctorant à l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble, la situation est moins binaire qu'il n'y paraît et fait une place aux usagers. ➔

D'un côté, l'eau est un bien privé et marchand, de l'autre, l'eau est patrimoine commun de la nation.



À LIRE

→ P. 35

Gestion de l'eau :
régie publique ou
privée ?

4 > Rapport (4376) fait au nom de la Commission d'enquête relative à la mainmise sur la ressource en eau par les intérêts privés et ses conséquences, *Assemblée nationale* (2021).



ET SI LES COURS D'EAU AVAIENT DES DROITS ?

Le parlement de Loire est le nom d'un projet qui, depuis 2019, œuvre pour que le plus long fleuve de France acquiert une « personnalité juridique ». Ce serait une première en France, mais pas en Europe, ni dans le monde. Depuis 2022, la loi espagnole a reconnu ce droit à la Mar Menor, une lagune d'eau salée bordant la Méditerranée. Ailleurs sur la planète, plusieurs initiatives similaires ont déjà vu le jour, souvent portées par les peuples autochtones. Mais qu'est-ce que cela change ? Fondamentalement, il s'agit d'une révolution. Aujourd'hui, seules les personnes – ou les entreprises qui sont des personnes morales – sont sujets de droit. En accorder à l'environnement, c'est déplacer l'équilibre entre humains et non-humains et reconnaître à ces derniers une possibilité d'être protégés pour eux-mêmes, indépendamment de l'intérêt que nous y trouvons. Reste que le droit est une convention et qu'il faudra toujours une voix humaine pour parler au nom des fleuves ou des forêts et définir l'étendue de leurs droits. C'est bien ce que vise un « parlement des choses » qui, selon les mots du sociologue Bruno Latour « *étend aux choses le privilège de la représentation, de la discussion démocratique et du droit* »*. Dès lors que des instances permettent la mise en débat des intérêts communs, alors pour Victoria Chiu « *reconnaître la personnalité juridique à un cours d'eau peut être envisagé comme une des solutions pour aider les citoyens riverains à mieux le protéger* ».

* > Latour, B. Esquisse d'un Parlement des choses, *Écologie & politique*, vol. 56, no. 1 (2018).



© Jose A. - Creative Commons Attribution 2.0 Generic license

En 2022, la lagune de la Mar Menor (Espagne) a été le premier écosystème européen à recevoir une personnalité juridique.

5 > Belhiti, C. et al., Éviter la panne sèche - Huit questions sur l'avenir de l'eau, rapports d'information (142) du Sénat (2022).

6 > Ensemble des règles de droit qui se dégagent des décisions rendues par les tribunaux dans un pays, et qui peuvent servir de référence à d'autres cas semblables.



À LIRE

→ P. 36

Eau : un avenir à construire ensemble

7 > Avis « Urgence climatique et droits de l'Homme » (A - 2020 - 6), JORF, n°0130, texte n° 46 (2021).

8 > Résolution du Parlement européen du 5 octobre 2022 sur l'accès à l'eau en tant que droit de l'homme : la dimension extérieure, Journal officiel de l'Union européenne (2022).

› Si ceux-ci sont encore peu représentés dans les systèmes de gestion de proximité – concernant des petits cycles de l'eau –, leur présence est garantie par la loi pour les grands cycles de l'eau. En effet, depuis 2005, ils siègent dans des Comités de bassin, au rôle consultatif, à l'échelle des bassins versants (SDAGE) et dans des Commissions locales de l'eau à l'échelle des sous-bassins (SAGE). Et en 2019, l'État a mis en place les Projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE), là encore, pour mieux associer les usagers à la gouvernance. Ainsi semble se développer une « démocratie de l'eau »⁵, dont on ne sait pas encore si elle sera capable, avec les outils dont elle dispose aujourd'hui, de trancher dans les conflits d'usage à venir dans la mise en œuvre des politiques de sobriété qui, seules, permettront d'anticiper les crises.

L'Europe : un pouvoir supérieur contraignant le droit français

La France est tenue de transcrire dans son droit la réglementation européenne. Une partie de l'évolution du droit de l'eau vient de l'échelon supranational, puisqu'en 2000 une directive cadre européenne sur l'eau a imposé aux États membres d'assurer le bon état écologique du cycle de l'eau. D'abord fixée en 2015, la date butoir a été plusieurs fois reportée et est aujourd'hui établie à 2027. Les États sont ainsi soumis à des obligations de résultats en matière de préservation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques. Certes, depuis 2005, l'art. 1 de la Charte constitutionnelle de l'environnement reconnaît que « chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé ». Toutefois, précise Victoria Chiu, « initialement, les juges nationaux étaient assez réticents pour lui donner une portée juridique contraignante. Aujourd'hui, même si celle-ci est acquise au sein de la jurisprudence⁶ nationale, les conditions dégagées par les juges pour l'appliquer, tel que le dommage significatif à l'environnement, la preuve de l'urgence ou l'intérêt à agir devant le juge, en limitent la portée », car ces conditions sont difficiles

à apporter. Il y a donc urgence à prendre davantage en compte le droit fondamental à « l'environnement sain » par les juges français, comme le recommandait en 2022 la Commission nationale consultative des droits de l'homme⁷. Les futures étapes du droit de l'eau pourraient ainsi naître des jurisprudences des cours nationales ou européennes.

Éventualités d'autant plus solides que la ressource en eau est menacée et que la reconnaissance d'un droit inconditionnel à l'eau s'esquisse. Certes, le droit français n'est pas allé jusque-là, précisant que l'accès doit se faire à des conditions économiquement acceptables par tous. Toutefois, il autorise les services publics d'eau à mettre en œuvre des tarifications sociales et interdit aux distributeurs d'eau de couper l'eau des foyers n'ayant pas acquitté leur facture. Des mesures qui vont dans le sens d'une inconditionnalité de fait, si ce n'est en droit, et qui s'accordent avec la résolution du Parlement européen indiquant que « le droit à l'eau est une condition préalable fondamentale à la jouissance d'autres droits »⁸.



© DR

« Reconnaître la personnalité juridique à un cours d'eau peut être envisagé comme une des solutions pour aider les citoyens riverains à mieux le protéger. »

Victoria Chiu

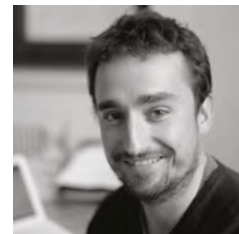
Maître de conférences en droit public à l'Université Jean Moulin Lyon 3.



GESTION DE L'EAU : RÉGIE PUBLIQUE OU PRIVÉE ?

Propos recueillis par Ludovic Viévard

Après un doctorat à l'Université Grenoble-Alpes en aménagement-urbanisme sur les réformes de modernisation des services d'eau, Antoine Brochet est actuellement postdoctorant à l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble. Il revient sur les différents systèmes de gestion de l'eau en France et leurs évolutions, qui montrent que de plus en plus de communes adoptent la régie directe. Mais est-ce une bonne idée pour mieux gérer la ressource ?



Antoine Brochet

Quels sont les systèmes de gestion de l'eau en France ?

Il y en a au moins trois modèles : en commun, public et délégué. Historiquement, les habitants étaient souvent coproducteurs de la ressource et non simples usagers comme aujourd'hui. Ils s'organisaient en commun, par exemple pour capter une source et permettre un accès équitable à l'eau. Ils sont à l'origine de vrais petits services d'eau dont il reste des traces, notamment dans les régions de montagnes. Ce mode de gestion a périclité au milieu du 19^e siècle, avec l'attribution aux communes de compétences de salubrité publique. Seules ou regroupées, elles ont organisé leur service d'eau, en l'exerçant elles-mêmes ou avec le soutien d'opérateurs privés, par Délégation de Service Public (DSP), quand elles n'avaient pas les moyens techniques ou d'investissement.

Entre les deux systèmes, où va la tendance ?

Plutôt à la remunicipalisation, comme à Bordeaux ou Lyon. Mais il ne faut pas s'arrêter à une vision aussi binaire. Dans les faits, les systèmes sont souvent hybrides. D'abord, la compétence eau potable est sécable, donc une commune peut n'en conserver qu'une partie comme la production d'eau, mais pas sa distribution, etc. Ensuite, cela dépend également du type de contrats de délégation privilégiés. Certaines collectivités font le choix de l'affermage où le délégataire ne fait qu'exploiter le réseau sans financer les infrastructures nécessaires au fonctionnement du service, qui demeurent à la charge de la collectivité. D'autres font le choix de la concession dans lequel le délégataire prend en charge l'exploitation ainsi que les investissements liés au réseau. D'autres encore conservent la régie directe, mais sous-traitent des opérations pour lesquelles elles n'ont pas le personnel ou l'équipement, comme la recherche de fuites.

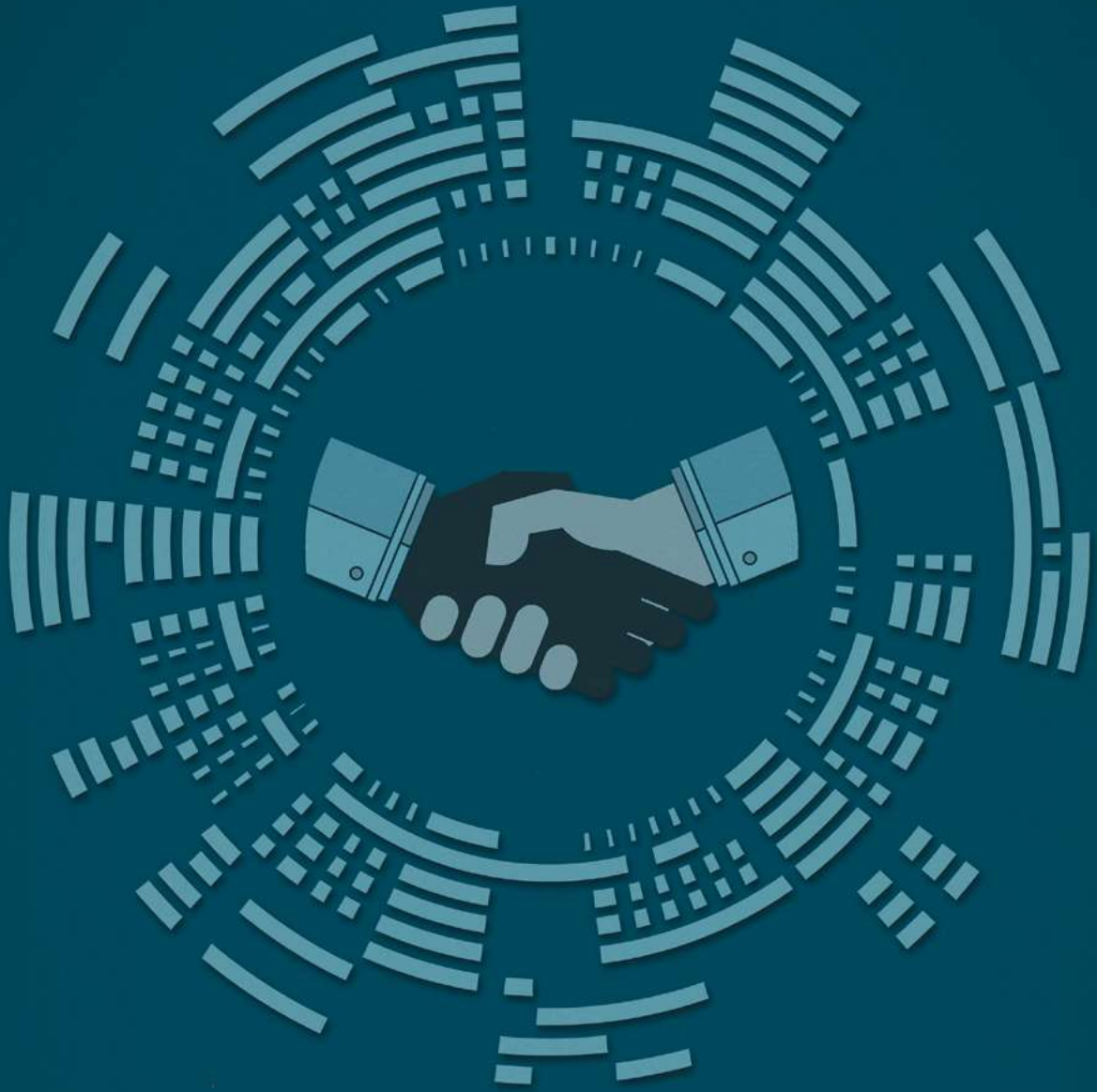
Qu'est-ce qui différencie ces systèmes ?

Principalement la gouvernance. Avec la DSP, les élus transfèrent des responsabilités à une société privée et ont moins de liberté. En outre, les DSP sont confiées à des sociétés qui cherchent une rentabilité – contrairement à la régie directe – et ont intérêt à vendre le plus d'eau possible. D'un autre côté, ces entreprises ont une expertise et une capacité d'innovation technique que n'ont pas des services en régie directe. Ceci étant, ces systèmes tendent à converger depuis les années 1990, sous l'influence du Nouveau Management Public¹ qui impose aux régies des normes et standards de gestion issus du secteur privé (employés de droit privé, indicateurs de performances, contrats d'objectifs, droit de la consommation, etc.). Le cadre juridique de la gestion en régie, autrefois non marchand, s'est ainsi progressivement calqué sur celui du privé, avec un principe de vérité des prix qui doit rendre compte du coût réel de l'eau.

En termes de préservation de la ressource, les avantages restent-ils à la régie directe ?

Tout dépend de la façon dont les collectivités exercent leur compétence. Ce qui est certain, c'est que le système leur en offre la possibilité puisqu'il a pour lui d'être plus démocratique. Cela compte quand il faut trancher des conflits d'usages ! Il dispose aussi de plus de souplesse pour l'innovation sociale. Par exemple, Grenoble est allé au-delà des textes réglementaires en créant un comité des usagers de l'eau qui n'est pas seulement consultatif, mais participe à fixer les prix, décider des investissements. Finalement, c'est un système qui se rapproche par certains aspects d'une gestion en bien commun, souvent caractérisé par la littérature scientifique comme étant le plus soutenable.

¹ > Le Nouveau Management Public (NMP) vise à transposer les outils de gestion et les modes d'organisation du secteur privé vers le secteur public.



36

PROSPECTIVE

EAU : UN AVENIR À CONSTRUIRE ENSEMBLE

Par Jean-Luc Bertrand-Krajewski, enseignant-chercheur en hydrologie urbaine, Bruno Cédât, directeur recherche et développement à Treewater, Victoria Chiu, maître de conférences spécialisée en droit de l'environnement, Anne Honegger, directrice de recherche en géographie, Cécile Miège, directrice de recherche en chimie, et Philippe Polomé, professeur de sciences économiques ; coordonné par Samantha Dizier, rédactrice en chef du Pop'Sciences Mag.

Changement climatique, pollutions industrielles, agricoles et domestiques, prélèvements excessifs, les activités humaines déstabilisent autant la ressource que les écosystèmes aquatiques. Comment imaginer notre avenir en commun avec cette ressource qui est de plus en plus fragilisée d'année en année : quelles actions sont prioritaires et comment les mettre en place ? C'est la question qu'ont choisi de soulever les membres du comité scientifique du Pop'Sciences Mag pour l'éclairer de leurs points de vue pluridisciplinaires.

Ce qu'il faut faire, nous le savons depuis longtemps. Nous ne savons bien évidemment pas encore tout de l'état de la ressource en eau et des milieux aquatiques. Mais nous en savons bien assez pour agir aujourd'hui : nous avons une idée précise de l'état des nappes phréatiques et des cours d'eau, d'un point de vue hydrologique, chimique, écologique, etc. Il est donc maintenant nécessaire d'optimiser les processus de décision, par une amélioration de la diffusion des

connaissances des chercheurs ou experts vers les citoyens et les acteurs politiques, et une accélération des actions politiques et réglementaires en conséquence. Aujourd'hui, nous devons engager rapidement une transition réelle et ne plus penser uniquement en termes de ressource en eau, pour nos seuls prélèvements et usages, mais de manière plus globale à l'état de santé des écosystèmes dans lesquels se trouve cette ressource. ➔

1 > Le Code de l'environnement est le recueil où sont rassemblés l'ensemble des lois, décrets et règlements concernant l'environnement en France.



À LIRE

→ P. 33

Et si les cours d'eau avaient des droits ?

2 > Selon le Code de l'environnement, les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles [ayant des besoins élevés en eaux et en humidité] pendant au moins une partie de l'année ».

3 > Dans l'article L. 211-1, II du Code de l'environnement, il est affirmé que la gestion équilibrée de l'eau et des milieux aquatiques « doit permettre en priorité de satisfaire les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population ».

Des milieux aquatiques à mieux prendre en considération

Pour l'ensemble des espèces végétales et animales d'une rivière, l'eau est l'élément essentiel. Quand nous sommes **en situation de sécheresse, il n'y a personne pour représenter, et donc défendre, ces espèces.** Et les écosystèmes aquatiques sont souvent les grands perdants de ces situations de crises climatique et environnementale.

Dans le Code français de l'environnement¹, l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Il y est ainsi spécifié que l'eau et les milieux aquatiques doivent être protégés par tous, et qu'il s'agit d'un objectif d'intérêt général. La pratique réelle diffère fréquemment : face à des enjeux économiques, la protection des milieux aquatiques n'est pas souvent la priorité. Les zones humides² sont, par exemple, les grandes oubliées de ces actions de protection. Elles sont encore trop souvent asséchées pour des intérêts économiques : pour en faire des terres agricoles ou pour développer l'urbanisation, par exemple.

De la même manière, le Code de l'environnement donne la priorité à la consommation humaine avant tout autre usage³. Les milieux aquatiques sont ainsi largement évincés des enjeux principaux ; au contraire, les usages anthropiques de l'eau sont sacralisés. Au niveau législatif, il serait ainsi nécessaire d'évoluer vers une approche plus écocentrique, et non plus hiérarchisée entre les besoins humains et ceux des milieux.

Les milieux aquatiques ne sont pas qu'un lieu de prélèvement de l'eau, ce sont des systèmes à l'équilibre dont le bon état écologique doit être préservé ou restauré.

Voir au-delà de la ressource

Tant qu'on considérera l'eau comme une simple ressource à exploiter, cela ne sera pas suffisant pour la protéger. Il y a une forte interdépendance entre la santé des écosystèmes et la qualité et quantité de l'eau qui les compose. Les milieux aquatiques ne sont pas qu'un lieu de prélèvement de l'eau, ce sont des systèmes à l'équilibre dont le bon état écologique doit être préservé ou restauré. Si un milieu n'est plus à l'équilibre, par exemple du fait d'une pollution, la qualité de l'eau et des autres ressources composant le système, comme les poissons, n'est plus garantie.

Au-delà de l'approvisionnement en eau, les milieux aquatiques nous rendent des services écosystémiques. La notion de service écosystémique renvoie à la valeur (monétaire ou non) des écosystèmes **qui fournissent à l'humanité des biens et services** : épuration naturelle de l'eau, pêche, baignade, etc. Lorsque des choix économiques sont faits, ces services, qui sont non marchands, sont peu pris en considération. Si on ne prend en compte que les bénéfices monétaires, ce sont toujours les services marchands qui prennent l'avantage sur les services non marchands. Même si nous disposons aujourd'hui de techniques pour estimer leur valeur économique, celles-ci restent complexes et peu utilisées. Afin de mieux défendre les services écosystémiques, il semble cependant de plus en plus important d'estimer cette valeur.



À LIRE

→ P. 10

Polluants chimiques : un impact irréversible sur la ressource ?

Des changements maintenant prioritaires

Il est aujourd'hui urgent de modifier nos pratiques pour limiter notre impact sur la ressource et les écosystèmes. Nous avons souvent tendance à stigmatiser un secteur d'activités, l'industrie, l'agriculture, la production d'énergie, etc. La solution n'est pas uniquement chez l'un ou l'autre. Il ne faut pas opposer les usages, mais trouver collectivement des équilibres, de nouvelles synergies, réajuster nos pratiques, pour les faire coexister.

Pour commencer, **revoir notre système agricole, et donc notre système alimentaire, est un objectif prioritaire.** La transition ne sera pas facile, et devra être accompagnée, notamment par la formation, le soutien et l'accompagnement des agriculteurs, après une mise en cohérence des enjeux économiques et écologiques.


L'élaboration des biens de consommation, et l'ensemble de notre système de production, sont également à repenser. Les biens et produits ont été conçus pour leurs services rendus, sans penser à leur impact sur l'environnement. Ce que ces différents biens et produits contiennent de néfaste pour les milieux ne fait pas encore systématiquement partie de leurs critères d'élaboration. Il y a besoin de renforcer la réglementation en interdisant, ou au moins en limitant, la production ou les usages de certains matériaux.

Ce qui nous amène aux pollutions industrielles – un autre point prioritaire – sur lesquelles les entreprises ne sont pas assez contraintes⁴. La problématique est qu'il y a trop peu de moyens pour réaliser des contrôles environnementaux, menés par l'Office français de la biodiversité⁵ : dans

chaque département, il n'y a environ qu'une quinzaine de personnes dédiées. En outre, il existe, certes, un délit de pollution de l'eau, puni par des sanctions financières. Mais celles-ci sont bien souvent non dissuasives, car trop peu élevées. Les entreprises ont ainsi fréquemment intérêt à payer l'amende et dédommager les plaignants plutôt qu'à mettre en place des changements dans leurs pratiques. De plus, des polluants nouveaux apparaissent régulièrement, industriels, pharmaceutiques ou microplastiques, pour lesquels il n'existe pas de législation, et qui sont, par leur nature nouvelle, difficiles à détecter.

Une responsabilité partagée

Pour réaliser ces changements, il faut travailler à plusieurs échelles imbriquées : mondiale, européenne, nationale et locale. La politique de l'eau en France est une déclinaison de la politique européenne. La directive cadre européenne sur l'eau de 2000⁶ a instauré des objectifs de résultats en termes de bon état écologique et chimique des milieux aquatiques. L'État français a transposé cette directive en 2004 et ses objectifs de résultats sont aujourd'hui matérialisés dans les documents de planification de l'eau (SDAGE, SAGE). Ce sont donc des objectifs qui restent encore à atteindre, et qui sont mis à jour et affinés régulièrement.

Mais l'État français peut aller au-delà des directives européennes : il peut imposer des seuils plus stricts. Or, pour cela, une volonté politique est nécessaire. Et les volontés manquent, par exemple, en ce qui concerne les pollutions des eaux par les nitrates, provenant notamment des engrais agricoles. L'État préfère – tout comme les industriels – payer les sanctions financières prononcées par la Cour de justice de l'Union européenne, plutôt que de prononcer et faire respecter 

4 > Aujourd'hui, le cadre réglementaire pour les émissions industrielles est défini par la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED, et l'arrêté ministériel dit « RSDE », Recherche et réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau, du 24 août 2017



**À LIRE
-> P. 18**

L'agriculture à l'épreuve de la pénurie

5 > L'Office français de la biodiversité contribue à l'exercice des polices administrative et judiciaire relatives à l'eau (pollution de la ressource, atteinte aux zones humides ou littoral), aux espaces naturels, à la flore et la faune sauvage, à la chasse et à la pêche.

6 > Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

7 > Un lobby est un groupe de personnes créé pour promouvoir et défendre des intérêts, en exerçant des pressions ou une influence sur des personnes ou des institutions publiques.

8 > Assemblée consultative sur toutes les questions relatives à la gestion de l'eau et des milieux aquatiques, qui regroupe les différents acteurs, publics ou privés, agissant dans le domaine de l'eau au sein d'un bassin versant.

9 > La Suisse généralise le traitement des micropolluants dans ses stations d'épuration, *Actu-Environnement.com* (2016).

› une interdiction de l'utilisation excessive des nitrates par les agriculteurs. Les entreprises de l'agro-industrie, via des lobbys⁷, sont très influentes en France, et cela au sein même du parlement français. Une réglementation renforcée pour limiter ces lobbys et une obligation de transparence – inexistante aujourd'hui – doivent être mises en place. Toutes les décisions politiques prises sur ces questions devraient être davantage équilibrées entre intérêt économique et priorité environnementale. Le débat d'idées est nécessaire, dans lequel il convient d'impliquer tous les citoyens.

Une approche remontante, du local vers le national, peut être envisagée, afin de redonner du pouvoir au citoyen sur ces problématiques. Il faut que les métropoles, les communes, se saisissent de la question de l'eau, pour impliquer les populations, avec des débats et des concertations. Par exemple, il est envisageable de donner plus de place aux usagers domestiques dans les comités de bassin⁸, auxquels davantage de pouvoirs seraient attribués. Si le citoyen est déjà convaincu, et s'il est porteur d'initiatives, cela sera d'autant plus facile pour les acteurs politiques d'agir et de promouvoir des changements.

Un autre acteur à ne pas oublier est le chercheur scientifique. Il ne doit pas se limiter à la diffusion des connaissances au sein de sa communauté de recherche. Il est aussi tenu de vulgariser, parler au grand public, transmettre les connaissances qu'il produit. Le chercheur, à un moment donné, doit inciter à l'action et sortir de sa neutralité, une neutralité qui n'est plus tenable sur un sujet aussi vital et face aux enjeux devenus prioritaires du changement climatique qui s'accélère.

Ne rien faire aujourd'hui finira par coûter tellement cher demain, tant d'un point de vue monétaire qu'environnemental ou sociétal, qu'il n'y aura plus d'autres choix que de changer les choses.

Quels leviers d'actions ?

Nous avons des solutions techniques pour traiter l'eau usée et limiter nos prélèvements. Mais, même avec ces technologies, nous ne pourrions pas nous permettre ni de prélever toujours autant, ni d'ignorer le problème des polluants à la source. En outre, ces procédés de traitement ont un coût élevé. En Suisse, des solutions de traitement des micropolluants des eaux usées ont été mises en place dans les stations d'épuration. Mais, cela accroît inévitablement le prix de l'eau pour les consommateurs⁹. Des stratégies politiques d'aides financières pourraient être réfléchies, tant pour les usages domestiques, qu'agricoles ou industriels.

Les systèmes techniques et sociaux n'évoluent généralement que sous la contrainte, qu'elle soit économique, réglementaire, ou politique et sociale. Soit, il y a assez de forces sociales ou politiques pour entraîner des changements, alors la réglementation et l'économie s'adaptent. Soit, on fait évoluer la réglementation, mais celle-ci est indirectement une traduction du social et du politique. Soit, ne rien faire



Cécile Miège

© DR



Victoria Chiu

© DR



Bruno Cédât

© DR

aujourd'hui finira par coûter tellement cher demain, tant d'un point de vue monétaire qu'environnemental ou sociétal, qu'il n'y aura plus d'autres choix que de changer les choses.

Au niveau réglementaire, le cadre juridique actuel, mis en place dans les années 1960, est assez solide. S'il est appliqué correctement, il peut être efficace pour protéger la ressource et les milieux aquatiques. La problématique est qu'il y a un décalage entre la théorie, les règles juridiques et l'application de ces règles. Le droit pénal de l'environnement et de l'eau est un droit extrêmement technique, et éparpillé dans plusieurs codes et textes de loi, ce qui rend sa maîtrise d'autant plus difficile. Il serait utile de réunir tous les textes dans un seul et même code afin que le droit en la matière ne soit plus aussi dispersé¹⁰, ce qui permettrait sa meilleure mise en application.

Formation et pédagogie

Pour que les interdictions et les règlements fonctionnent, il faut que tout un chacun soit informé et sensibilisé : de la pédagogie et de l'éducation sont nécessaires, à tous les âges de la vie. Le citoyen doit bénéficier de cette connaissance, mise à portée de tous, afin de mieux impliquer toutes les parties prenantes dans cet avenir de l'eau.

C'est aussi au niveau de la formation des acteurs politiques qu'il faut s'engager. Pour ces acteurs, des exemples concrets pourraient permettre d'inciter à mettre en place des bonnes pratiques, avec, par exemple, des visites de sites expérimentaux,

que cela soit dans les domaines de l'industrie, de l'agriculture, etc. Depuis 2019, des projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE) sont ainsi mis en place, dans lesquels l'ensemble des acteurs d'un territoire s'engagent dans une démarche concertée et prospective de gestion de la ressource, en vue d'une réduction des prélèvements de celle-ci, et ce, dans le respect du bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques¹¹. Un objectif d'une centaine de PTGE est visé d'ici 2027, qui seront porteurs de retours d'expérience. Ce seront des éléments décisifs pour faciliter le dialogue avec les agriculteurs et les industriels, afin de montrer concrètement que d'autres manières de faire sont possibles.

Pour conclure, nous pouvons construire une relation à l'eau et aux milieux aquatiques positive. La nature est résiliente, elle est capable de se régénérer. Si nous nous impliquons, tous, pour changer nos pratiques et accompagner les milieux, un futur positif est possible. Il ne reste plus qu'à agir !

**Si nous nous impliquons,
tous, pour changer nos pratiques
et accompagner les milieux,
un futur positif est possible.**



À LIRE
→ P. 31

Quand le droit de l'eau doit évoluer

10 > Le 7 décembre 2022, le groupe de travail relatif au droit pénal de l'environnement présidé par M. François Molins, procureur général près la Cour de cassation, a présenté les conclusions de son rapport intitulé « Le traitement pénal du contentieux de l'environnement ».

11 > Les projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE) au service d'une agriculture durable, Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire (2022).



Anne Honegger

© DR



Jean-Luc Bertrand-Krajewski

© DR



Philippe Polomé

© DR

Les milieux aquatiques : quelles actions pour les protéger ?

ANCIEN BARRAGE

- Construire une passe à poissons (dispositif permettant aux poissons de franchir un obstacle créé par l'Homme sur un cours d'eau)
- Construire une rivière de contournement
- Supprimer le barrage si possible

AGRICULTURE

- Privilégier une agriculture raisonnée ou biologique
- Limiter les prélèvements d'eau
- Faire des choix de cultures adaptées au climat
- Arrêter l'usage de produits polluants

ZONE INDUSTRIELLE

- Construire une station de traitement des eaux adaptée aux rejets spécifiques de la zone
- Limiter l'usage de produits polluants

NAVIGATION

- Limiter la navigation aux canaux adaptés à cet usage

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

- Privilégier une source d'énergie alternative, moins consommatrice d'eau
- Limiter les rejets de polluants
- L'eau n'étant pas (ou peu) nécessaire, le barrage devient inutile

COMMERCE

- Réduire les constructions de zones commerciales au profit de commerces locaux

De la pollution à l'artificialisation des milieux, les activités humaines génèrent de fortes pressions sur l'eau. Celles-ci ont des conséquences néfastes sur le fonctionnement naturel et la biodiversité des milieux aquatiques, ainsi que sur la santé humaine et les usages de l'eau. Mais une autre voie est possible : il existe des solutions, tournées vers le biomimétisme et la renaturation, à mettre en place collectivement pour limiter les dégâts. En voici un aperçu non exhaustif.

GRAVIÈRES

- Les connecter aux rivières
- Restaurer des zones humides

LOISIRS

- Choisir des loisirs adaptés et respectueux des milieux environnants

VILLE

- Choisir des bâtiments écologiques et des matériaux urbains moins polluants
- Limiter l'usage de produits polluants
- Améliorer les réseaux d'assainissement et leurs performances
- Améliorer les performances des stations d'épuration existantes
- Désimperméabiliser la ville
- Favoriser l'infiltration et l'évapotranspiration
- Multiplier les espaces verts et la présence de l'eau en ville
- Restaurer les berges des cours d'eau
- Limiter l'usage de produits polluants

PÊCHE PROFESSIONNELLE

- Effectuer des prélèvements raisonnés

Plantation en berges

Ancien lit et zone inondable restaurés

ANCIEN BARRAGE

ZONE HUMIDE

QUELQUES PISTES POUR PRENDRE PART À LA PRÉSERVATION DE L'EAU À L'ÉCHELLE INDIVIDUELLE :

- Économiser l'eau à la maison (réducteurs de débit, récupérateurs d'eau, chasse d'eau à double commande...);
- Se former, apprendre comment fonctionnent les milieux aquatiques et comment notre vie en dépend ;
- Participer aux réunions publiques d'information et de concertation ;
- Adhérer à des organisations de protection de la nature ;
- Agir auprès des élus et des décideurs pour améliorer la protection des milieux aquatiques et de la biodiversité, etc.

COMITÉ DE RÉDACTION

RÉDACTION EN CHEF : **Samantha Dizier** (Pop'Sciences - Université de Lyon)

RÉDACTEURS ET JOURNALISTES : **Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Bruno Cédât, Victoria Chiu, Caroline Depecker, Samantha Dizier, Grégory Fléchet, Cécile Miège, Anne Honegger, Philippe Polomé, Marie Privé, Ludovic Viévard**

DIRECTION ARTISTIQUE : **Magdalena Nin Ott, Antoine Ligier** (Agence Visée.A)

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES ET ILLUSTRATIONS : © **Visée.A**

MAQUETTE ORIGINALE : **Cultivescence**

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION : **Samantha Dizier** (Pop'Sciences - Université de Lyon), **Anne Guinot** (Pop'Sciences - Université de Lyon), **Patricia Lamy** (Pop'Sciences - Université de Lyon)

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, enseignant-chercheur en hydrologie urbaine au laboratoire DEEP (INSA Lyon)

Bruno Cédât, directeur recherche et développement à Treewater

Victoria Chiu, maître de conférences spécialisée en droit de l'environnement à l'Université Jean Moulin Lyon 3, Laboratoire environnement - ville - société, Institut de droit de l'environnement

Anne Honegger, directrice de recherche en géographie à l'École normale supérieure de Lyon, Laboratoire environnement - ville - société

Claire-Lise Meyer, cheffe de projet de l'École universitaire de recherche sur les sciences de l'eau et des hydrosystèmes H₂O'Lyon

Cécile Miège, directrice de recherche au laboratoire de chimie des milieux aquatiques, RiverLy (INRAE)

Philippe Polomé, professeur de sciences économiques à l'Université Lumière Lyon 2, UMR Groupe d'analyse et de théorie économique (GATE)

PARTENAIRES POP'SCIENCES MAG



LABORATOIRES PARTICIPANTS

Merci à tous les scientifiques des laboratoires suivants d'avoir ouvert leurs portes (et leur téléphone) à la rédaction de Pop'Sciences Mag, d'avoir répondu à nos questions et participé à la réalisation de ce numéro.

Unité de recherche RiverLy (Centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes), **Laboratoire déchets, eau, environnement, pollutions** (INSA Lyon), Observatoire de terrain en hydrologie urbaine, **Laboratoire environnement - ville - société** (CNRS, Université Jean Moulin Lyon 3, Université Lumière Lyon 2, Université Jean Monnet, Mines Saint-Étienne, INSA Lyon, ENS de Lyon, École nationale supérieure d'architecture de Lyon, ENTPE), **Groupe de recherche angevin en économie et management** (Université d'Angers), **Institut européen des membranes** (Université de Montpellier, École nationale supérieure de chimie de Montpellier, CNRS), **unité de recherche REVERSAAL** (Centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes), **Institut des géosciences de l'environnement de Grenoble** (CNRS, INRAE, Grenoble INP - UGA Institut d'ingénierie et de management, Institut de recherche pour le développement, Université Grenoble-Alpes), **Groupe d'analyse et de théorie économique** (CNRS, Université Lumière Lyon 2, Université Jean Monnet), **Observatoire de terrain en hydrologie urbaine** (Graie, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Université Lumière Lyon 2, Université Jean Moulin Lyon 3, INRAE, École centrale de Lyon, ENTPE, VetAgro Sup, BRGM).

CONTACTER LA RÉDACTION

popsciences@universite-lyon.fr

Si vous souhaitez recevoir un exemplaire gratuit du magazine, merci de bien vouloir en faire la demande par courriel.

Ce numéro est imprimé sur du papier recyclé non blanchi.



**POP'
SCIENCES**
Université de Lyon

RETROUVEZ TOUTE L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE DE LA COMUE UNIVERSITÉ DE LYON SUR LE PORTAIL NUMÉRIQUE POP'SCIENCES !

popsciences.universite-lyon.fr

P comme **Partager les savoirs**
O comme **Ouvrir les campus**
P comme **Produire de la connaissance avec et pour les citoyens...**

Avec Pop'Sciences, la ComUE Université de Lyon donne la possibilité à tous ceux qui ont soif de savoirs ou à tous les curieux de sciences de s'informer, de rencontrer des scientifiques et de se questionner sur des sujets divers qui nous permettent de mieux comprendre le monde qui nous entoure.

Via son site internet, Pop'Sciences met en avant les différents rendez-vous autour des sciences, accessibles à tous, organisés à Lyon et aux alentours, et donne accès à une banque de ressources multimédias sur de nombreux thèmes et grands sujets de société.

