

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

« Se défier du ton d'assurance qu'il est si facile de prendre et si dangereux d'écouter »
Charles Coquebert, *Journal des mines* n°1, Vendémiaire An III (septembre 1794)



L'eau douce dans le monde

Hors dossier : Prix du carbone et compétitivité

UNE SÉRIE DES
ANNALES
DES MINES
FONDÉES EN 1794

Publiées avec le soutien
de l'Institut MinesTélécom

L'eau douce dans le monde, comment gérer un bien commun ?

03

Avant-Propos
Pierre ROUSSEL

Les enjeux liés au régime physique

09

Agir pour l'eau au sein de la Convention Climat
Jean-Luc REDAUD

15

L'eau, l'alimentation et le climat : revenir aux sources du développement durable
Guillaume BENOIT

20

Eau potable : enfin un espoir pour des milliards de personnes !
Gérard PAYEN

25

Les eaux souterraines
Ghislain de MARSILY et Mustapha BESBES

31

L'hydroélectricité, le mariage de l'eau et de l'énergie
Yves GIRAUD

36

La biodiversité des milieux aquatiques continentaux en France métropolitaine : état des lieux et menaces
Paul MICHELET

Les enjeux politiques et sociaux

40

Water Supply to Big Cities: Training and Development Initiatives Implemented by South Africa's Largest Water Board: A Focus on the City of Johannesburg (Gauteng province, South Africa)
Wayida MOHAMED, Maußen MILES, Asief ALLI, Poppie SERA and Hendrik EWERTS

44

La crise de l'eau ou la perpétuelle gestion des conflits
Léna SALAMÉ

49

Hydro-diplomatie et Nouvelle masse d'eau pour la paix au Moyen-Orient
Fadi Georges COMAIR

56

Water and Climate Change Policy: A Brief History for Future Progress
Maggie WHITE, John H. MATTHEWS, Karin LEXÉN, Sofia WIDFORSS and Diego J. RODRIGUEZ

62

Risques environnementaux et risques sanitaires liés à la contamination des eaux
Pr. Yves LÉVI

Les réponses institutionnelles et financières

65

La gestion de bassin s'impose partout dans le monde pour organiser l'adaptation au changement climatique
Roberto RAMIREZ DE LA PARRA

69

L'adaptation au changement climatique au centre d'une coopération franco-chinoise pour la gestion de l'eau par bassin
Chao LIN et Gwendal LE DIVECHEN

74

La gestion du risque inondation par l'État
Marc MORTUREUX

80

La prévention du risque d'inondation : faut-il se protéger ou s'adapter ?
Stéphanie BIDAULT

85

Les services d'eau et d'assainissement en France : un modèle précurseur, aujourd'hui comme hier
Bertrand CAMUS

88

L'eau douce dans le monde. Comment gérer un bien commun ? *L'action de l'Europe*
Michel DANTIN

92

Le Conseil Mondial de l'Eau : un enjeu mondial pour une ressource locale
Sophie AUCONIE

96

L'*International Water Association (IWA)*, l'association des professionnels de l'eau et de l'assainissement
Diane d'ARRAS

99

Le Partenariat français pour l'Eau : la voix des acteurs français de l'eau à l'international
Jean LAUNAY

HORS DOSSIER

104

Les ressources minérales des grands fonds océaniques : des enjeux environnementaux majeurs
Denez L'HOSTIS

108

Prix du carbone et compétitivité
Fabrice DAMBRINE et François VALÉRIAN

122 Traductions des résumés

134 Biographies des auteurs

Le dossier est coordonné par Pierre ROUSSEL

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

ISSN : 1268-4783
Série trimestrielle • n°86 - Avril 2017

Rédaction

Conseil général de l'Economie, de l'Industrie,
de l'Energie et des Technologies, Ministère de
l'Economie et des Finances
120, rue de Bercy - Télédod 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

François Valérian
Rédacteur en chef

Gérard Comby
Secrétaire général

Delphine Mantiene
Secrétaire générale adjointe

Carine Chauvin
Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier
Correcteur

Myriam Michaux
Webmestre

Membres du Comité d'Orientation

Le Comité d'Orientation est composé des membres
du Comité de Rédaction et des personnes dont les
noms suivent :

Jacques Brégeon
Collège des hautes études de l'environnement
et du développement durable, ECP, INA P-G, SCP-EAP

Christian Brodhag
Ecole nationale supérieure des Mines de Saint-Etienne

Xavier Cuny
Professeur honoraire Cnam, Conseil supérieur
de la prévention des risques professionnels

William Dab
Cnam, Professeur

Thierry Chambolle
Président de la Commission « Environnement »
de l'Académie des technologies

Hervé Guyomard
CNRA Rennes

Vincent Laflèche
Président du BRGM

Yves le Bars
Cemagref

Patrick Legrand
Inra, Vice-président de la Commission nationale du débat
public

Benoît Lesaffre
CIRAD

Geneviève Massard-Guilbaud
Ecole des Hautes études en sciences sociales,
Directrice d'études

Marc Mortureux
Directeur général de la prévention des risques (MEEM)

Alain Rousse
Président de l'AFITE

Virginie Schwartz
Directrice de l'Energie, MEEM

Membres du Comité de Rédaction

Pierre Couveinhes
Président du Comité de rédaction
Ingénieur général des Mines

Pierre Amouyel
Ingénieur général des Mines honoraire

Paul-Henri Bourrelier
Ingénieur général des Mines honoraire, Association
française pour la prévention des catastrophes naturelles

Mireille Campana
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie
Haut fonctionnaire de développement durable

Dominique Dron
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

Pascal Dupuis
Chef du service du climat et de l'efficacité énergétique,
Direction générale de l'énergie et du climat, MEEM

Jérôme Goellner
Chef du service des risques technologiques,
Direction générale de la prévention des risques, MEEM

Jean-Luc Laurent
Directeur général du Laboratoire national de métrologie et
d'essais (LNE)

Richard Lavergne
Conseil général de l'Économie
Ministère de l'Économie et des Finances

Philippe Saint Raymond
Ingénieur général des Mines honoraire

Bruno Sauvalle
Ingénieur en chef des Mines, Mines ParisTech

Jacques Serris
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

Claire Tutenuit
Déléguée générale d'Entreprises pour l'Environnement (EPE)

François Valérian
Rédacteur en chef des Annales des Mines

Photo de couverture :
Vue de l'oasis la plus grande du monde dans la région du
Tafilet, au Maroc. Elle fait partie du programme *Oasis
durables*, lancé par le Maroc, lors de la COP22, pour lutter
contre la désertification.
Photo © COP22

Iconographie
Christine de Coninck

Abonnements et ventes
COM & COM
Bâtiment Copernic - 20 Avenue Edouard Herriot
92350 LE PLESSIS ROBINSON
Alain Bruel
Tél. : 01 40 94 22 22 - Fax : 01 40 94 22 32
a.bruel@cometcom.fr

Mise en page : Nadine Namer

Impression : Printcorp

Editeur Délégué :
FFE - 15 rue des Sablons 75116 PARIS - www.ffe.fr
Fabrication : Charlotte Crestani
charlotte.crestani@belvederecom.fr - 01 53 36 20 46

Régie publicitaire : Belvédère Com

Directeur de la publicité : Bruno Slama - 01 40 09 66 17
bruno.slama@belvederecom.fr

Introduction

Par Pierre ROUSSEL

Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts, président de l'Office International de l'Eau

Vouloir embrasser le vaste sujet de « l'eau dans le monde » en un seul numéro des *Annales des Mines* relève évidemment de la gageure. Des bibliothèques entières sont consacrées à cette question. Il nous a donc fallu faire des choix.

J'ai ainsi choisi d'illustrer un certain nombre d'aspects importants en faisant appel à des contributeurs de régions différentes, et ce, selon un plan simple :

- les enjeux liés au régime physique,
- les enjeux politiques et sociaux,
- les réponses institutionnelles et financières.

Même si plusieurs auteurs sont français, je n'ai pas souhaité traiter spécifiquement de la situation en France (sauf pour la décrire, brièvement, dans cette introduction). En effet (heureusement pour nous !), la France n'est pas le pays où les problèmes sont les plus aigus. J'ai, malgré cela, retenu certains sujets « français », car l'action de la France sur la scène mondiale est importante (de plus, les lecteurs de ces articles seront vraisemblablement majoritairement français).

Malgré ces restrictions et ces choix, l'espace restreint d'un numéro d'une revue m'a contraint à laisser de côté des volets importants. Nécessité fait loi.

Précisons enfin qu'il ne sera évidemment traité ici que de la seule eau douce.

L'eau, objet politique

La ressource

Le stock

97 % de l'eau mondiale (1,3 milliard de milliards de m³) est salée. Restent 3 % d'eau douce, dont 68 % sont constitués de glace.

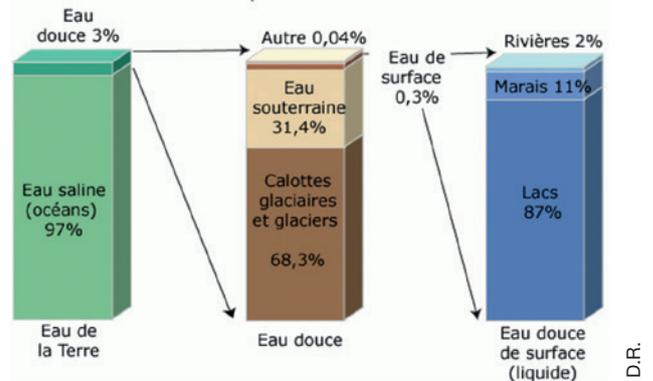


Figure 1 : Répartition sur la Terre de l'eau (eau salée, eau douce et glace) souterraine et de surface. D.R.

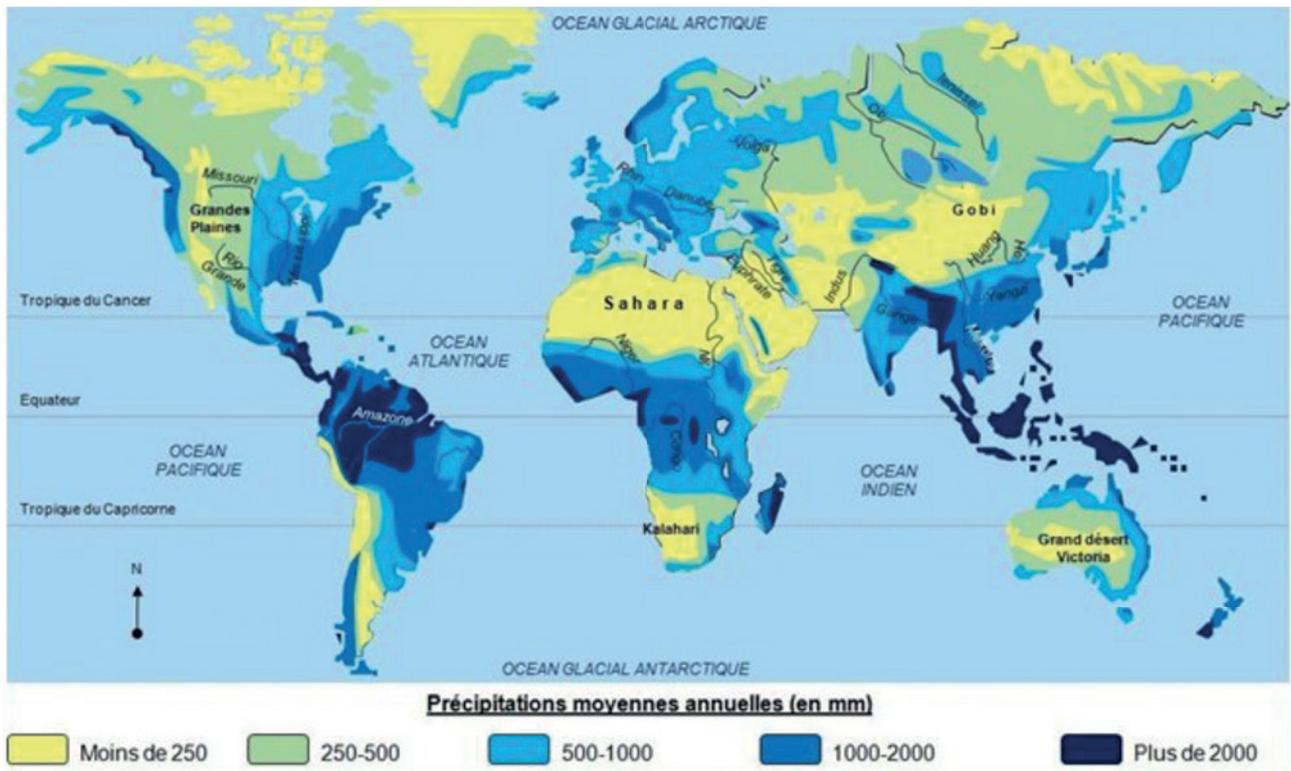


Figure 2 : Répartition mondiale des précipitations moyennes annuelles (pluie et neige) exprimées en millimètres. D.R.

L'eau douce liquide (qui représente, donc, 32 % des eaux douces) est largement constituée de nappes aquifères, l'eau de surface ne constituant qu'un pourcentage infime de la ressource mondiale.

Le flux

Le volume annuel des précipitations sur les continents est d'environ 117 000 km³, dont 44 000 atteignent les fleuves et les nappes. Entre 9 et 14 000 km³ sont mobilisables par l'homme, et 4 000 km³ sont effectivement mobilisés. Parallèlement, 73 000 km³ sont recyclés sous forme de pluie.

Six pays concentrent 54 % des flux annuels en eau douce. Les ressources par pays et par habitant varient dans une proportion de 1 à 20 000 entre les Émirats du Golfe et l'Islande.

Le débit de l'Amazone représente à lui seul 15 % du débit total de tous les fleuves du monde.

Le premier constat à faire est donc que la ressource en eau est très inégalement répartie sur la Terre.

L'approche qualitative de la ressource

Il faut évidemment prendre en compte la qualité de la ressource et la fragilité de celle-ci (ceci sera abordé plus loin).

Le stress hydrique et les pénuries d'eau

Le stress hydrique se définit comme le fait de disposer de moins de 1 000 m³ d'eau renouvelable par an et par habitant ou, pour une population, de consommer plus de 40 % de la ressource renouvelable en eau de son pays.

Ce sont les pays du Sud qui connaissent la plus grave pénurie et ce sont les populations les plus fragiles qui subissent inégalité dans l'accès à l'eau et injustices tarifaires et sanitaires. Ce n'est pas forcément dans les pays les plus arides que les pénuries sont les plus graves.

Les usages

L'irrigation

Globalement, sur 4 000 km³ d'eau mobilisés par an dans le monde, 2 600 le sont par l'agriculture, 400 correspondent

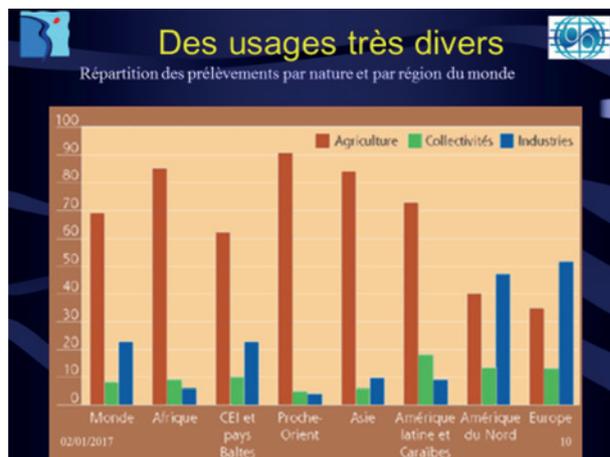


Figure 4 : Les principaux usages de l'eau (agriculture, collectivités, industrie) des grandes régions du monde (en pourcentages).

à l'eau domestique, 800 à l'eau industrielle et 200 à l'évaporation des lacs et des retenues des barrages.

L'eau potable et l'assainissement

Le 28 juillet 2010, l'ONU a reconnu le droit à l'eau potable et à l'assainissement comme étant un droit fondamental.

Selon l'ONU, moins d'un milliard de personnes n'auraient pas accès à l'eau potable. La réalité est hélas plus sombre. Près de 3 milliards de personnes n'ont pas de robinet à domicile ou à proximité, et 4 milliards n'ont pas d'eau courante en permanence.

Pour l'assainissement, la situation est pire : « environ 2,5 milliards de personnes n'ont toujours pas accès à l'assainissement amélioré et 1,2 milliard de personnes pratiquent la défécation en plein air... ; 1,6 million de personnes (principalement des enfants de moins de 5 ans) meurent chaque année de maladies liées à l'eau ou au manque d'assainissement » (1).

(1) Rapport (29 juin 2010) de Mme Catarina de Albuquerque, experte indépendante mandatée par l'ONU : http://www.fp2e.org/userfiles/files/publication/institution/Rapport%20Catarina%20ALBUQUERQUE_eau%20assainissement_Onu_juin10.pdf

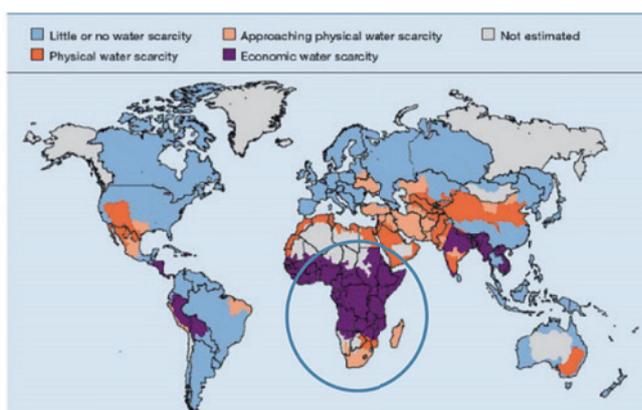
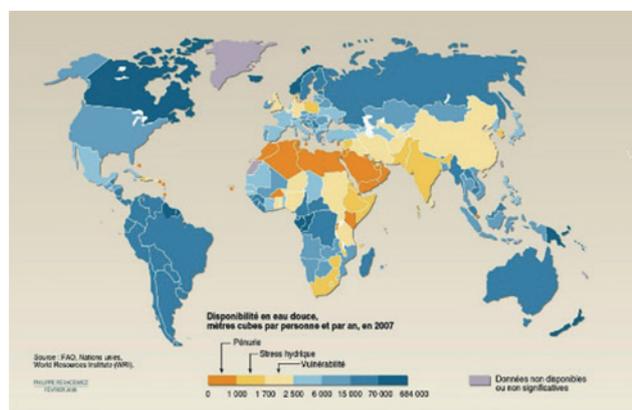


Figure 3 : Les zones du monde atteintes par un déficit (physique et/ou économique) en eau.

Ce problème est aggravé par l'urbanisation croissante du monde. Avec un taux d'urbanisation de 70 % en 2050, il y aurait plus de 6 milliards d'urbains. Le problème de la croissance urbaine est potentiellement explosif.

Il faut aussi considérer les aspects économiques. Dans beaucoup de pays en développement, l'eau n'est pratiquement pas facturée. Notons deux conséquences de cette situation :

- une injustice sociale : l'eau étant un besoin vital, tout le monde est obligé de s'en procurer, d'où la nécessité, pour les plus pauvres, d'acheter de l'eau à un porteur d'eau, qui la vendra peut-être 12 fois plus cher que ce que paiera un riche installé dans un quartier d'une ville desservi par un réseau collectif ;
- un risque sanitaire : la non-facturation se traduit par l'absence de moyens matériels, techniques et humains pour gérer l'eau, dont la qualité n'est pas surveillée, et qui véhiculera donc des germes et des polluants.

L'eau virtuelle

L'eau virtuelle est l'eau qui est contenue dans les marchandises, à laquelle s'ajoute celle qui est nécessaire à la production de biens et de services. En voici quelques exemples : un kilo de viande de bœuf (13 500 litres d'eau virtuelle), un kilo de pommes de terre (150 litres d'eau virtuelle), une tomate (13 litres d'eau virtuelle), un litre de bioéthanol (2 500 litres d'eau virtuelle), un blue-jeans (5 400 litres d'eau virtuelle).

Environ 15 % de l'eau utilisée dans le monde est exportée sous la forme d'eau virtuelle.

La dimension culturelle de l'eau

La vision que les hommes se font de l'eau varie considérablement d'un pays à l'autre ou d'une civilisation à l'autre. Ces considérations sont déterminantes quand il s'agit d'aborder les aspects politiques et économiques de la gestion de l'eau.

Les enjeux géopolitiques de l'eau

Les bassins versants des 215 plus grands cours d'eau internationaux représentent plus de 47 % des terres émer-

gées. Notons également l'existence de plusieurs centaines de nappes aquifères transfrontalières.

Schématiquement, les pays d'amont ont un avantage et un pouvoir non négligeable sur les pays d'aval. Il peut en découler des situations très tendues, dans certaines régions (au Moyen Orient, notamment).

Dans d'autres cas, le fleuve sert de frontière et des difficultés naîtront du statut des eaux du fleuve en matière de navigation, de pêche ou de choix devant être faits en matière d'aménagement.

Tous ces enjeux où se mêlent intérêts publics, diplomatie, économie, solidarité internationale et intérêts commerciaux nous amènent à constater que les idées de gestion intégrée par bassin versant et de partage de la ressource n'évoluent que très lentement. Ces idées progressent, néanmoins. En témoignent, par exemple, les engagements pris lors des COP21 et 22 dans le cadre du Pacte de Paris pour l'eau.

L'incidence du changement climatique

Tous les résultats des modèles du GIEC conduisent à prévoir une augmentation de la température globale et une élévation du niveau de la mer. Les changements climatiques dus aux activités humaines persisteront pendant de nombreux siècles.

Les composantes d'une politique de l'eau

Les fondements

On peut les décrire en sept domaines principaux.

Une vision politique générale

Il s'agit d'avoir une vision conceptuelle et socialement admise de ce qu'est l'eau. De là découleront les grandes options permanentes aussi bien sociales qu'organisationnelles ou techniques.

La planification

La planification s'inscrit dans le temps et l'espace, par exemple au moyen de schémas à moyen ou à long terme. La gestion de l'eau met en œuvre des actions à très long terme (voire débouchant sur des irréversibilités). Il faut disposer d'un diagnostic (état actuel) et d'une instance d'orientation stratégique et de décision (où veut-on aller ?), ainsi que de moyens de suivi (où en est-on ?).

La connaissance

Répondre aux questions évoquées ci-dessus suppose que l'on dispose des données nécessaires. La conception, la mise en place et l'exploitation correctes de réseaux de mesure et de banques de données sont essentielles.

La gestion administrative

Il importe de savoir qui fait quoi, où et comment, et de pouvoir réprimer les abus.

La maîtrise d'ouvrage

Il s'agit de la responsabilité des installations.



D.R.

Figure 5 : Nombre de bassins aquifères transfrontaliers par continent et pourcentages des territoires continentaux concernés.



Figure 6 : Le Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins des fleuves, des lacs et des aquifères (adopté à l'occasion de la réunion de la COP21 en 2015 à Paris, et repris lors de la COP22 à Marrakech).

La gestion technique

Les liens entre le gestionnaire, le propriétaire et le responsable doivent être clairs, cohérents et explicites. Il importe que le responsable ait vraiment les moyens de tenir son rôle et donc qu'il ait réellement autorité sur le gestionnaire.

Un circuit économique stable

Une politique de l'eau suppose des engagements financiers importants et à long terme. Les circuits économiques correspondants doivent garantir les ressources (notamment de manière indépendante des aléas conjoncturels).

Les contraintes

La géographie

Tout usage de l'eau, toute perturbation de son écoulement a des conséquences à l'aval. S'il est possible de transférer de l'eau d'un bassin versant à un autre, cela coûte extrêmement cher et ne peut pas être généralisé, d'où la nécessité d'une solidarité amont-aval.

L'inertie des phénomènes et les irréversibilités qui en découlent

Cela est particulièrement marqué pour les eaux souterraines. Schématiquement, l'eau coule, dans une rivière, à une vitesse de l'ordre du mètre par seconde. Dans une nappe, l'eau s'écoule environ 100 000 fois moins vite. Un

Soutenir et mettre en œuvre le Plan d'Action pour l'adaptation au changement climatique dans les bassins.

En fonction de nos mandats respectifs, nous nous engageons à :

- **Renforcer les capacités et les connaissances :**
 - développer des réseaux de surveillance et d'échange de données à l'échelle des bassins et des systèmes d'information sur l'eau intégrés, permanents, fiables, ouverts, représentatifs, interopérables et faciles d'accès comme outil d'aide à la décision sur les mesures d'adaptation,
 - développer une interface sur les effets du changement climatique et l'eau entre les décideurs et les organismes de recherche sur les sciences environnementales et humaines,
- **Adapter la planification et la gestion par bassin au changement climatique :**
 - à l'échelle des bassins, évaluer les impacts du changement climatique et les vulnérabilités et élaborer des stratégies d'adaptation de la gestion de l'eau au changement climatique,
 - élaborer des plans de gestion de bassin et des programmes d'action pour la mise en œuvre de ces stratégies et de mesures d'adaptation au changement climatique, et organiser des évaluations basées sur des indicateurs adaptés,
 - mettre en place une utilisation plus économe et durable des ressources en eau (y compris souterraines) par la maîtrise de la demande et le développement de l'offre par, entre autres, des programmes d'efficience des usages de l'eau, des mesures de rétention, la modernisation des réseaux, la réhabilitation des eaux usées traitées, la recharge artificielle des aquifères, la récupération des eaux pluviales, l'application du principe pollueur-payeur, etc.,
 - améliorer les services rendus par les écosystèmes liés à l'eau en matière d'adaptation au changement climatique par, entre autres, la protection et la restauration des zones humides et des côtes, la reforestation et d'autres Mesures de Rétention Naturelle des Eaux (NWRM),
- **Renforcer la gouvernance :**
 - renforcer les capacités institutionnelles des organismes de bassin pour l'adaptation au changement climatique au travers des réseaux et des plateformes existants (Réseau Mondial d'Organismes de Bassins pilotes de la CEE-ONU et du RIOB) et améliorer les capacités individuelles de leurs personnels par la formation professionnelle,
 - mettre en place des mécanismes pour impliquer les parties prenantes dans la gestion de bassin, notamment dans l'évaluation des vulnérabilités, la planification et la mise en œuvre des mesures d'adaptation, afin de renforcer la gouvernance participative et améliorer la cohérence des politiques d'adaptation du secteur de l'eau avec les politiques d'adaptation des secteurs connexes (agriculture, énergie, transports, tourisme, aquaculture, etc.),
- **Assurer un financement adéquat :**
 - élaborer des programmes d'investissement et mettre en place des mécanismes de financement durable pour la réalisation des plans et des programmes d'action.

Nous nous joignons aux 348 Organismes déjà signataires du "Pacte de Paris" à l'occasion de la 2^{ème} Conférence des Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique de Paris en décembre 2015.

Nous nous engageons à rendre compte de nos actions et à partager les progrès réalisés à l'occasion des prochaines conférences internationales traitant de l'eau et du climat, au sein des réseaux existants, dont le réseau mondial d'organismes de bassins pilotes CEE-ONU-RIOB et l'initiative sur la Gouvernance de l'Eau de l'OCDE.

Nous nous engageons également à promouvoir la signature de ce Pacte et le Plan d'Action eau et climat.

Nom :	Signé à titre de :
Prénom :	Le gestionnaire :
Titre et qualité :	Signature :
Organisation :	
Pays :	E-mail :

A retourner signé à riob@riob.org avec la photo du signataire.

Les contraintes liées au coût de l'eau

L'irrigation impose que l'on dispose de quantités importantes d'eau à bon marché au bord des champs. L'agriculture valorise peu l'eau.

Cela pose des problèmes très complexes. Les solutions techniques auxquelles on peut songer – dessalement d'eau de mer, grands transferts entre bassins... – ne permettent généralement pas (tout du moins à ce jour) de produire assez d'eau à un prix acceptable.

La gestion de l'eau domestique

Ce débat se centre très vite sur le prix de l'eau et sur les modes de gestion des services. Ces questions ne représentent en fait qu'une partie du problème, qui se décline (à mon avis) en ces trois volets indissociables : qui décide ? Qui paie ? Qui met en œuvre ?

Qui décide ?

C'est sans doute la question à laquelle il est le plus simple d'apporter une réponse (tout du moins en principe) : il revient aux représentants légitimes de la population (élu, gouvernement) de décider des priorités, du financement et de la mise en œuvre des services. Encore faut-il que ces autorités aient les moyens non seulement juridiques, mais aussi techniques, administratifs et financiers d'exercer ce mandat.

Qui paie ?

Tout service a toujours un coût, qui doit être supporté par quelqu'un.

L'analyse des sources de financement peut être faite sur la base des « trois T » : les taxes, les tarifs et les transferts.

- Les taxes consistent à solliciter l'impôt ;
- Les tarifs correspondent à ce qui est payé directement par l'utilisateur ;
- Les transferts correspondent généralement à de l'aide au développement, sous la forme de dons ou de prêts.

La combinaison des trois s'effectue au cas par cas, en distinguant l'investissement du fonctionnement et de la maintenance. S'il n'est pas forcément choquant de financer une partie du fonctionnement par l'impôt, il serait moins judicieux de financer ces mêmes dépenses au moyen de transferts : s'il s'agit de subventions, celles-ci ne seront pas pérennes, et s'il s'agit de prêts, il faudra les rembourser, en faisant appel à d'autres ressources.

Qui met en œuvre ?

Cette question débouche souvent sur le choix entre gestion directe et gestion déléguée. Elle n'est pourtant, à mon avis, pas la plus importante, dès lors que les pouvoirs publics ont les moyens de bien définir leurs choix et de s'assurer qu'ils sont respectés, que l'opérateur soit public ou privé.

La France

L'Europe

On ne peut pas aborder la situation en France sans évoquer d'abord le droit européen, celui-ci s'y imposant di-

rectement à travers un corpus de directives. Ainsi, la directive-cadre d'octobre 2000 définit le cadre de la politique de l'eau, en reprenant certains concepts fondamentaux : gestion par bassin, planification, régime de police, paiement de l'eau. D'autres directives (notamment celles sur les inondations et le milieu marin) reprennent la même philosophie générale.

Des lois fondatrices

La loi du 16 décembre 1964 a posé des acquis essentiels, parmi lesquels la création d'organismes de bassin. Toutefois, la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 a jeté les bases d'une nouvelle politique de l'eau assise sur les usages (et non sur la propriété) de l'eau, sur l'unicité de la ressource, sur sa protection et sur une politique démocratique.

La planification

Dans chaque grand bassin, un Comité de bassin (dans lequel l'État est minoritaire) regroupe tous les acteurs (État, collectivités locales, usagers). Ce Comité établit un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), qui arrête les grandes orientations de la politique à mener à moyen terme (ces schémas directeurs sont donc l'expression d'une ambition pour un bassin, et des moyens permettant de la réaliser). À un niveau géographique plus fin, des schémas d'aménagement et de gestion des eaux précisent les orientations des SDAGE.

La connaissance

Il existe beaucoup de réseaux de mesure qui ont été créés et qui sont exploités par des organismes divers. Dès lors, il a été créé un système d'information sur l'eau qui regroupe tous les organismes publics producteurs et exploitants de données.

La gestion administrative

Reposant sur la police de l'eau exercée par l'État, la gestion administrative de l'eau a deux fonctions :

- le régime d'autorisation et de déclaration

Toutes les installations, ouvrages, travaux ou activités ayant des fins autres que domestiques sont soumis à autorisation préalable (ou à déclaration auprès des services) de l'État. Chacun sait à quel régime son projet est soumis.

- la répression

Complément logique du volet précédent, il s'agit d'une police répressive classique, sous l'autorité de la justice.

La maîtrise d'ouvrage et la propriété des ouvrages

Elles relèvent des collectivités locales, pour ce qui est de l'eau potable et de l'assainissement. En revanche, pour l'entretien des cours d'eau, chaque propriétaire riverain est responsable de la portion de berge qu'il possède et de l'entretien du cours d'eau au droit de celle-ci. Il lui incombe aussi de se protéger contre les inondations.

L'exploitation

Les collectivités locales (en direct) ont le choix entre exploiter elles-mêmes (en direct) les services ou en déléguer la gestion à des sociétés privées. Mais, dans tous les cas,

elles restent responsables du service et gardent la propriété des ouvrages.

Le financement de la politique de l'eau

Deux principes de base sont retenus :

- *le principe du pollueur-payeur*

Celui qui utilise ou pollue l'eau doit en assumer les conséquences financières : cela se traduit par les redevances perçues par les Agences de l'eau.

- *l'eau paie l'eau*

L'usage de l'eau a un prix. Par ailleurs, chaque service de distribution d'eau potable, ainsi que chaque service public d'assainissement, doit être financièrement équilibré. Enfin, celui qui dépollue peut être financièrement aidé pour ce faire, notamment par des subventions.

Les différents acteurs

- *L'État*

L'État fixe les règles et veille à leur application, mais il ne gère pas lui-même. Il intervient peu comme acteur financier. Il se limite à participer à la connaissance des milieux, à aider à la prévention des inondations et à entretenir son domaine propre. L'État est un régulateur, mais pas un opérateur.

- *Les collectivités locales*

Elles ont un rôle essentiel : responsabilité, et éventuellement gestion directe des services publics, mais aussi responsabilité des maires (par exemple, en matière d'urbanisme ou de sécurité publique).

- *Les organismes de bassin*

Ce sont les lieux d'excellence de l'expression de la solidarité et de la démocratie au niveau du bassin. Cet aspect est un des acquis essentiels de la loi de 1964.

- *Les Comités de bassin*

Ils sont les lieux centraux de définition des grandes orientations de la gestion de l'eau dans les bassins.

- *Les Agences de l'eau*

Elles perçoivent les redevances payées par les usagers de l'eau et aident financièrement des travaux de dépollution, de recherche d'eau, d'amélioration de la ressource ou d'alimentation en eau potable, etc. Elles ont aussi un rôle important d'étude, de planification, d'animation et de conseil au bénéfice des usagers.

Il est à noter que la récente loi sur la biodiversité leur confie également des missions concernant la biodiversité « générale », ainsi que l'essentiel du financement de la nouvelle Agence française de la Biodiversité.

Leurs conseils d'administration regroupent paritairment des représentants de l'État, des collectivités locales et des usagers de l'eau. Ils ont notamment la responsabilité de voter le barème des redevances applicables et le barème des aides.

- *Les entreprises privées*

Ce sont des prestataires de service. Leur dimension, leurs compétences techniques, ainsi que la diversité des services qu'elles offrent leur donnent une influence considérable dans la vie des collectivités locales.

En guise de conclusion

Le seul but de ce panorama est de tenter de mettre en évidence les enjeux et les principes fondamentaux d'une politique de l'eau.

C'est un défi très ambitieux que de faire sortir nos pré-occupations d'un cénacle restreint de spécialistes pour sensibiliser le grand public à ces questions qui nous concernent tous, maintenant et dans l'avenir. Il reste encore un long chemin à parcourir.

Agir pour l'eau au sein de la Convention Climat

Par Jean-Luc REDAUD

Président du groupe Eau et Climat du Partenariat français pour l'Eau (PFE), membre de l'Académie de l'Eau

L'Accord de Paris qui a été adopté lors de la COP21 (en décembre 2015) est globalement présenté comme un succès ayant donné un cadre de coopération renforcé et universel pour l'avenir, grâce à son objectif de limiter la hausse des températures à moins de 2°C, à l'engagement des pays participants à s'orienter vers des économies bas carbone résilientes aux changements climatiques, à son affichage d'un plafonnement des émissions de gaz à effet de serre d'ici à la fin de ce siècle, à un ensemble de contributions volontaires des États (INDCs) et de « solutions » proposées par de nombreux acteurs non étatiques et, enfin, grâce à son soutien aux besoins d'adaptation ou de compensation des pertes et dommages, répondant ainsi aux menaces pesant sur les pays pauvres.

Mais en dépit du lien indissociable existant entre l'eau et le climat, force est de constater que cette intégration est encore faible dans les négociations et les politiques publiques.

L'on a cependant observé une évolution certaine, notamment à l'occasion de la COP21 (à Paris) et de la COP22 (à Marrakech), qui tend vers une meilleure prise en compte de la thématique de l'eau du fait d'une meilleure connaissance des impacts qui nous menacent et, pour beaucoup, de la place grandissante qu'occupent les considérations liées à l'adaptation dans les réflexions des participants aux COP ⁽¹⁾.

Eau, atténuation, adaptation et développement

Aucune mention explicite de l'eau n'est incluse dans l'Accord de Paris. Toutefois, plusieurs points contenus dans cet accord permettent d'y rattacher la question de l'eau :

- la référence à divers accords internationaux, en particulier à l'Agenda 2030 des Objectifs de Développement Durable (ODD), qui comporte un objectif spécifique sur l'eau (ODD6) ;
- l'accent mis, dans les contributions déposées par les États, sur ce dossier : 93 % des contributions nationales des États déposées pour la COP21 comportaient un volet « adaptation » mentionnant l'eau.

Alors que les divers programmes de réduction des gaz à effet de serre (GES) relèvent d'une approche globale, les impacts des changements climatiques sur le régime des eaux seront très diversifiés géographiquement et relèveront d'approches locales liées aux bassins versants d'alimentation, et ce, tant pour les eaux superficielles que pour les nappes souterraines. Les perspectives de fortes modifications du régime des eaux (inondations, sécheresses, typhons) apparaissent comme l'une des préoccupations

majeures à avoir été identifiées au titre des impacts des changements climatiques. Ce secteur de l'eau peut offrir des solutions concourant à la réduction des GES (économies d'énergie et production d'énergie), mais c'est généralement surtout en termes d'adaptation qu'il est évoqué.

L'adaptation (au changement climatique) figure désormais en tant qu'objectif à poursuivre, à égalité avec l'atténuation. En l'absence d'une définition consensuelle de l'adaptation, il ne peut y avoir d'indicateurs clairement affichés sur ce sujet. Atténuation, adaptation et développement relèvent de processus qui peuvent être complémentaires, mais qui peuvent aussi être parfois contradictoires : le lien entre objectifs « climat » et ODD reste, de ce point de vue, à être mieux expertisé, si l'on veut, demain, promouvoir des projets de développement qui soient climato-sympathiques.

On peut noter que dans les INDcs, l'adaptation ressortit à une demande claire de soutien émanant des pays du Sud,

(1) Les considérations exprimées dans cet article sont issues des travaux et des propositions développées au sein du Partenariat français pour l'Eau (PFE). On pourra trouver sur le site du PFE une série d'études et de notes venant en appui des considérations développées dans la suite de l'article.

avec des priorités affichées sur quelques sujets majeurs comme la gestion des ressources en eau, l'agriculture et la santé. La protection contre les catastrophes naturelles est une autre demande forte des pays pauvres les plus menacés : elle fait l'objet d'un traitement particulier (« *loss and damages* »).

La COP22, placée sous la présidence du Maroc, a été marquée par deux événements majeurs : d'une part, la ratification préalable, par plus de 110 pays, de l'Accord de Paris, qui permet l'entrée en vigueur rapide de cet Accord, et, d'autre part, l'élection de Donald Trump à la présidence des États-Unis, qui suscite des craintes quant à un changement de cap de ce pays.

Sur le plan diplomatique, la COP22 avait été annoncée comme celle de l'action pour la mise en œuvre de l'Accord de Paris. Elle aura surtout été la COP de la préparation de l'action en initiant la préparation d'un cadre de mise en œuvre. Elle aura été largement consacrée aux pays les plus vulnérables (notamment aux pays africains). Les négociations ont été lentes et difficiles, tout en permettant certaines avancées. Le mode de fonctionnement de cette COP de Marrakech et le rythme des négociations semblent être redevenus ceux qui avaient prévalu avant la conclusion de l'Accord de Paris. Sur ce point, on ne peut que noter un certain décalage entre la lenteur des négociations entre les États et l'urgence (rappelée par les scientifiques) d'organiser un changement de cap, dont les effets, s'il intervenait dès aujourd'hui, ne se feraient sentir, au mieux, que postérieurement à 2050.

Les discussions sur le « dialogue de facilitation » (qui aura lieu en 2018) visant à clarifier la manière dont seront rehaussés et évalués les engagements des États n'ont pas permis de parvenir à un consensus. Les débats à ce sujet ont été ajournés, dans la perspective de la tenue de la COP23 prévue à Bonn, en fin d'année 2017.

À l'occasion de la tenue de la COP22 au Maroc, ce pays s'est particulièrement engagé sur la thématique de l'eau en organisant à Rabat, les 11 et 12 juillet 2016, une Conférence internationale Eau et Climat préparatoire à la COP22. L'eau a été très présente au sein des débats organisés dans les diverses enceintes de la COP, et une journée officielle a été consacrée aux solutions envisageables, une initiative «*Water for Africa*» a été lancée et une alliance internationale multi-acteurs, «*Climateiswater*», a été largement popularisée.

Mais un décalage évident a été ressenti entre les négociations officielles et un foisonnement d'activités d'acteurs non étatiques (collectivités, entreprises, ONG...) concrétisé par les engagements pris par plus de 77 coalitions multi-acteurs. On ne peut que regretter qu'aucune mesure concrète n'ait été prise en matière de renforcement de l'action pré-2020, à l'exception du Partenariat de Marrakech, lancé par les championnes du climat, pour poursuivre la mobilisation des acteurs non étatiques, qui devrait faire l'objet de bilans intermédiaires avant chaque COP.

Les derniers rapports de la communauté scientifique tirent la sonnette d'alarme sur les retards pris au regard du changement de cap de la montée des GES et de ses consé-

quences : le rapport 2016 de l'UNEP sur les émissions de GES confirme une hausse de celles-ci qui nous conduit plutôt vers 3 à 4°C de réchauffement à la fin du siècle ; les contributions actuelles déposées par les États restent éloignées de l'objectif de la neutralité carbone, qui devrait être atteint à l'horizon 2050 pour assurer la limitation aux 2°C ; plusieurs études pointent un risque de montée du niveau des océans beaucoup plus important qu'attendu ; l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) vient de confirmer que 2016 a constitué un nouveau record de hausse (de 1,2°C) et le XXI^e siècle devrait compter 16 des 17 années les plus chaudes constatées depuis le début des relevés (la première remontant à 1998).

2016, nouveau record

le XXI^e siècle compterait 16 des 17 années les plus chaudes constatées depuis le début des relevés

Anomalies de la température depuis la fin de l'ère pré-industrielle

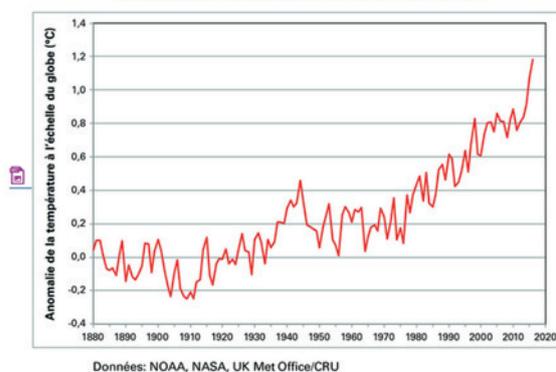
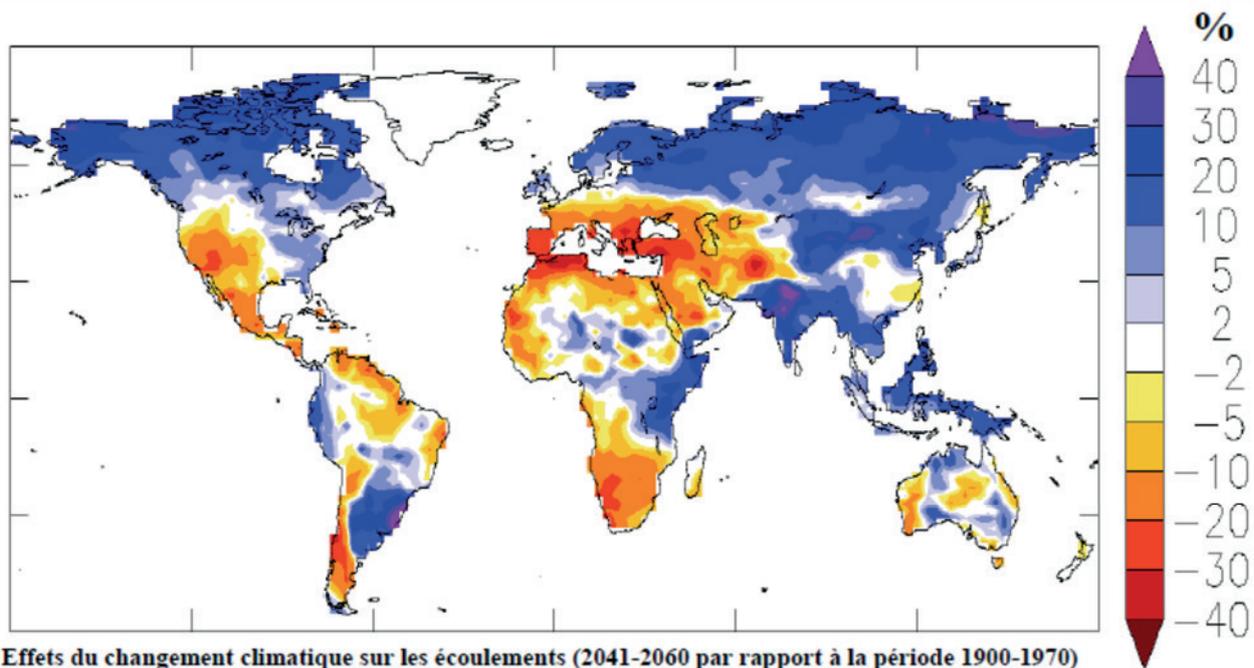


Figure 1 : L'évolution du réchauffement climatique depuis le début des relevés de températures (1880).

Les impacts du changement climatique sur le monde de l'eau

Les conséquences des changements climatiques sur le fonctionnement des cycles de l'eau de notre planète ont été décrites dans le cinquième rapport du GIEC et elles ont fait l'objet d'une note de décryptage, jointe, du PFE. Elles sont très variables géographiquement et font l'objet de multiples incertitudes. Mais, globalement, le GIEC note une probable aggravation de la situation des régions déjà touchées par des excès ou des pénuries d'eau. Chaque degré d'augmentation des températures par rapport au scénario des 2°C aggravera ces phénomènes, du fait notamment des modifications des régimes des pluies et de phénomènes d'évapotranspiration : le GIEC estime qu'un degré Celsius de température supplémentaire réduirait de 20 % les ressources en eau renouvelables pour au minimum 7 % de la population mondiale. Les variations des phénomènes d'évapotranspiration modifient profondément les cycles régionaux de l'eau (en France, moins d'un tiers des apports pluviométriques alimentent les nappes et les rivières, la plus grande partie des pluies étant évaporée ou transpirée par la végétation). Il est à craindre, malheureusement, que certaines régions de la

Changement climatique : baisse annoncée des écoulements



Source: *Global warming and water availability, P.C.D., Milly, United States geological survey (USGS).*

Figure 2 : Les effets du changement climatique (augmentation ou diminution) en matière d'écoulement des eaux planétaires : prévision pour la période 2041-2060 en comparaison avec la période 1900-1970.

planète connaissent des cas extrêmes de désertification ou d'inondations fluviales ou marines pouvant entraîner des mouvements de migration climatique.

Pour la France, les scénarii prévisionnels de l'étude Explore 2070 du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer montrent des évolutions contrastées liées à la diversité des contextes géographiques, avec des prévisions de forte réduction des écoulements des rivières en périodes d'étiage, dans le Sud-ouest de la France et dans le Bassin parisien.

Mieux connaître pour mieux gérer

Une bonne gestion des ressources en eau implique que l'on dispose de réseaux de connaissances de terrain pérennes reposant sur l'acquisition de données hydrologiques, de systèmes d'information permettant de confronter ressources et usages, et de modèles hydro-climatiques. Les spécialistes du secteur notent une dégradation majeure des systèmes d'acquisition des données de base, qui a pour effet d'affaiblir fortement les capacités d'expertise. De ce point de vue, la situation est particulièrement critique en Afrique. Selon une étude publiée par le PFE pour la COP22 basée sur les données du Système d'information sur les ressources en eau SIREM (programmes WHYCOS et HYCOS pilotés par IRD), l'on observe une chute brutale des données hydrométriques collectées (le nombre des débits journaliers et/ou mensuels par année, pour l'Afrique, est retombé ces dernières années à celui

des années 1950, après être passé par un pic à la fin des années 1970). Ce point mériterait de faire l'objet d'une expertise à l'occasion du prochain rapport du GIECC.

Des solutions multiples sont à notre disposition

À l'invitation des Nations Unies, plusieurs milliers de projets d'atténuation et d'adaptation ont été enregistrés dans les plates-formes LPAA et NAZCA, dont une grande partie concerne le domaine de l'eau. Cela traduit une forte mobilisation de multiples acteurs non étatiques en faveur de la lutte contre les changements climatiques, même si la qualité et le suivi des solutions laissent encore souvent à désirer.

Les professionnels du secteur de l'eau ont développé de nombreuses solutions en termes d'atténuation (économies d'énergie, production d'énergie - notamment par méthanisation), mais le secteur de l'eau est principalement concerné par les solutions à apporter en termes d'adaptation aux problèmes d'excès ou de pénurie d'eau et de lutte contre les risques de catastrophes naturelles (voir le recueil de bons « savoir-faire » mis en œuvre par les acteurs français sur le site du PFE).

Un consensus s'est établi entre les acteurs de l'eau sur les orientations suivantes :

a) Les changements climatiques nous obligent à revoir nos horizons de réflexion classiques de gestion des eaux : ils génèrent de nouveaux champs d'incertitudes qui doivent

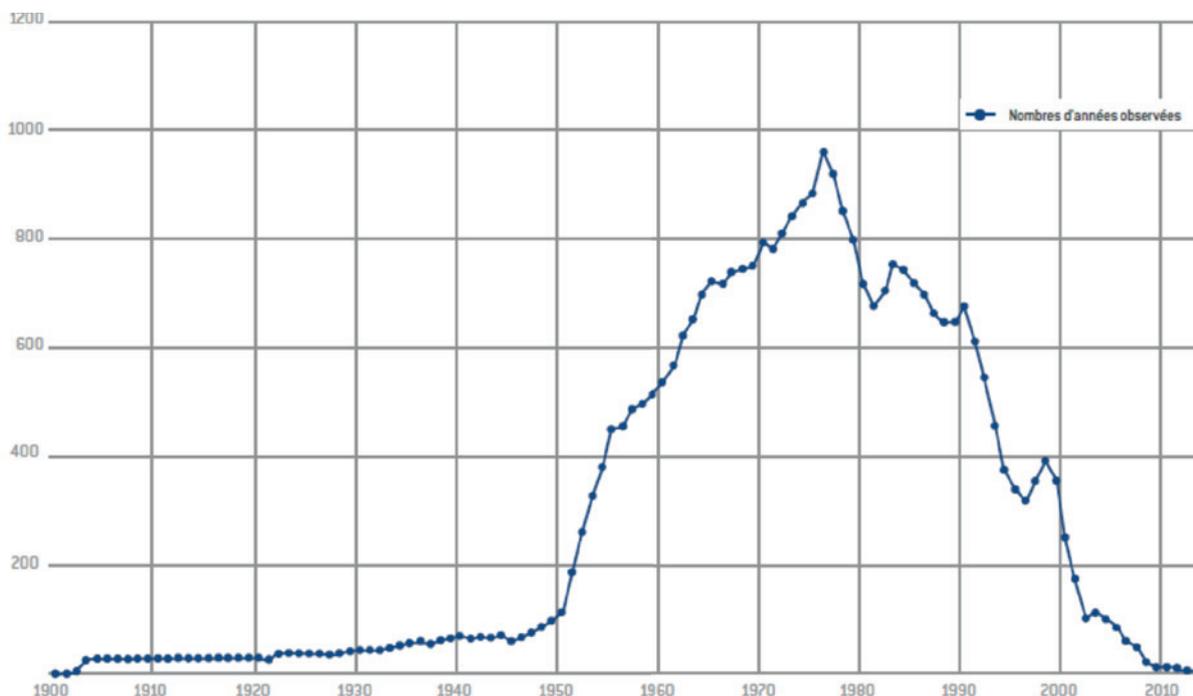


Figure 3 : Depuis le milieu de la décennie 1970, l'on assiste à une régression constante du nombre des relevés de mesure des débits journaliers des cours d'eau réalisés en Afrique (source : base de données SIEREM).
Source : Plaquette PFE 2016 « Mieux connaître pour mieux gérer ».

nous conduire à réviser nos modèles de planification des ressources en eau ;

b) Dérèglements climatiques et changements globaux sont étroitement liés en termes d'impacts et de conséquences pour la gestion quantitative et qualitative des ressources en eau ;

c) La résilience doit être intégrée en tant que nouveau critère d'évaluation des activités et des solutions proposées.

Cela plaide pour un renforcement et une modernisation des outils de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

En France, les inflexions à apporter à nos modèles de planification des eaux liées au changement climatique ont fait l'objet de nombreux travaux d'étude à l'initiative des Agences de l'eau et des établissements publics territoriaux de bassin (EPTB) (Programme PIREN-Seine, Garonne 2050, Durance, Meuse, etc.) et elles sont intégrées, désormais, dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Au-delà des contraintes quantitatives sont examinés les impacts du changement climatique sur de nombreux autres facteurs liés à des variations attendues de la température ou de l'hydrologie des eaux libres : qualité des eaux, hydro-écologie, devenir de la faune, de la flore, vecteurs de maladies, etc.

Sur le plan international, les contributions des États déposées en vue de la COP21 (de Paris) ont montré une préoccupation majeure des pays du Sud pour les conséquences des changements climatiques, en termes d'adaptation, et il apparaît dans les propositions déposées que le secteur

de l'eau représente l'essentiel des actions à mener – qu'il s'agisse d'améliorer la gestion de l'offre (barrages, transferts, réutilisation d'eaux usées traitées, etc.) ou la gestion de la demande (économies d'eau, lutte contre les pollutions, recyclage, etc.).

En France, la contrainte climatique a conduit les Agences de l'eau, les collectivités locales et les professionnels à « revisiter » les modes traditionnels d'intervention du secteur en privilégiant à l'avenir, par exemple, des modes de re-perméabilisation des sols (en milieu urbain comme en milieu rural), les économies d'eau ou des projets proches de l'économie circulaire comme celui de la station d'épuration du futur (qui sera à la fois productrice d'énergie, d'eau et de déchets recyclables). À l'étranger, pour l'alimentation en eau potable et l'assainissement, un recours accru aux unités de dessalement et à la réutilisation des eaux usées traitées est d'ores et déjà la solution qui a été retenue par de nombreuses villes. Les solutions seront plus difficiles à trouver pour les petites unités rurales menacées de pénurie.

Les principaux problèmes d'adaptation au changement climatique en ce qui concerne les ressources en eau sont liés à l'énergie, mais aussi, et surtout, au devenir des activités agricoles.

Pour l'énergie, le potentiel de production hydroélectrique encore valorisable dans certains pays apparaît important. Les problèmes liés aux besoins en eau pour le refroidissement des unités thermiques de production ont déjà dû faire l'objet de mesures de régulation pour nos centrales nucléaires françaises en bordure de rivières. Les exploitations de gaz de schiste nécessitent de forts volumes

d'eau et provoquent des contaminations chimiques. Les liens entre eau et énergie sont étroits, et ils sont à leur tour étroitement liés aux besoins de développement : la croissance des besoins en énergie augmentera l'empreinte eau de ce secteur au vu des besoins et des impacts sur la qualité des eaux des systèmes de production d'énergie conventionnels ou nouveaux (comme les gaz de schiste), qui garderont une place importante pour plusieurs dizaines d'années encore. Corrélativement, le secteur de l'eau est un secteur dont les besoins en énergie sont appelés à croître, du fait des pompages ou d'unités de traitement de plus en plus sophistiquées (dessalement). La contribution réelle du secteur de l'eau, tous usages confondus, au réchauffement global est certainement sous-estimée.

Le cas de l'agriculture est multifactoriel, car c'est le complexe température/eau/sols/variétés culturales qui va déterminer les évolutions futures : la plus grande partie de l'eau « valorisée » en agriculture l'est en « agriculture pluviale », celle qui a des problèmes d'adaptation importants à affronter (gestion des sols, choix des semences, risques d'extension de zones de désertification), l'agriculture irriguée ayant, quant à elle, à résoudre des problèmes plus classiques d'adaptation offre/demande pouvant passer par la création de nouvelles ressources en eau, par des programmes d'économies d'eau ou par des changements de cultures. Le développement de l'agro-écologie ou d'une agriculture raisonnée économe en intrants (les engrais contribuent à la production de GES), mais à la productivité élevée, devrait être préféré aux modèles d'agriculture intensive des années récentes. Une amélioration de la gestion des sols agricoles est intéressante pour de multiples raisons, mais elle n'aura qu'un effet limité de « puits » pour les GES et elle ne saurait nous affranchir ni des stratégies de réduction des GES préconisées par ailleurs ni de nécessaires économies d'eau à réaliser dans ce secteur.

Au sein du *Global Climate Action Agenda* (GCAA), quatre initiatives visent spécifiquement le secteur de l'eau :

- le Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins des fleuves, lacs et aquifères ⁽²⁾ ;
- l'Alliance des entreprises pour l'eau et le changement climatique ⁽³⁾ ;
- l'Alliance des mégapoles pour l'eau et le climat ⁽⁴⁾ ;
- l'Alliance pour le dessalement.

Les attentes des acteurs de l'eau

À l'issue de la COP22, les enseignements suivants peuvent être retenus :

- le besoin est affirmé de traiter le dossier adaptation à l'égal du dossier atténuation. L'eau est au cœur des demandes liées aux menaces identifiées et exprimées ;
- les pays développés ont réitéré leur objectif d'atteindre les 100 milliards de dollars de crédits annuels promis à partir de 2020. Cependant, de sérieuses divergences subsistent entre les attentes des pays du Sud et la réalité des crédits mis en place, ainsi qu'en ce qui concerne la répartition de ces fonds entre les mesures d'adaptation et les mesures d'atténuation ;

- les discussions préparatoires en vue d'un programme de travail sur l'agriculture, seul secteur pris en compte dans les négociations, n'ont pas permis de parvenir à un consensus ;
- l'engagement de rouvrir le dossier des pertes et dommages liés aux catastrophes naturelles ;
- le besoin (exprimé notamment par les pays africains) d'un appui de la communauté internationale pour améliorer les capacités des États à transformer les contributions volontaires en programmes d'actions climatiques et à concevoir des projets qui répondent aux critères des bailleurs de fonds. Ces derniers, en particulier l'Agence Française de Développement (AFD), ont tous annoncé leur volonté de mieux soutenir les pays dans ce domaine.

Les acteurs français de l'eau réunis autour du Partenariat français pour l'Eau comptent poursuivre leur plaidoyer, pour le proche avenir, développant ces priorités, qui méritent d'être complétées comme suit :

- Montrer que les projets liés à l'eau peuvent, eux aussi, concourir à l'atténuation.

Les acteurs de l'eau peuvent contribuer de façon relativement importante à la réduction des émissions de gaz à effet de serre à travers une meilleure gestion de l'énergie liée aux différents usages de l'eau. L'eau peut également être un moyen durable de production d'énergie.

- Assurer une cohérence avec les Objectifs de développement durable.

Les changements climatiques rendent plus difficile l'atteinte des Objectifs de développement durable (ODD), en particulier celle de l'ODD6, qui est ciblé sur l'eau.

- Mobiliser des financements adaptés : à terme, 50 % des fonds « climat » devraient être dédiés à l'adaptation ; l'eau devra ainsi constituer l'une des priorités fortes.
- Améliorer les connaissances pour mieux cibler des priorités géographiques et thématiques.
- S'unir pour plus de visibilité : la communauté internationale de l'eau doit être unie et mieux se faire comprendre de celle du climat, mais aussi de celles de l'énergie et de l'agriculture.

Vers la COP23 : un déficit démocratique à combler

La lenteur du dispositif onusien de négociations interétatiques peut faire craindre l'absence de décisions concrètes sur la révision, à la hausse, des ambitions pour rester sur la fenêtre des 2°C, comme sur la mise en place de stratégies ambitieuses d'adaptation que réclament les pays pauvres les plus menacés, alors même que toutes les études scientifiques convergent pour réclamer un

(2) http://www.riob.org/IMG/pdf/Pacte_Paris_F_version_Non_COP_V17.pdf

(3) http://www.afep.com/uploads/medias/documents/151102-Business_Alliance_for_Water_final_%20version%20fran%C3%A7aise.pdf

(4) https://eaumeqa2015.sciencesconf.org/conference/eaumeqa2015/20151123_Megacities_alliance_for_Water_binder.pdf

changement de cap avant 2020. La question de l'eau est encore loin d'être prise en compte au sein du système de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). La tenue de la prochaine COP (la 23^{ème}) a été programmée à Bonn, en Allemagne, ville siège de l'UNFCCC, sous la présidence des Îles Fidji, et la suivante aura lieu à Varsovie : ce seront là, peut-être, deux occasions, pour l'Europe, de dynamiser ce processus onusien.

Il ne sera guère possible de progresser sans une plus forte mobilisation, car les discours scientifiques, politiques et médiatiques sur la gravité des phénomènes et sur les solutions et sur le chemin de la transition (division des émissions de GES par 4 pour la France, et par 2 pour l'ensemble du monde d'ici à 2010) sont spontanément interprétés comme impliquant des réductions des niveaux de vie.

La forte mobilisation des collectivités locales, des entreprises et des ONG pour montrer que de nouvelles solutions moins agressives pour notre environnement sont disponibles est une bonne raison de croire que des changements de cap sont à notre portée. Mais un effort considérable doit être entrepris pour impliquer les populations, montrer que de nouveaux modes de vie « désirables » dans un monde à bas carbone sont possibles et donner des garanties d'accès à de meilleures conditions de vie aux habitants des pays les plus pauvres.

La société civile a un rôle important à jouer pour sensibiliser l'opinion publique sur l'importance d'intégrer l'eau dans ces stratégies et pour mobiliser les gouvernements et les inciter à adopter des mesures allant en ce sens.

L'eau, l'alimentation et le climat : revenir aux sources du développement durable

Par Guillaume BENOIT

Membre du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER)

Le changement climatique accroît les besoins en eau de l'agriculture et menace directement la sécurité alimentaire. Dans sa livraison du 19 janvier 2017 *, la revue *Nature* annonce des baisses de rendement aux États-Unis de 49 % pour le maïs, de 40 % pour le soja et de 22 % pour le blé, d'ici à 2100, en cas d'exposition prolongée à des températures comprises entre 30 et 36°C et pour cause de stress hydrique. L'irrigation y est identifiée comme la solution clé de l'adaptation. Des progrès seront nécessaires partout dans le monde, y compris en France, où les politiques publiques de l'eau et de l'adaptation au changement climatique ne répondent pas à ces enjeux. Nous rappellerons ici les différences de disponibilité en eau, nous soulignerons l'existence d'un déficit de visions et de gestion intégrée des ressources naturelles et nous présenterons quelques solutions émergentes pour un développement durable. Enfin, nous mettrons en lumière les nécessaires mutations à opérer dans les politiques publiques.

[* Schauberger et al., "Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models"].

Un déficit de visions et de politiques intégrées

Les ressources rurales – l'eau douce, les sols, la forêt, la biodiversité, l'agriculture et ses savoir-faire – sont vitales pour l'avenir du monde. Leur bonne gestion et valorisation déterminent en effet la capacité de répondre à la demande alimentaire à un coût acceptable pour les populations, ainsi que l'équilibre écologique, socio-économique et territorial.

Cependant, les différents acteurs concernés par le climat, les milieux (eau, air, sols, littoral), la biodiversité, l'agriculture, les espaces urbains, l'énergie et le commerce international sont enclins à privilégier exclusivement leur domaine sans considérer suffisamment leurs interactions avec les autres. Les communautés dites de l'environnement – climat, biodiversité, eau – ont tendance à prendre insuffisamment en compte les enjeux du développement économique et social et de la sécurité alimentaire, et même parfois à s'ignorer ou à se contredire entre elles (voir l'Encadré de la page suivante). De son côté, l'économie a tendance à concentrer les investissements sur les seules zones dites rentables en ignorant l'importance de l'équilibre territorial et des externalités (positives ou négatives) générées sur l'environnement.

Pourtant, les ressources naturelles sont intrinsèquement interdépendantes et l'on doit penser leurs interrelations et leur gestion intégrée en termes de solutions, si l'on veut pouvoir relever les défis croisés de la sécurité alimentaire et du changement climatique.

Différents contextes régionaux, différents types de politique publique

Sur la planète, on peut distinguer aujourd'hui plusieurs niveaux de développement, de situation hydrique et de politique publique. Pour en illustrer la diversité, nous aborderons ici les zones sud-méditerranéenne, africaine et européenne.

Dans les pays méditerranéens du Sud (du Maroc à la Syrie), l'eau est une ressource rare et surexploitée. La demande totale représente 105 % de la ressource conventionnelle potentielle, et 30 % de l'eau mobilisée au Maghreb est d'origine « non durable » (prélevée par surexploitation des nappes renouvelables ou dans des nappes fossiles). Depuis les années 1960, les États ont donné une priorité politique à la création de grands ouvrages (barrages, transferts) et à l'aménagement de grands périmètres irrigués. Cette politique s'accompagne maintenant d'une politique volontariste de promotion d'une agriculture économe en

- La Directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne ne fait mention ni du changement climatique ni de la sécurité alimentaire, alors qu'il n'y a pas d'agriculture possible sans eau et que l'impact du changement climatique met très directement en péril la production alimentaire et l'accès à l'alimentation.
- La même Directive ne s'occupe que des eaux dites « bleues » (les eaux « pompables ») et elle n'a d'autres objectifs que le bon état ou le bon potentiel écologique des seules « masses d'eau » de l'Union, ignorant ainsi l'importance pourtant cruciale des interactions, d'une part, entre eaux vertes (l'eau de pluie imprégnant les sols et directement utilisée par les plantes), eaux bleues et sols, et, d'autre part, entre pays riches en eau et pays pauvres en eau.
- L'Accord de Paris sur le climat (COP21) ne fait aucune mention de l'eau, alors que l'eau est avec l'agriculture l'une des deux priorités en termes d'adaptation ressortant des Contributions nationales à la COP21 (INDCs).
- Dans les Objectifs du développement durable (ODD), les cibles de l'objectif « eau » sont focalisées sur les services d'eau potable et d'assainissement, l'eau pour l'agriculture n'étant incidemment mentionnée que dans le cadre des cibles relatives à l'efficacité des différents usages, alors qu'elle représente plus de 90 % de la ressource mobilisée (eaux bleues et eaux vertes) et que le grand défi posé au monde est de pouvoir nourrir durablement 10 milliards de personnes en 2050.
- Les politiques publiques n'ont guère permis jusqu'ici d'apprécier et de rémunérer, en corollaire au principe du pollueur-payeur, les services environnementaux rendus par l'agriculture : stockage de carbone dans les sols, capacité à mettre sur le marché des produits bio-sourcés (bioplastiques, chimie verte...) en substitution à des produits conventionnels émissifs de gaz à effet de serre, infiltration de l'eau et recharge des nappes phréatiques, contribution à la prévention des risques d'inondation et d'incendie, maintien ou création de paysages de haute qualité écologique et touristique, équilibres territoriaux...

eau et de mobilisation d'eaux non conventionnelles (réutilisation des eaux grises, désalinisation). Les zones d'agriculture pluviale et les régions de montagne, en amont des barrages, ont cependant encore peu bénéficié de l'effort de développement. La pauvreté rurale est forte, la productivité de l'agriculture est faible et les sols sont dégradés, avec de graves phénomènes d'érosion. Les inégalités territoriales sont considérables.

Dans les pays d'Afrique de l'Ouest, l'eau est une ressource abondante encore peu mobilisée ⁽¹⁾ faute de capacités suffisantes, et les ressources rurales demeurent mal valorisées. Essentiellement pluviale et vivrière, l'agriculture reste principalement une activité de subsistance, hors filières exportatrices (café, cacao, coton...). Les sols sont très dégradés. La pauvreté est élevée et les jeunes partent pour la ville. Le développement de la production se fait par extension horizontale sur de nouvelles terres, et non par l'amélioration des rendements, lesquels demeurent dramatiquement bas. La déforestation qui en résulte est le principal facteur d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Le potentiel de progrès est cependant élevé. Des leaders paysans et des collectifs agricoles de qualité ont émergé et des jeunes reviennent dans leurs villages grâce à l'irrigation et à la transformation et valorisation des produits. Des progrès à grande échelle seraient possibles, avec des politiques d'appui, commerciales et d'infrastructures appropriées.

En Europe, notamment en France, où la population, très majoritairement urbaine, est sensible aux questions écolo-

giques, la politique de l'eau est aujourd'hui centrée sur des objectifs environnementaux en matière de ressources et sur l'eau potable et l'assainissement en matière d'usages. Les ressources en terres arables s'amenuisent continuellement par étalement urbain et par déprise agricole. Sur les territoires restants, l'agriculture est soumise à une forte régulation de ses prélèvements d'eau d'irrigation, sans pouvoir faire aboutir les solutions (retenues, transferts, réutilisations...) qui sécuriseraient la production sans dégrader globalement l'environnement. L'administration a financé la destruction d'ouvrages de seuils et de retenues et aucun des scénarios de la prospective « *Explore 2070* » ⁽²⁾ n'a envisagé une politique volontariste d'accroissement du stockage qui permettrait, en réponse aux nouveaux besoins, de reporter une petite part des larges excédents hivernaux en vue de leur utilisation durant les périodes déficitaires. Dans ce contexte, tous les scénarios explorés annoncent des risques d'impasse, y compris pour les milieux naturels. Or, si de nombreux bassins versants sont aujourd'hui classés en déficit quantitatif à l'étiage, la France ne manque ni de ressources ni de potentiel, et des solutions d'ajustement de l'offre à la demande sont possibles. Tous secteurs confondus, la totalité de l'eau réellement

(1) En Afrique de l'Ouest, l'ensemble des prélèvements ne représente que 3 % de la ressource renouvelable.

(2) L'étude « *Explore 2070* », finalisée en 2012 par le ministère en charge de l'Environnement, avait pour objectif d'étudier l'impact du changement climatique sur les milieux aquatiques et sur la ressource en eau, et d'élaborer et d'évaluer des stratégies d'adaptation.

utilisée (la quantité évaporée par les différents usages ⁽³⁾ ne représente que 3 % des écoulements annuels. Quant à la capacité de stockage, elle n'est que de 4,7 % des écoulements – contre, par exemple, 40 % en Espagne et 200 % sur le bassin de l'Oum er-Rbia, au Maroc.

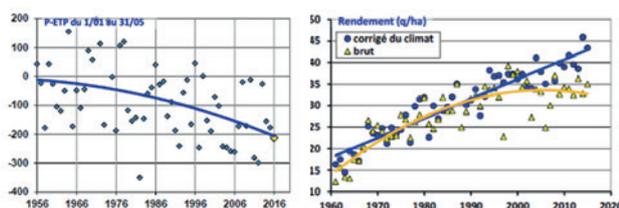
Les impasses du statu quo dans le nouveau contexte du changement planétaire

Au niveau planétaire, la production alimentaire doit s'accroître d'au moins 70 % pour nourrir 2,3 milliards de personnes de plus, d'ici à 2050 ⁽⁴⁾, alors que le dérèglement du climat, selon le dernier rapport du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), menace la sécurité alimentaire dans toutes ses dimensions (accès, disponibilité, stabilité, qualité). Le maintien du statu quo actuel serait suicidaire.

Au Maghreb, au rythme actuel d'un envasement résultant pour une large part du déficit de développement rural durable, presque tous les barrages, construits à grands frais, pourraient voir leurs retenues comblées avant la fin du siècle, alors qu'il n'y a pas d'autres sites disponibles pour en construire. Avec le changement climatique, le taux de dépendance alimentaire, déjà de 50 %, pourrait s'élever à 70 % à l'horizon 2050 ⁽⁵⁾.

L'Afrique sub-saharienne est – et sera – particulièrement touchée par le dérèglement du climat. La baisse des rendements agricoles pourrait y dépasser 20 %, alors que la population devrait doubler d'ici à 2050 et la demande alimentaire s'accroître bien davantage. Par suite, la dépendance alimentaire risque de se creuser de façon encore plus dramatique que ce qui est annoncé ⁽⁶⁾.

Les plaines littorales des régions méditerranéennes françaises connaissent désormais des conditions de zone semi-aride. Suite à l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) ⁽⁷⁾, même le blé dur et la vigne ont aujourd'hui besoin d'une irrigation d'appoint. Sans accès à cette dernière, près de 70 % du vignoble pourraient disparaître, laissant place à l'étalement urbain, à la friche, aux feux et aux inondations, avec de lourdes conséquences sur les paysages, le tourisme et les émissions de gaz à effet de serre (GES).



Tableaux 1 et 2 : Dégradation du bilan P-ETP (Pluies – Évapotranspiration potentielle) sur 5 mois, à Orange (département du Vaucluse) et pertes de rendement observées sur le blé dur en Méditerranée française du fait du changement climatique ⁽⁸⁾.

Le problème est national, car les régions les plus septentrionales vont connaître les contraintes de sécheresses agricoles extrêmes et prolongées ⁽⁹⁾ et d'étiages sévères

(baisse des débits jusqu'à -60 % dans le Sud-Ouest, d'ici à 2050) auxquelles les régions méridionales se sont depuis longtemps adaptées. Sans changement de politique, les différents services rendus par l'eau et par l'agriculture seront menacés et une grande part des exploitations pourrait disparaître (de 80 à 90 % selon l'étude Garonne 2050 ⁽¹⁰⁾).

L'émergence de solutions, d'analyses et de visions de politiques publiques mieux intégrées

Heureusement, l'avenir n'est pas écrit et bien des évolutions positives sont à l'œuvre.

Depuis plusieurs décennies, les agronomes, la profession agricole et les politiques publiques européennes ont œuvré à mieux intégrer la dimension environnementale. La mobilisation conjointe de plusieurs leviers – réduction des pertes dans les réseaux, pilotage de l'irrigation, stratégies d'esquive (semis et récoltes plus précoces) et sélection par génie génétique d'espèces tolérantes au stress hydrique – a permis un gain global de productivité de l'eau (tonne de matière sèche produite par m³ d'eau prélevée) estimé à 30 % en 20 ans en France par Arvalis (l'Institut du végétal).

Aujourd'hui, cependant, l'objectif est moins le « *more crop per drop* » que de réussir une transition agro-écologique plus large et de mieux travailler avec la nature. Optimiser les cycles biologiques peut permettre en effet de produire davantage de biens et de services environnementaux et territoriaux, tout en réduisant la consommation d'intrants et les pollutions. Cela suppose à la fois de promouvoir une agriculture mieux intégrée dans son environnement et un environnement qui soutienne mieux l'agriculture. L'irrigation et la technique souvent associée qu'est le drainage sont non seulement des facteurs de production, mais aussi des outils de maîtrise des impacts de l'activité agricole, de bonne gestion de l'azote, du bon état écologique des sols et d'accroissement de l'emploi

(3) L'eau évaporée n'est pas pour autant perdue : elle revient après un certain temps aux territoires (cycle de l'eau).

(4) Source : Rapport du Forum d'experts de haut niveau : comment nourrir le monde en 2050 ?, FAO, 2009, 29 p.

(5) Afrique du Nord-Moyen-Orient à l'horizon 2050 : vers une dépendance accrue aux importations agricoles, INRA, PluriAgri, 2015, 138 p.

(6) Voir Agrimonde : scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050, INRA/CIRAD, Ed. Quae, 2010, 296 p.

(7) L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation depuis le sol et de la transpiration des plantes. L'ETP est la quantité d'eau susceptible d'être utilisée sous un climat donné par un couvert végétal de référence (gazon) non restreint en eau, sain et en pleine croissance. Le besoin en eau d'irrigation est le volume d'eau compensant le déficit entre l'ETP et la pluie (P) pendant la période de croissance végétale.

(8) Source : Jézéquel et Braun, Arvalis, colloque « L'irrigation et l'agroécologie font-elles bon ménage ? », Le Tholonet, 2016.

(9) Source : Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol, rapport du Projet ClimSec, Météo France, 2011, 72 p.

(10) Garonne 2050 : étude prospective sur les besoins et les ressources en eau à l'échelle du bassin de la Garonne, Agence de l'eau Adour-Garonne, 2014, 68 p.



La diversification des cultures et des paysages dans le Gard, grâce à l'irrigation.
Photo de gauche : Au début des années 1960. Photo de droite : Après la mise en valeur du territoire.
Source : Archives BRL/D.R.

et de la diversité, et donc un levier de la transition agro-écologique (voir les photographies ci-dessus sur l'évolution d'un terroir du Gard). Cette évolution vers une valorisation optimale des ressources et des systèmes est aujourd'hui favorisée par les derniers progrès technologiques : nouveaux capteurs mettant la physiologie de la plante au cœur de la décision et interfaces *Web* permettant un suivi multifactoriel...

Des progrès importants sont aussi à l'œuvre en Afrique. Alors que celle-ci a connu dans les années 1980 de terribles famines, la région du Tigré, au nord de l'Éthiopie, a recouvré son indépendance alimentaire en 2007 et son taux de pauvreté, qui, en 2000, était encore le double de la moyenne nationale, s'est réduit depuis lors de moitié. Ce succès est dû à un effort d'aménagement : protection des arbres, construction (à la main) de milliers de kilomètres de terrasses et de plusieurs centaines de retenues. Chaque goutte d'eau s'infiltre dans le sol, au lieu de l'éroder, les nappes se sont rechargées (l'eau est aujourd'hui en moyenne à 3 mètres de profondeur - contre 30 mètres, il y a de cela vingt ans) et la superficie irriguée est passée de 40 hectares à 40 000 hectares ! Alors qu'en 2016, l'Éthiopie est victime à nouveau de graves sécheresses dues au phénomène d'El Niño, la région du Tigré a fait preuve d'une résilience bien meilleure que ses voisins. Cet exemple illustre la nécessité de raisonner et d'agir à l'échelle de l'ensemble des milieux (sols, systèmes agro-sylvo-pastoraux et aquatiques), et donc du *continuum* eaux vertes/eaux bleues, et pas uniquement à celle des seules « masses d'eau ».

La COP21 (Paris, 2015) et la COP22 (Marrakech, 2016) ont été l'occasion d'avancées significatives au niveau international. L'approche ascendante a mobilisé les acteurs publics et privés et l'Accord de Paris, dans son article 2 sur les objectifs, a reconnu la nécessité de stratégies d'adaptation et d'atténuation telles qu'elles « *ne menacent pas la production alimentaire* ». Cette importante avancée impose une évolution de nos politiques nationales de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. Rappelons que les retenues « de substitution » finançables par les Agences de l'eau n'ont pour but que de réduire des

prélèvements en été et que le PNACC (Plan national d'adaptation au changement climatique) 2011-2015 avait planifié une baisse de 20 % des prélèvements en eau (hors stockage d'eau d'hiver) d'ici à 2020, alors que les besoins en eau s'accroissent.

La COP21 a aussi été l'occasion de souligner l'importance stratégique des sols et de l'agriculture. Cette dernière, la première victime du réchauffement, représente une part essentielle de la solution notamment de par sa capacité photosynthétique de « pompe à carbone ». Le GIEC a en effet montré que le « secteur des terres » (l'agriculture, la forêt et les sols) représentait 40 % du potentiel mondial d'atténuation à l'horizon 2030. La France, qui avait fait de l'agro-écologie sa priorité en matière de politique agricole, a introduit avec succès l'initiative mondiale « *Les sols pour la sécurité alimentaire et le climat* ». Et lors de la COP22, le Maroc, fort de son Plan Maroc Vert et de son Agence agricole accréditée pour les Fonds « vert » et « d'adaptation », a lancé l'initiative « *Triple A* » (pour Adaptation de l'Agriculture Africaine), avec pour priorités l'eau, les sols et les financements. Elle mobilise à ce jour 40 pays. La nécessaire mise en dynamique de l'agriculture familiale et l'accès à un crédit adapté et aux infrastructures ont été bien soulignés. On arrive ainsi à des visions de la gestion et de la valorisation des ressources naturelles et rurales bien plus intégrées que celles promues jusqu'à ce jour.

Une prise de conscience s'opère aussi, aux niveaux national et régional, sur la nécessaire évolution de nos politiques de l'eau. La prospective *Garonne 2050* a montré qu'il n'y a pas de solution possible sans, d'une part, une révision à la baisse des débits d'objectifs d'étiage (DOE) et, d'autre part, une augmentation des capacités de stockage, ce qui oblige à reconsidérer les contraintes et les règlements correspondants. La Délégation sénatoriale à la prospective, dans son rapport « *Eau, urgence déclarée* » de mai 2016, a de son côté utilement rappelé que la question de l'eau, en tant que ressource, concerne tout le monde. Chacun doit pouvoir se nourrir et notre indépendance alimentaire, qui est directement liée à la disponibilité en eau, doit pouvoir être préservée. Il est donc crucial

de ne pas mettre en opposition frontale et stérile agriculteurs et consommateurs, alors même qu'ils partagent un intérêt commun, celui de disposer d'une alimentation de qualité et de préserver leur pouvoir d'achat. L'enjeu est plus large, car, « sauf à vouloir détruire un modèle agricole et un mode de vie auxquels beaucoup sont attachés et qui représente une richesse pour la France, il n'est pas concevable de conserver un maillage d'exploitations familiales qui façonnent les paysages en remplaçant des cultures légumières et fruitières par la culture du sorgho ». Ce rapport invite aussi à adopter une « vision écologique globale ». Le bon état écologique des eaux ne peut en effet s'appréhender sous le seul angle national et « il serait peu responsable de déplacer encore plus nos problèmes sur des pays qui ont moins d'eau et qui rencontrent encore bien plus de difficultés que le nôtre ». Les auteurs rappellent à ce sujet qu'en 2007, 15 milliards de m³ d'eau ont été utilisés à l'étranger pour produire des biens et des services importés par la France, contre seulement 6,6 milliards de m³ utilisés en France pour produire ce qui en est exporté.

Revenir au vrai concept du développement durable

En conclusion, il nous faut d'urgence remettre au centre les questions liées de l'agriculture/alimentation, de l'eau et

des sols, et ainsi revenir au sens même du mot « culture », qui vient du latin « colere », *prendre soin, mettre en valeur*. Pour la philosophe Annah Arendt, la culture, c'est « commercer avec la nature pour la rendre propre à l'habitation humaine ».

Cela nécessite des évolutions de fond dans nos visions de l'agriculture et de l'environnement, comme dans les politiques de l'eau, du climat, de l'agriculture et du développement. Il nous faut en effet prendre conscience de nos vulnérabilités, reconnaître et appuyer le rôle des agriculteurs en tant qu'agents du développement durable sur tout l'espace rural et aider les territoires à anticiper et à développer des solutions adaptées à chaque contexte grâce à de bonnes gestion et valorisation des ressources rurales. Ainsi, il convient de dénoncer les discours convenus sur l'agriculture et sur l'eau, de reconnaître la nécessité d'agir sur l'offre (stockage, transferts...) et non pas seulement sur la demande (économies d'eau et restrictions des prélèvements), et de revisiter la hiérarchie des usages. Il en va de notre capacité à répondre aux besoins fondamentaux des populations comme aux défis du temps, c'est-à-dire de notre capacité à réussir le développement durable.

Eau potable : enfin un espoir pour des milliards de personnes !

Par Gérard PAYEN

Conseiller pour l'Eau et l'Assainissement du Secrétaire général des Nations Unies (UNSGAB) de 2004 à 2015

Avoir accès à l'eau potable est une banalité en France métropolitaine. Mais, dans le monde, c'est un enjeu majeur, qui a été longtemps sous-estimé. Peu à peu, les statistiques mondiales deviennent plus précises. Pour des milliards de personnes (près de la moitié de l'humanité), l'accès à l'eau potable n'est pas satisfaisant, les critères du droit de l'Homme à l'eau potable n'étant pas respectés. Les solutions sont d'ordre politique, les principaux freins et obstacles le sont aussi. Des progrès importants sont en cours, mais ils sont insuffisants pour pouvoir résorber les besoins.

L'adoption par l'ONU, dans ce domaine, d'un objectif très ambitieux pour 2030 dans le cadre des Objectifs mondiaux de développement durable (les ODD) change le paysage politique mondial. Chaque pays va devoir adapter ses politiques publiques de façon à garantir à toute sa population un accès à l'eau à un niveau bien supérieur à celui qu'ambitionnait l'ONU jusqu'à présent. C'est là l'espoir d'une meilleure vie pour des milliards de personnes. Mais la lenteur du démarrage des actions concrètes n'est pas rassurante. Il ne nous reste plus que quatorze ans pour réussir.

L'accès à l'eau « potable » : l'imprécision du langage courant

Qu'est-ce, au juste, qu'avoir accès à l'eau potable ? Est-ce avoir de l'eau courante à domicile ? Dans les pays riches, beaucoup pensent que tel est le cas, car ils n'imaginent pas qu'un réseau public puisse ne pas délivrer à domicile et en permanence une eau toujours de bonne qualité.

Pourtant, « eau courante » et « eau potable » ne sont pas synonymes. Il y a probablement environ 1 milliard de personnes qui ont des robinets chez eux, sans qu'ils bénéficient d'une eau véritablement saine au sens des normes internationales de potabilité définies par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Les bénéficiaires d'une eau « courante » à domicile sont nombreux à ne pas la boire, sans l'avoir fait bouillir au préalable. À l'inverse, parmi les villageois africains qui vont au « puits » chercher leur eau, nombreux sont ceux qui bénéficient d'une eau d'excellente qualité (comme c'est majoritairement le cas de l'eau fournie par des forages profonds).

Dans ce domaine, la langue française est imprécise. Il n'est pas certain qu'avoir accès à de l'eau « potable » signifie avoir réellement accès à une eau dont la potabilité soit garantie. Suivant les cas, « eau potable » veut dire « eau propre » ou « eau non contaminée » : seul le contexte peut permettre de lever l'ambiguïté. L'anglais est pour sa part

plus précis avec deux expressions distinctes : « *drinking water* » désigne l'eau propre, cette eau claire que l'on peut éventuellement se risquer à consommer à domicile. Mais pour signifier que sa potabilité est garantie et que l'on peut donc en boire sans risque, il faut ajouter le mot « *safe* » (sûr) et dire « *safe drinking water* ».

Même si pour une majorité de personnes, avoir accès à l'eau potable, c'est plutôt disposer pour les activités domestiques d'une eau ne faisant pas courir de risque anormal d'attraper une maladie, comment apprécier ce risque et les conditions minimales d'accès à l'eau dans des situations concrètes qui peuvent être d'une grande diversité ? Selon l'expérience et suivant les attentes de chacun, le fait d'« avoir accès à l'eau potable » peut donc prendre des sens très différents. Pendant longtemps, ce flou a entretenu de grandes incertitudes sur les besoins en eau potable dans le monde.

Satisfaire au minimum le droit de l'Homme à l'eau potable

En 2010, ce flou s'est dissipé. L'accès à l'eau potable est devenu un droit de l'Homme. Il a bien fallu en préciser le contenu. Avoir accès à l'eau potable signifie aujourd'hui que l'eau doit être en quantité suffisante, qu'elle ne soit pas contaminée, qu'elle soit accessible, disponible, acceptable, et ce, pour un coût abordable. En outre, on doit

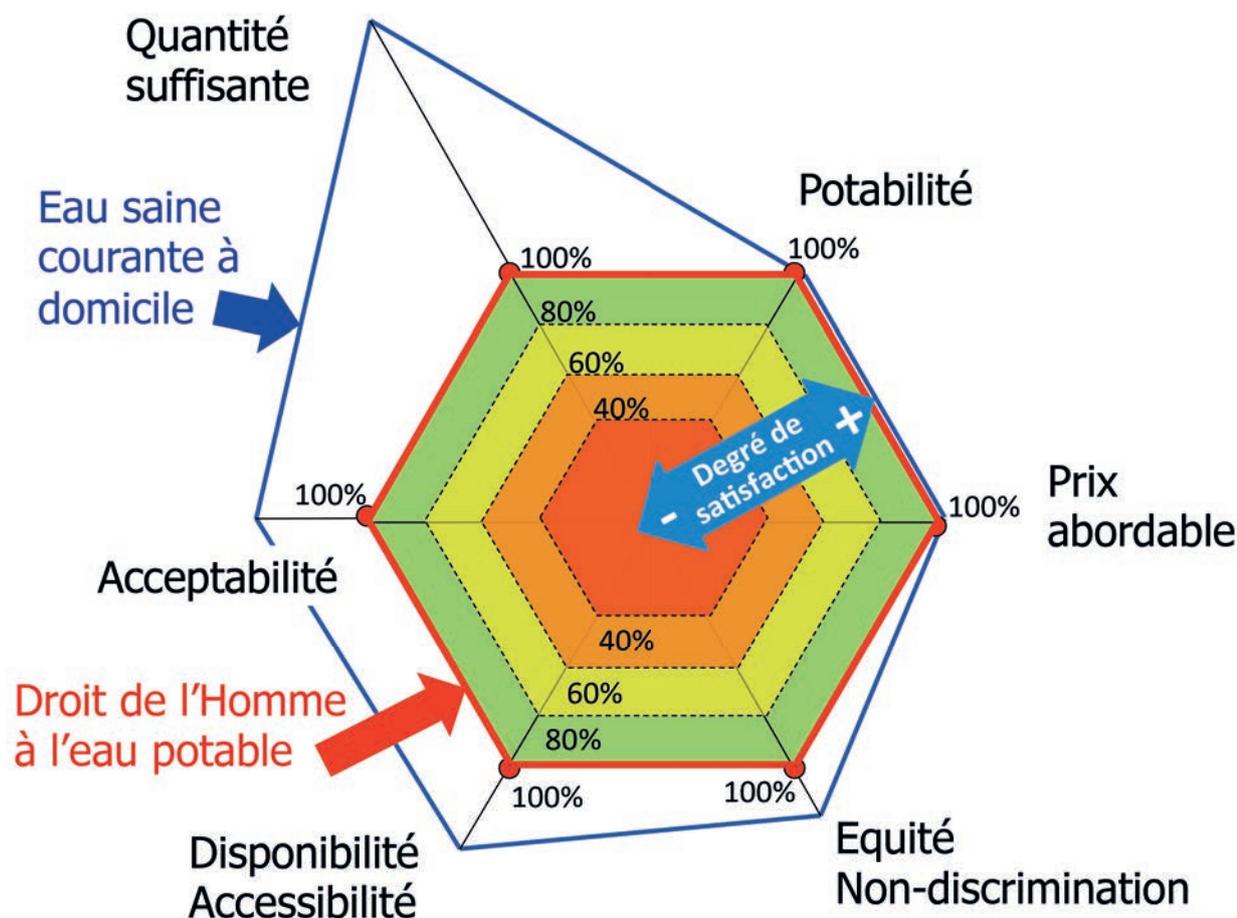


Figure : La « rose » graphique de l'accès à l'eau potable selon les six critères du droit de l'Homme correspondant.

y avoir accès de façon équitable et sans discrimination, les utilisateurs doivent pouvoir participer aux décisions importantes liées à sa gestion, etc. En exigeant qu'il soit satisfait à six critères techniques et à plusieurs principes généraux, le droit international a déterminé une norme d'application mondiale ⁽¹⁾.

La représentation graphique (voir la Figure ci-dessus) de la « rose du droit à l'eau potable » permet de visualiser une situation individuelle par rapport à ces différents critères. Chacun d'entre eux est figuré par un axe indépendant sur lequel le degré de satisfaction du critère peut être positionné. En reliant les points portés sur les 6 axes, on obtient un hexagone figurant la situation de la personne considérée.

La satisfaction à 100 % des différents critères définissant le « droit de l'Homme à l'accès à l'eau potable » est représentée par le périmètre rouge de l'hexagone régulier, alors que le centre correspond à la situation d'un individu contraint d'utiliser une eau ne satisfaisant à aucun de ces critères. Ce schéma permet de comparer l'acceptation commune de ce qu'est l'accès à l'eau potable dans les pays développés (polygone bleu) avec celle du droit de l'Homme à l'accès à l'eau potable (hexagone rouge). Cette comparaison n'est qu'approximative, car les exigences peuvent varier en fonction des conditions locales.

Elle montre cependant que le droit de l'Homme se situe à un niveau minimal, qui est bien inférieur à celui dont bénéficiant les habitants des pays « riches ». En effet, si les

exigences de potabilité et de coût abordable sont *a priori* assez similaires, il n'en est pas de même pour les autres critères. Avoir l'eau courante à domicile permet de faire fonctionner des WC, d'arroser son jardin ou de laver sa voiture, ce qui consomme bien plus d'eau que la quantité minimale à fournir au titre du droit d'accès à l'eau potable. Le fait de devoir porter l'eau sur quelques centaines de mètres n'est pas incompatible avec le droit de l'Homme. De même, devoir aller à une borne-fontaine qui ne fonctionne que quelques heures par jour ou avoir à son domicile un robinet ne donnant de l'eau que la moitié du temps est considéré comme acceptable au titre de ce droit.

Des besoins qui s'expriment en milliards de personnes

On ne connaît pas précisément combien de personnes n'ont pas, aujourd'hui, un accès satisfaisant à l'eau potable. En effet, les informations statistiques manquent.

Aujourd'hui, les pouvoirs publics ne fournissent de l'eau qu'à environ 60 % de la population mondiale. Seul un tout petit nombre de personnes disposent de leurs propres installations.

(1) Voir les détails dans le manuel IWA, dont Gérard Payen est l'un des auteurs : IWA Manual of the Human Rights to Safe Drinking Water and Sanitation for Practitioners, International Water Association, 2016.

Les 40 % restants doivent trouver de l'eau par leurs propres moyens. Soit ils vont en chercher loin de leur domicile (à un puits, à une fontaine publique ou dans un cours d'eau) et sont donc astreints aux corvées d'eau. Soit ils en achètent à leurs voisins ou à des vendeurs d'eau ambulants, qui leur apportent une eau d'une origine et d'une qualité douteuses (par camions citernes, deuxroues ou porteurs) et cela leur coûte plus cher que s'ils bénéficiaient d'un service public.

Plus de 600 millions de personnes puisent de l'eau dans des rivières ou dans des puits qui sont également utilisés par des animaux ⁽²⁾, avec tous les risques de contamination que cela comporte. L'accès à un réseau public est une situation bien meilleure, mais cela n'est pas une garantie de potabilité. Un test effectué dans quatre pays en développement a montré que, chaque jour, l'eau du robinet y était contaminée pour environ un citoyen sur dix.

On estime que plus de 2 milliards de personnes ⁽³⁾ (plus d'une sur quatre) utilisent régulièrement de l'eau contaminée par des germes fécaux. Le nombre des personnes dont le droit humain à l'eau potable n'est pas satisfait est probablement compris entre 3 et 4 milliards, soit la moitié de l'humanité ⁽⁴⁾.

Une question politique

Le fait de manquer d'eau potable ne signifie pas que l'on manque d'eau : ce sont là deux problèmes très différents. À l'échelle mondiale, on estime que les volumes d'eau potable ne constituent qu'un dixième des volumes d'eau pompés dans les nappes phréatiques ou dans les cours d'eau pour les différentes activités humaines. Dans cer-

tains pays (comme le Nigeria ou le Congo), l'eau est très abondante, mais une partie importante de la population n'a pas d'eau potable. À l'opposé, dans des pays arides ou semi-arides comme le Maroc ou l'Arabie Saoudite, où les ressources en eau sont très limitées, la majeure partie de la population bénéficie d'une eau potable. On le voit : l'enjeu de l'accès à l'eau potable est bien distinct de celui des ressources en eau. Il s'agit de faire en sorte que chacun dispose de l'eau potable dont il a besoin. Il s'agit de pomper, de transporter et d'apporter à la population une petite partie des ressources disponibles, après avoir purifié l'eau pour la rendre non dangereuse pour la santé. Cela requiert des infrastructures – principalement des systèmes collectifs –, car, dans un monde qui s'urbanise, les citoyens n'ont aucun moyen de trouver par eux-mêmes de l'eau qui ne soit pas contaminée.

La faiblesse économique d'un pays est-elle l'obstacle principal au développement de l'accès de sa population à l'eau potable ? Beaucoup pensent que tel est le cas. Pourtant, à richesse égale, certains pays font beaucoup mieux que d'autres et des pays d'économies très semblables peuvent avoir des taux d'accès à l'eau potable très diffé-

(2) Sources « non améliorées », selon les statistiques ONU (OMS-UNICEF).

(3) Selon les estimations OMS-UNICEF, c'est le cas pour 1,9 milliard de personnes chaque jour (mais il ne s'agit pas nécessairement, tous les jours, des mêmes personnes).

(4) Estimation faite par Gérard Payen dans « Les Besoins en eau potable dans le monde sont sous-estimés : des milliards de personnes sont concernées », in Le Droit à l'eau potable et à l'assainissement en Europe, sous la direction de H. Smets, Éditions Johanet, Paris, 2012.

Les populations avec accès insuffisant à l'eau

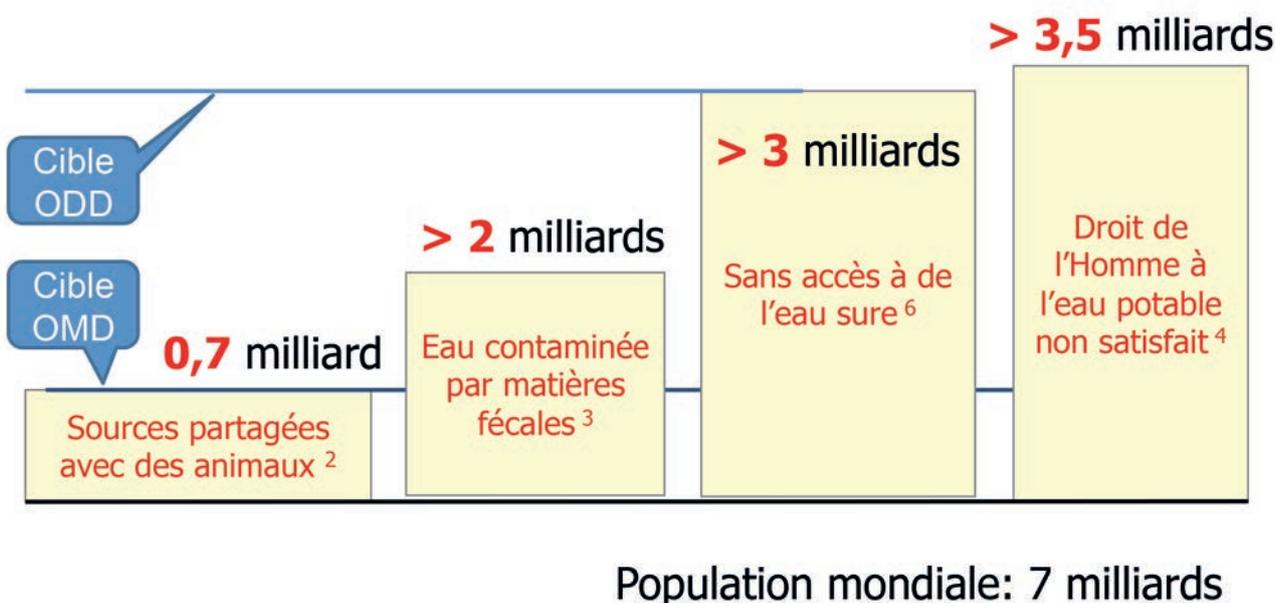


Figure 2 : L'importance des populations dont l'accès à l'eau potable est insuffisant selon quatre niveaux d'exigence différents.

rents⁽⁵⁾. Si la faiblesse économique d'un pays est un handicap pour le développement de l'accès de ses habitants à l'eau potable, ce n'est pas l'obstacle principal. L'accès à l'eau potable est avant tout une question politique. En effet, seuls des efforts collectifs peuvent satisfaire les besoins. Mais, dans les budgets et dans les politiques publiques, le niveau de priorité attribué à l'eau potable varie beaucoup d'un pays à l'autre. Ainsi, en Afrique, les dépenses liées à l'eau potable et à l'assainissement qui sont sous la responsabilité des pouvoirs publics et qui sont financées par les factures d'eau potable et par les subventions publiques, varient de moins de 0,5 % à plus de 2 % du PIB, selon les pays. Il est donc logique que les taux d'accès à l'eau potable de leur population y soient très différents.

Les Objectifs du millénaire pour le développement 2000-2015 : des progrès importants, mais très insuffisants

Les politiques nationales d'amélioration de l'accès à l'eau potable sont très actives partout dans le monde. De 2000   2015, il y avait même un objectif mondial, celui de réduire de moitié la proportion de la population utilisant des sources d'eau également utilisées par des animaux. Cela faisait partie du programme mondial des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD). Les progrès ont été considérables. Aujourd'hui, seulement 660 millions de personnes sont encore dans cette situation. Sur les 15 premières années du XXI  siècle, 1,6 milliard de personnes (soit plus d'une sur cinq) ont vu leur accès à l'eau s'améliorer et 1,2 milliard ont été raccordées aux réseaux d'eau potable. Ce sont là des chiffres considérables.

Pourtant, même s'ils sont remarquables, ces progrès ne sont pas suffisants. En effet, la population mondiale s'est accrue dans le même temps de 1,2 milliard d'individus. Le nombre d'habitants de la planète qui ne bénéficient pas d'eau courante au robinet n'a donc pas diminué. Par ailleurs, les problèmes vécus par les moitiés rurale et urbaine de la population mondiale sont très différents les uns des autres. C'est en milieu rural que les besoins actuels sont les plus élevés, mais grâce aux efforts consentis dans ces zones, l'accès à l'eau s'y améliore rapidement. En milieu urbain, les besoins semblent numériquement moins importants, mais, hélas !, l'accès à l'eau potable s'y d t riorie. La croissance de l'urbanisation est tellement rapide que les infrastructures publiques n'arrivent pas à suivre. Aujourd'hui, le nombre des citoyens privés d'un accès satisfaisant à l'eau potable est plus élevé qu'il y a 10 ans. Une forte accélération des politiques publiques est nécessaire pour renverser cette inquiétante dynamique.

La révolution des ODD 2030 : enfin, un espoir !

Les Objectifs mondiaux de développement durable (ODD) 2030, qui ont été adoptés à l'unanimité de tous les  tats membres de l'ONU, sont porteurs d'un grand espoir. Alors que l'eau était un sujet peu considéré par la communauté internationale, les grands enjeux de l'eau viennent de pas-

ser de l'ombre à la lumière : ils sont devenus officiellement l'une des dix-sept grandes priorités politiques de l'humanité. Pour l'accès à l'eau potable, la nouvelle cible mondiale est beaucoup plus ambitieuse que la précédente, et elle correspond bien mieux à l'ampleur des besoins. Son libellé est étonnamment semblable à celui des objectifs 2000-2015 : il s'agit toujours d'assurer l'accès à l'eau potable pour un coût abordable. Mais, alors que jusqu'ici il ne s'agissait que de réduire de moitié les besoins, le nouvel objectif est d'assurer un accès « universel », c'est-à-dire à la totalité de la population. D'autre part, le niveau de service visé est bien supérieur à celui qui était ciblé durant la période 2000-2015 : un nouvel indicateur bien plus exigeant a été adopté par les statisticiens. Le nouvel objectif mondial vise à apporter un changement radical dans l'existence de plusieurs milliards de personnes. Les politiques publiques vont devoir fortement intensifier leurs efforts.

Un nouvel indicateur de mesure des progrès bien mieux adapté aux besoins

L'indicateur statistique qui va être utilisé pour mesurer les progrès réalisés en matière d'accès à l'eau potable combine plusieurs critères de satisfaction du droit de l'Homme correspondant. Il vise l'accès à de l'eau non contaminée et disponible presque tous les jours à proximité immédiate du domicile (« *safely-managed water services*⁽⁶⁾ » en anglais). Ces trois paramètres sont nouveaux. Ils n'étaient pas pris en compte jusqu'ici dans les statistiques. Ils s'inscrivent clairement dans la direction visée par les critères de potabilité, de disponibilité et d'accessibilité du droit de l'Homme précité, même si, dans le détail, ils ne les satisfont pas totalement. Ainsi, par exemple, pour des raisons de capacité de mesure, la non-contamination ne sera mesurée que sur un petit nombre de paramètres bien inférieur aux exigences des normes sanitaires applicables en France. Les Objectifs de développement durable vont instaurer un nouveau niveau de référence mondial pour l'accès à l'eau bien supérieur à celui de l'indicateur des OMD 2000-2015 (de l'ordre de 4 fois plus, en termes de nombre de personnes concernées), mais encore inférieur à la satisfaction du droit de l'Homme. Il faudra plusieurs années pour pouvoir disposer d'une estimation précise du nombre des personnes n'ayant pas accès à l'eau potable suivant ce nouvel indicateur, car les outils statistiques nécessaires pour l'évaluer sont en cours de construction (selon les estimations grossières actuelles, elles seraient plus de trois milliards).

(5) Voir Gérard PAYEN, De l'Eau pour tous ! Abandonner les idées reçues, affronter les réalités,  ditions Armand Colin, Paris, 2013, pp. 114-115.

(6) « Safely-managed water services », voir WASH in the 2030 Agenda: New global indicators for drinking water, sanitation and hygiene, sur www.wssinfo.org

Réussir à assurer l'accès universel à l'eau potable en 2030

L'existence d'objectifs mondiaux n'est pas en soi une garantie d'accélération des politiques nationales. Mais le suivi, en toute transparence, du nouvel indicateur par l'ONU va peser sur les gouvernements : ceux-ci ne vont plus pouvoir éviter de prendre en considération les progrès (ou les retards) constatés publiquement dans leur pays respectif.

La bonne mise en œuvre de l'objectif de l'accès universel à l'eau potable passe par plusieurs étapes. D'abord, chaque pays a besoin de revisiter ses politiques nationales et locales relatives à l'eau potable pour identifier les insuffisances éventuelles de ses objectifs et/ou de la vitesse prévue pour leur atteinte par rapport à l'objectif mondial.

Ensuite, chaque autorité publique responsable de l'accès à l'eau dans un territoire donné doit établir un plan d'action définissant des moyens (juridiques, institutionnels, humains, techniques et financiers) permettant de réussir à atteindre l'objectif dans les délais visés. Cela peut amener à modifier la répartition traditionnelle des coûts entre contribuables, utilisateurs bénéficiaires du service public et exclus du service public.

Dans le même temps, les outils de suivi statistique devront être modifiés afin de tenir compte de la définition du nouvel indicateur. Enfin, il conviendra de mesurer régulièrement les progrès réalisés pour identifier le besoin éventuel d'actions correctrices.

Quinze ans pour atteindre l'accès universel à de l'eau véritablement potable, c'est peu : mieux vaut donc démarrer le plus vite possible. Ainsi, dans chaque pays, il est urgent que des membres actifs de la société civile en comprennent l'enjeu et poussent leur gouvernement à agir concrètement. Plus les médias relaieront cette attente, mieux ce sera. Mais ils n'ont pas encore commencé à le faire !

L'ambition est élevée, mais les actions démarrent lentement et la volonté politique de réussir n'est pas encore évidente. Les ODD 2030 apportent un grand espoir à tous ceux qui ont besoin d'eau potable et qui attendent que leurs pouvoirs publics leur permettent d'y accéder. Si les gouvernements agissent conformément à leurs engagements internationaux, ces besoins pourront (enfin !) être satisfaits de façon réelle et durable dans une quinzaine d'années.

Les eaux souterraines

Par Ghislain de MARSILY

Professeur émérite à Sorbonne Universités (Université Paris VI-Pierre et Marie Curie) et à l'École des Mines de Paris – Institut MinesTélécom

et Mustapha BESBES

Professeur d'hydrogéologie émérite à l'École nationale d'ingénieurs de Tunis - Université de Tunis El Manar

L'eau contenue dans le sol et dans le sous-sol constitue la majeure partie de l'eau qu'utilise l'homme. Nous décrivons ici l'occurrence, le renouvellement ou le tarissement de cette ressource au niveau mondial, les menaces dues aux activités humaines qui pesent sur la qualité des eaux, la sécurité intérieure et extérieure des eaux souterraines, ainsi que les mesures visant à préserver celles-ci et leur gestion participative.

Introduction

L'eau contenue dans le sol et le sous-sol a pour origine quasi exclusive ⁽¹⁾ les précipitations du grand cycle de l'eau ⁽²⁾. On peut y distinguer une eau « verte », qui est l'eau de pluie stockée temporairement en surface dans les premiers mètres du sol et qui est reprise par l'évaporation et (surtout) par la transpiration de la végétation (poste dominant dans le bilan hydrologique) et une eau « bleue », souterraine, qui s'infiltre plus profondément dans la terre, circule dans les pores, fissures et autres interstices et constitue les aquifères dont nous parlerons plus loin. Cette eau s'écoule vers les sources, les fleuves ou directement dans la mer et elle peut être captée par l'homme grâce à des puits ou à des forages. Pour compléter cet inventaire, l'eau « bleue » superficielle est celle qui s'écoule dans les rivières.

Occurrences et gisements des eaux souterraines

La partie saturée d'eau d'un aquifère forme une nappe souterraine : les termes « phréatique » (ou « libre ») désignent les nappes les plus proches du sol. Celles-ci surmontent éventuellement une ou plusieurs nappes profondes (ou captives).

En ce qui concerne la nappe libre, on appelle « surface piézométrique » l'interface situé entre une zone saturée (dont tous les pores sont remplis d'eau) et une zone non-saturée (où air et eau coexistent dans les pores et où l'eau « verte » est stockée).

La forme que prend cette surface piézométrique renseigne sur les écoulements souterrains, ainsi que sur les zones de recharge et d'exutoire.

Les nappes captives se rencontrent à plusieurs centaines de mètres (parfois à plus de deux mille mètres) de pro-

fondeur dans les grands bassins sédimentaires. Elles sont confinées, à leur base et à leur sommet, par des couches peu perméables. La pression qui y règne est élevée, si bien que lorsque l'on perce le toit de la nappe par un forage, l'eau remonte sous l'effet de sa pression, et elle peut même dans certains cas jaillir, en surface : on parle alors de nappe artésienne.

La vitesse de l'eau au sein de ces aquifères captifs est faible (de quelques mètres par an, voire moins d'un mètre). Ainsi, par exemple, la nappe captive de l'Albien, qui est située à six cents mètres au-dessous de Paris, est alimentée par la pluie dans ses affleurements du département de l'Yonne (comme une nappe libre) et elle s'écoule en direction de ses points bas (dans la Baie de la Seine, partie de la Manche).

À Paris, la pression y atteignait en 1841 (lors du premier forage réalisé dans le quartier de Grenelle) près de sept cents mètres d'eau. Le toit de la nappe étant à une profondeur de six cents mètres, la nappe présentait un profil artésien, avec une pression, au niveau du sol parisien, de près de cent mètres d'eau. Depuis lors, de nombreux forages ont été creusés dans cette même nappe et la pression de l'eau a par conséquent chuté : aujourd'hui, la nappe n'est plus artésienne et il faut pomper l'eau sous la surface du sol pour pouvoir l'en extraire. Des phénomènes analogues sont observés dans le bassin de Londres, dans la plaine du Pô ou encore dans la nappe saharienne du Sud algéro-tunisien.

(1) Il existe cependant un petit peu d'eau « juvénile », qui est exhalée en certains endroits par le refroidissement de magmas dans la croûte terrestre.

(2) Les anciens philosophes grecs pensaient, quant à eux, que c'était l'eau de mer qui, remontant depuis les côtes vers les continents, alimentait les sources et les fleuves lorsqu'il ne pleuvait pas. Cette eau de mer serait dessalée par « filtration » lors de son parcours (cette idée a perduré jusqu'au XVIII^e siècle...!).

Les eaux souterraines dans le cycle de l'eau

Les précipitations qui tombent sur les continents (113 000 km³/an) vont alimenter les différents éléments du cycle hydrologique continental : stockage superficiel, ruissellements et écoulements en rivières. Lorsque les propriétés des terrains (porosité, perméabilité) sont favorables, l'eau pénètre à l'intérieur du sol par infiltration. Sous la surface du sol, les pores des formations géologiques renferment initialement à la fois de l'air et de l'eau : c'est la zone non saturée qui renferme la réserve en eau du sol (l'eau « verte ») et dont l'humidité excédentaire est véhiculée vers le bas par drainage gravitaire pour aller s'accumuler dans les formations géologiques perméables plus profondes et constituer les réserves d'eau des nappes souterraines. Ensemble, ces quantités d'eau accumulées et la roche saturée forment un aquifère.

L'ensemble des réserves d'eau douce du globe représente 3 % du volume d'eau sur Terre, dont l'essentiel est contenu dans les océans. Les eaux souterraines douces représentent 33 % des réserves, soit 15 millions de km³. En moyenne de 1 500 ans, leur temps de séjour peut aller de l'année au million d'années (on parle alors d'eau « fossile »). Le flux total des eaux douces souterraines du globe est de l'ordre de 10 000 km³/an, soit près de 10 % du volume des précipitations annuelles continentales, contre 26 000 km³/an pour les eaux superficielles (DE MARSILY, 2009). Ces ordres de grandeur sont confirmés par des modèles hydrologiques globaux de la planète (DÖLL et FIEDLER, 2008 ; WADA et al., 2010) dans lesquels la recharge des eaux souterraines est évaluée à 13 000 km³/an (au lieu de 10 000 km³/an), soit 35 % des ressources en eau renouvelables.

L'exploitation des eaux souterraines dans le monde et leur surexploitation

Les prélèvements d'eau souterraine dans le monde ont été estimés à 1 000 km³/an en 2010 (VAN DER GUN, 2012), dont 67 % pour l'irrigation, 22 % pour les besoins domestiques et 11 % pour l'industrie. Ces volumes représentent près de 10 % des ressources en eau souterraine renouvelables et 25 % des prélèvements en eau douce de la planète. La Figure 1 (ci-contre) présente l'évolution des prélèvements dans les 12 pays les plus forts préleveurs et en France (dont la somme en 2010 fait 73 % du total mondial, avec 60 % pour le seul continent asiatique : l'Inde prélève 250 km³/an au moyen de près de 25 millions de puits et forages).

De nombreuses nappes phréatiques de par le monde ont été exploitées d'une manière excessive (par rapport à leur recharge naturelle par les précipitations) pour soutenir le développement de l'agriculture irriguée, ce qui diminue les réserves géologiques des aquifères et risque d'entraîner à terme le tarissement total des nappes les plus vulnérables : ainsi, en Tunisie, plusieurs nappes phréatiques seront totalement épuisées avant la fin du XXI^e siècle (au rythme actuel des prélèvements) et elles ne pourront plus

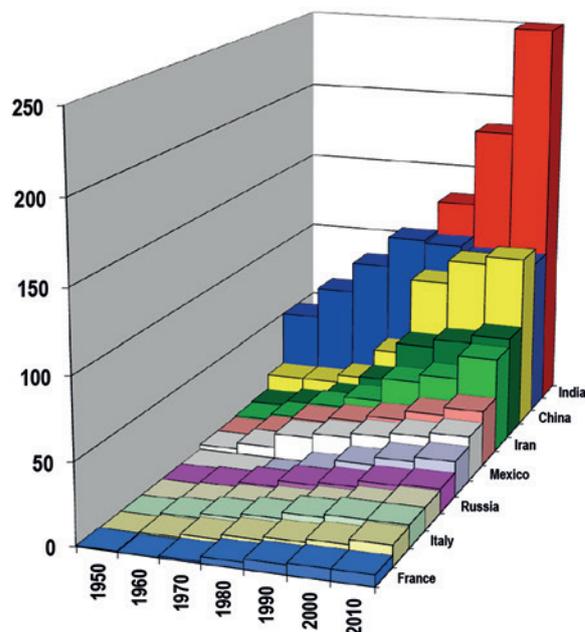


Figure 1 : Prélèvements d'eau souterraine (en km³/an) entre 1950 et 2010

(sources : SHAH, 2004 ; MARGAT, 2008 ; VAN DER GUN, 2012).

fournir qu'une fraction de la recharge de l'année. Par ailleurs, d'importants aquifères profonds des régions arides dont les eaux sont faiblement renouvelables ont été soumis à une exploitation intensive au cours des dernières décennies. Globalement, l'on estime que les prélèvements d'eau souterraine dans le monde ont sextuplé au cours des 60 années écoulées (VAN DER GUN, 2012). Il en est résulté, un peu partout dans le monde, de très importants rabattements des nappes au caractère parfois irréversible, entraînant souvent une lente dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines du fait du lessivage de sels d'origine tellurique.

La permanence d'une nappe souterraine reflète un équilibre entre a) ses entrées d'eau (recharges par infiltration-diffuse des précipitations au sol ou concentrée, le long des cours d'eau) et b) ses sorties : les débits de drainages concentrés dans un cours d'eau, une source ou directement en mer, évaporation dans des exutoires diffus (appelés chotts ou sebkhas en Afrique du Nord, et playas en Amérique) et les prélèvements.

Tout nouveau prélèvement constitue une ponction sur les réserves de la nappe à proximité et se traduit par un rabattement de son niveau, celui-ci se stabilisant s'il a induit a) une réduction suffisante des sorties naturelles, ou b) un accroissement conséquent de la recharge par les cours d'eau.

Si le prélèvement dépasse la capacité de récupération du système, le rabattement continue de s'accroître, ce qui définit un état d'épuisement des réserves et de surexploitation de la nappe. En climat aride, les apports annuels sont très variables : le diagnostic de surexploitation nécessite de disposer de longues séries d'observations (voir la Figure 2 de la page suivante). La majorité des cas de surexploitation s'observent dans les régions arides et semi-arides,

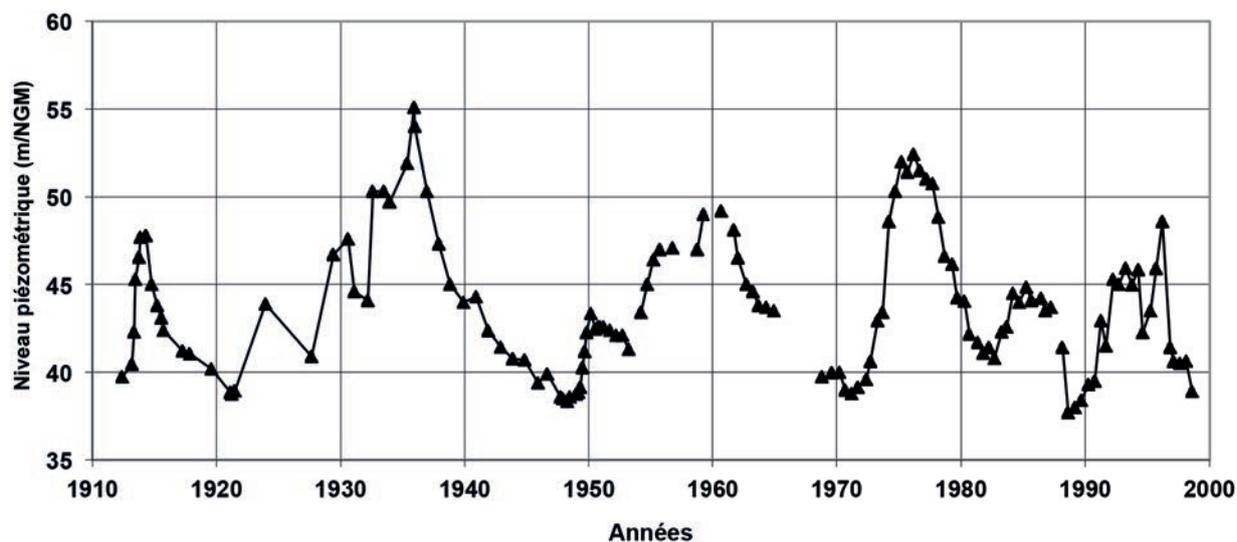


Figure 2 : Niveau piézométrique de la nappe phréatique de Mornag (Tunisie) de 1910 à 2000 (ENNABLI, 1980 ; HORRICHE, 2004) (les remontées du niveau correspondent à des successions d'années très pluvieuses).

où de fortes demandes d'eau pour l'irrigation des cultures excèdent les capacités de recharge des aquifères.

Le volume d'eau fourni par surexploitation des aquifères de la planète, qui fait l'objet d'un intérêt récent en raison de son impact avéré sur l'élévation du niveau des mers suite au ralentissement de la construction de grands barrages (WADA *et al.*, 2016), a été respectivement estimé, pour 2000, à 145 km³/an (KONIKOW, 2011), 204 km³/an (WADA *et al.*, 2012) et 113 km³/an (DÖLL *et al.*, 2014). Bien qu'encore entachée d'incertitude, la surexploitation des aquifères devrait encore croître au cours du XXI^e siècle en raison du changement climatique et d'une élévation des températures entraînant une augmentation des besoins en eau pour l'irrigation.

Les outils de télédétection contribuent à réduire ces incertitudes d'estimation. Ainsi, la mission de gravimétrie spatiale GRACE⁽³⁾ fournit depuis 2002 les variations spatio-temporelles des masses d'eau contenues dans le sol. Corrigées des composantes superficielles (eau de surface, réserves en eau du sol), ces mesures fournissent les variations du stock d'eau des aquifères de la Terre. La carte ci-contre⁽⁴⁾ (voir la Figure 3) indique les variations de masse des eaux souterraines en Inde (RODELL *et al.*, 2009) entre 2002 et 2008 (avec les diminutions en rouge et les gains en bleu, d'après les observations du satellite GRACE). La diminution observée dans le nord-ouest de l'Inde est de 4 cm d'eau/an, équivalant à une baisse du niveau de la nappe phréatique de 33 cm/an. Les gains d'eau souterraine dans le sud de l'Inde sont dus à des précipitations supérieures à la moyenne (la pluviométrie a été normale, sur la période étudiée, dans le nord-ouest du pays).

Pour lutter contre la surexploitation, il n'y a que trois solutions : réduire les prélèvements, faire de la recharge artificielle des nappes (par bassins d'infiltration ou par injection dans des forages) à partir d'eau de surface disponible en saison humide, ou transférer de l'eau de surface par

canaux en la substituant aux prélèvements, comme l'ont fait les Américains à partir du fleuve Colorado, ou comme vont le faire les Chinois à partir du Yang-Tsé.

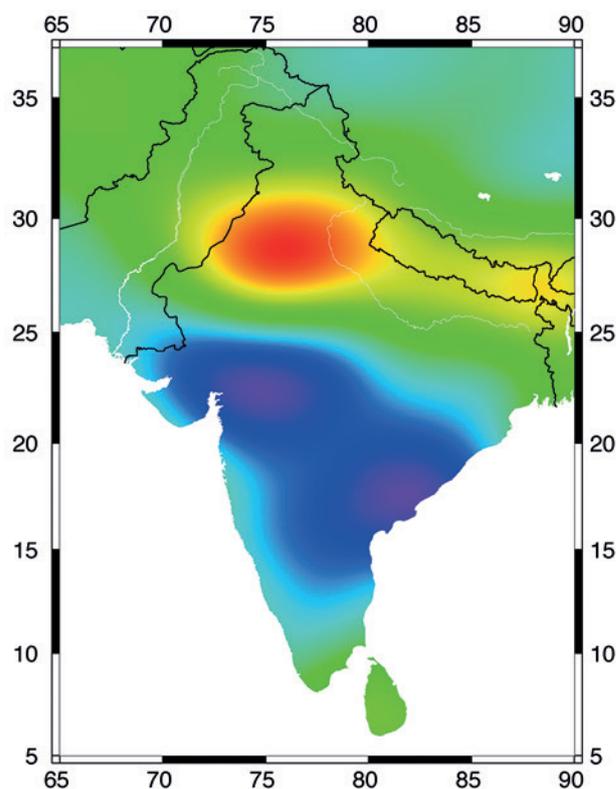


Figure 3 : Variation de la quantité d'eau présente dans les aquifères indiens entre 2002 et 2008 (image obtenue par le satellite GRACE).

Source : RODELL (M.), VELICOGNA (I.) & FAMIGLIETTI (J. S.), "Satellite-based estimates of groundwater depletion in India", *Nature* 460, 2009, pp. 999-1002 (Credit : VELICOGNA (I.) / UC Irvine).

(3) Gravity Recovery And Climate Experiment.

(4) https://www.nasa.gov/topics/earth/features/india_water.html

Les menaces pesant sur la qualité de l'eau souterraine et les directives européennes

Les nappes souterraines superficielles sont souvent affectées par des contaminations diffuses au premier rang desquelles la pollution bactérienne d'origine fécale, suivie des pollutions dues aux pratiques agricoles notamment par les nitrates et les pesticides ou à des pollutions localisées d'origine industrielle ou accidentelle.

Ces contaminations sont parfois induites par une exploitation excessive de l'eau souterraine : modification de la composition chimique d'origine tellurique, invasion d'eau salée (en bord de mer), solubilisation d'éléments toxiques comme l'arsenic (ainsi, au Bangladesh, des dizaines de millions de personnes ont été intoxiquées à des degrés divers par l'arsenic naturel de l'eau des puits (HARVEY et al., 2002)). La prévention et la préservation de la qualité des eaux souterraines nécessitent des mesures spécifiques adaptées aux niveaux des menaces, notamment pour la protection des captages d'eau potable qui intègrent le concept de « parcs naturels hydrogéologiques » proposé par G. de Marsily (1991) et qui devient partiellement d'actualité en France, aujourd'hui, pour la protection des AAC (aires d'alimentation des captages), avec plus de 1 000 captages classés « Grenelle », pour lesquels l'État a décidé de tenter de restaurer une bonne qualité des eaux par l'instauration de mesures agro-environnementales sévères applicables par les agriculteurs.

La directive-cadre sur l'eau (DCE) de l'Union européenne, adoptée en 2000 et visant à « rétablir un bon état écologique et chimique » des eaux superficielles et souterraines (en 2015, en 2022 ou, au plus tard, en 2029) a imposé de découper le territoire national en « masses d'eau souterraine », dont chacune délimite un domaine géographique, un aquifère ou une portion d'aquifère où les eaux ont un contexte similaire et dont la qualité doit être maintenue (ou améliorée) grâce à des mesures de restauration (un découpage similaire existe aussi pour les eaux superficielles).

La France a défini sur son territoire 553 masses d'eau souterraine. L'état d'une masse d'eau souterraine est déterminé par la plus mauvaise valeur de son état quantitatif et de son état chimique : une eau souterraine est en bon état lorsque son état quantitatif et son état chimique sont qualifiés, au minimum, de bons. En 2005 (ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer), un état des lieux a défini le risque de non atteinte du bon état des masses d'eau souterraine en France en 2015⁽⁵⁾ : 208 masses d'eau présentaient un risque avéré de non atteinte du bon état (si aucune mesure n'était mise en place), 108 un risque potentiel et 237 présentaient un bon état probable.

Sur le plan qualitatif, les principaux paramètres déclassant les masses d'eau souterraine en France sont aujourd'hui toujours dus aux nitrates et aux pesticides d'origine agricole. La directive de 2006 de la DCE sur les eaux souterraines vise à prévenir (et à lutter contre) la pollution des eaux souterraines. Les mesures prévues comprennent les critères permettant a) d'évaluer l'état chimique des eaux, b) d'identifier les hausses significatives et durables des te-

neurs en polluants, et c) de prévenir et de limiter les rejets indirects (après percolation) de polluants dans les eaux souterraines (notamment de substances dangereuses).

La sécurité des eaux souterraines

Sécurité intérieure

La sécurité intérieure des eaux souterraines désigne leur sécurité d'approvisionnement : celle-ci implique que l'on préserve les eaux souterraines contre tous les risques de dégradation de leur état tant quantitatif que qualitatif.

L'impact du changement climatique sur les eaux souterraines

Le changement climatique se traduit par une modification du régime de recharge des nappes, un recours accru à ces ressources aquifères en raison de leur forte résilience, une fragilisation des aquifères côtiers suite à l'élévation du niveau marin, et un accroissement général de la demande en eau dû au réchauffement climatique. P. Döll (2009) a simulé l'impact du changement climatique en 2050 sur la recharge pour plusieurs scénarios et modèles climatiques identifiant des zones de plus forte vulnérabilité en Afrique du Nord, dans le sud-ouest de l'Afrique, le nord-est du Brésil et le centre de la région andine.

La conservation des réserves stratégiques de secours

Des aquifères en nombre limité situés à proximité immédiate des grandes métropoles urbaines doivent être conservés dans un bon état quantitatif et qualitatif au titre de « réserves stratégiques » pour l'alimentation de secours des populations en cas de crise ultime (pollution atteignant le réseau d'eau potable, accident nucléaire ou acte terroriste). C'est par exemple déjà le cas de la nappe albienne, en ce qui concerne l'agglomération parisienne (Agence de l'Eau Seine-Normandie, SDAGE, 2016).

L'accroissement des ressources aquifères

La mobilisation de ressources en eau superficielle par de grands barrages est en voie d'achèvement dans de nombreuses parties du monde (sauf en Afrique) et des techniques traditionnelles de récupération sont à nouveau promues dans les régions arides. Ainsi, par exemple, en Tunisie, des banquettes antiérosives (qui limitent le ruissellement et augmentent l'infiltration) recouvrent plus d'un million d'hectares de terres arables : elles ont permis une spectaculaire régénération des terres de parcours pour le pâturage de troupeaux. Mais leur impact sur le bilan hydrique (notamment sur la recharge des nappes) n'est pas encore établi. Ces ouvrages d'art sont en tous les cas reconnus pour augmenter un peu plus l'évapotranspiration favorisant l'accumulation des ressources en eau du sol que l'on appelle l'eau « verte ». Une autre voie est le stockage à long terme en aquifères que maîtrisent depuis de nombreuses années les États arides de l'Ouest américain, notamment en ce qui concerne les ressources du Colorado. Dans d'autres régions arides, des sources d'eau de

(5) <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-directive-sur-les-eaux.html>

surface de la dimension du Colorado sont rares, et les expériences de stockage souterrain sont encore timides (on peut citer parmi celles-ci la vallée du Souss, au Maroc, où les quantités infiltrées dans le lit de l'oued depuis 1990 ont dépassé le milliard de m³ (ABHSM, 2005).

Sécurité extérieure : les aquifères transfrontaliers

Près de 300 aquifères transfrontaliers ont été inventoriés par le programme mondial de cartographie hydrogéologique et d'évaluation de l'UNESCO, le WHYMAP (IGRAC, 2009 ; UNESCO, 2011). Certains des plus grands aquifères transfrontaliers du monde sont localisés en Amérique du Sud (bassin du Guarani) et en Afrique du Nord (système aquifère des grès nubiens et système aquifère du Sahara septentrional, le SASS). Des initiatives ont d'ores et déjà permis de mettre en place des mécanismes de gestion conjointe par les pays riverains : une autorité commune pour gérer le système aquifère des grès nubiens (Égypte, Libye, Soudan, Tchad), le mécanisme de concertation du SASS (Algérie, Libye, Tunisie) ou l'accord sur l'aquifère du Guarani (Brésil, Argentine, Paraguay, Uruguay). D'autres cas existent ailleurs dans le monde (notamment en Europe), mais en nombre très limité. En réalité, c'est dans les accords portant sur l'utilisation des bassins hydrographiques que peuvent se trouver mentionnées les eaux souterraines : sur les 400 traités actuellement en vigueur relatifs aux eaux douces transfrontières, 100 mentionnent les eaux souterraines, une dizaine seulement étant spécifiquement consacrés à la gestion conjointe d'aquifères transfrontaliers (MATSUMOTO, 2002). Quant à la réglementation internationale, elle a évolué au cours des 50 dernières années, depuis les « Règles d'Helsinki » (de 1966) et des références aux bassins hydrographiques pouvant inclure les eaux souterraines peu profondes, jusqu'à l'adoption par l'Assemblée générale de l'ONU, le 11 décembre 2008, de la résolution 63-124 portant sur le projet de « Loi sur les aquifères transfrontières », cette résolution pouvant servir de base pour l'élaboration d'une convention internationale (un projet réexaminé par l'Assemblée générale du 9 décembre 2011, celle-ci renvoyant les protagonistes aux règles de bon voisinage en « encourageant les États concernés à prendre les dispositions adéquates et à engager des accords bilatéraux pour la gestion appropriée de leurs aquifères transfrontières »).

Une gestion participative des eaux souterraines

L'eau souterraine constitue une ressource distribuée : la nappe se présente comme un réseau exploité collectivement et interactivement nécessitant un mode de gestion associant tous les usagers. La forme d'organisation associant les usagers à la gestion de la ressource comporte des principes directeurs universellement admis (OLLAGNON, 1991) : a) chaque usager trouve son intérêt individuel à prélever toujours plus sur une ressource partagée - pour éviter les abus, il faut favoriser la négociation ; b) la responsabilité de chacun sur l'état de la nappe est réelle, mais sans choix collectif d'ensemble, cet état est livré à la conscience de chacun (ce qui est insuffisant) et, enfin, c) pour les eaux souterraines, il faut prendre en compte l'ignorance qui libère de toute responsabilité à long terme.

Responsabilité, négociation, participation, solidarité ne sont rendues possibles que par une prise de conscience du caractère de « bien commun » de la nappe, une « conscience de nappe ».

Deux moyens permettent de sceller une telle conscience : a) l'éradication de l'ignorance des effets d'une surexploitation par l'éducation et la formation et b) l'instauration d'une redevance effective sur les prélèvements, qui signifie que l'eau a bien une valeur pour tous.

L'objectif de tout projet de gestion participative est de doter les agriculteurs-usagers d'informations, de connaissances et de compétences leur permettant d'assurer par eux-mêmes une gestion durable de la nappe et de contrôler leur propre demande. L'hypothèse fondamentale est que l'accès aux données et aux connaissances scientifiques élémentaires sur la nappe doit fournir aux agriculteurs les moyens de découvrir et d'adopter des solutions adéquates et durables pour régler les problèmes de surexploitation. La collecte des données et leur analyse sont conduites par les agriculteurs eux-mêmes⁽⁶⁾. Dans une perspective plus globale, Elinor Ostrom (1999) montre comment les individus arrivent à gérer des biens communs hors des modèles classiques étatisation/privatisation au travers d'institutions de gestion participative (dont cet auteur définit les conditions de leur durabilité).

En France, depuis 1994, ont été définies des « zones de répartition des eaux » (ZRE), où l'on constate une insuffisance chronique des ressources en eau par rapport aux besoins, et ce, tant pour les eaux souterraines que pour les eaux de surface. Dans ces zones, les prélèvements supérieurs à 8 m³/h sont soumis à autorisation. De plus, avec la loi sur l'eau (LEMA) de 2006, ont été créés dans les ZRE des « organismes uniques de gestion collective des eaux » (ce sont souvent les Chambres d'Agriculture qui jouent ce rôle) qui répartissent entre les usagers les volumes d'irrigation autorisés (tous les prélèvements doivent être mesurés par un compteur).

Conclusion

Les eaux souterraines ont l'immense avantage d'être une ressource distribuée qui permet des prélèvements diffus sans qu'il soit besoin d'un réseau de transport de l'eau (bien sûr, encore faut-il que des nappes aquifères existent). De plus, elles constituent des stocks d'eau importants et non contestés (comme le sont les barrages). Ces stockages sont le plus souvent saisonniers, ils s'étendent de la fin de périodes humides à la fin de périodes sèches. Mais, comme nous l'avons vu avec l'exemple de la nappe du Mornag, en Tunisie, ce stockage permet de lisser la variabilité des recharges annuelles, et ce, parfois sur plusieurs décennies. Mais, en certains lieux, un stockage d'eau dit « fossile » (c'est-à-dire constitué pendant des périodes plus humides de l'ère quaternaire) permet de bénéficier pendant quelques décennies (ou parfois durant quelques

(6) *Community Initiatives in Managing Groundwater Distress; APFA-MGS experience ; <http://www.apfamgs.org>*

siècles, pour les très grandes nappes) d'une réserve abondante, que l'on peut vider. Mais il faut alors prévoir une source de substitution le jour où la nappe en question sera tarie. Aujourd'hui, la recharge artificielle des nappes n'est pas assez développée pour accroître les réserves en eaux souterraines. Une gestion collective des prélèvements doit être mise en œuvre.

La protection de la qualité des eaux souterraines est une contrainte indispensable si l'on veut pouvoir continuer à utiliser cette ressource. La source majeure de pollution des nappes étant l'agriculture, il est indispensable de développer une « agro-écologie » qui permette de maîtriser les flux de polluants agricoles.

L'augmentation de la demande en eau est dictée par deux phénomènes : la croissance démographique et la modification des régimes alimentaires (la consommation accrue de viande engendrant un besoin en végétaux exigeants en eau pour l'alimentation du bétail). Quand cette augmentation de la demande en eau concerne des pays arides aux ressources en eau insuffisantes, il n'y a que trois solutions : a) transférer de l'eau par canaux ou par aqueducs depuis des régions plus riches en eau ; b) transférer de la nourriture produite ailleurs (l'on parle alors d'« eau virtuelle ») et enfin, c) permettre la migration des populations des zones arides vers les zones plus arrosées.

Si la croissance démographique n'est pas maîtrisée, le problème des migrants dont nous parlons aujourd'hui ne fera que s'amplifier.

Bibliographie

ABHSM (2005), *Renforcement de la recharge artificielle de la nappe du Souss*, agence de bassin hydraulique Souss Massa : www.riob.org/IMG/pdf/recharge_souss_05.pdf

Agence de l'eau Seine-Normandie, SDAGE 2016-2021 (2016) : http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Dossier_partage/INSTITUTIONNEL/SDAGE_2016_2021/AESN_SDAGE2016__WEB_.pdf

Voir aussi :

http://sigessn.brgm.fr/files/FichesMESO/Fiches_resumees/Fiche_resume_MESO_FRHG218_Seine-Normandie.pdf

DÖLL (P.), "Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment", *Environ. Res. Lett.* 4, IOP Publishing, 2009. Doi : 10.1088/1748-9326/4/3/035006

DÖLL (P.) & FIEDLER (K.), "Global-scale modeling of groundwater recharge", *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 12, 2008, pp. 863-885. Doi : 10.5194/hess-12-863-2008.

DÖLL (P.), MULLER SCHMIED (H.), SCHUH (C.), PORTMANN (F. T.) & EICKER (A.), "Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modelling with information from well observations and GRACE satellites", *Water Resour. Res.* 50, 2014, pp. 5698-5720. Doi : 10.1002/2014WR015595.

ENNABLI (M.), *Étude hydrogéologique des aquifères du nord-est de la Tunisie. Pour une gestion intégrée des*

ressources en eaux, thèse de doctorat ès-sciences, Nice, 1980.

HARVEY (C. F.) & al., "Arsenic Mobility and Groundwater Extraction in Bangladesh", *Science* 22, vol. 298, Issue 5598, november 2002, pp. 1602-1606. Doi : 10.1126/science.1076978.

HORRICHE (F.), *Contribution à l'analyse et à la rationalisation des réseaux piézométriques*, thèse de doctorat ENIT, Tunis, 2004.

KONIKOW (L. F.), "Contribution of global groundwater depletion since 1900 to sea level rise", *Geophys. Res. Lett.* 38, L17401, 2011. Doi : 10.1029/2011GL048604.

MARGAT (J.), *Exploitation et utilisation des eaux souterraines dans le monde*, France, Éditions BRGM, 2008.

MARSILY DE (G.), *L'Eau, un trésor en partage*, Paris, Dunod, 2009.

MARSILY DE (G.), « Création de « parcs naturels hydrogéologiques ». Plaidoyer », bulletin SRETIEINFO, *Recherche Études Environnement Développement*, ministère de l'Environnement, 34 juin 1991, pp. 5-7.

MATSUMOTO (K.), *Transboundary groundwater and international law: past practices and current implications*, MSc, Dep. Geosciences, Oregon State University, 2002.

OLLAGNON (H.), *La Gestion patrimoniale des eaux souterraines à travers l'exemple de la nappe phréatique d'Alsace*, Comité Pollution des nappes phréatiques de l'Académie des Sciences, Paris, janvier 1991.

OSTROM (E.) & al., "Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges", *Science*, n°284, 1999, p. 278.

RODELL (M.), VELICOGNA (I.) & FAMIGLIETTI (J. S.), "Satellite-based estimates of groundwater depletion in India", *Nature* 460, 2009, pp. 999-1002. Doi : 10.1038/nature08238.

SHAH (T.), *Groundwater and Human Development: Challenges and Opportunities in Livelihoods and Environment*, Presentation made at the 2004 Stockholm World Water Week, Water Science and Technology, 2004.

VAN DER GUN (J.), *Groundwater and Global Change: Trends, Opportunities and Challenges*, in WWDR4, UNESCO, 2012.

WADA (Y.), VAN BEEK (L. P. H.), VAN KEMPEN (C. M.), RECKMAN (J. W. T. M.), VASAK (S.) & BIERKENS (M. F. P.), "Global depletion of groundwater resources", *Geophys. Res. Lett.* 37, L20402, 2010. Doi : 10.1029/2010GL044571.

WADA (Y.), VAN BEEK (L. P. H.), SPERNA-WEILAND (F. C.), CHAO (B. F.), WU (Y.-H.) & BIERKENS (M. F. P.), "Past and future contribution of global groundwater depletion to sea-level rise", *Geophys. Res. Lett.* 39, L09402, 2012. Doi : 10.1029/2012GL051230.

WADA (Y.), LO (M.-H.), YEH (P. J.-F.), REAGER (J. T.), FAMIGLIETTI (J. S.), WU (R.-J.) & TSENG (Y.-H.), "Fate of water pumped from underground and contributions to sea-level rise", *Nature Climate Change* 6, 2016, pp. 777-780, 2016. Doi : 10.1038/nclimate3001.

L'hydroélectricité, le mariage de l'eau et de l'énergie

Par Yves GIRAUD

Directeur de l'Hydraulique du groupe EDF

L'hydroélectricité est aujourd'hui à la confluence des grands enjeux de l'eau, de l'énergie, de l'environnement et du climat – autant de défis auxquels elle peut répondre positivement, grâce aux nouvelles techniques dont nous disposons aujourd'hui. Si ces différents enjeux sont mal gérés dans le cadre de politiques disjointes, ils peuvent se révéler vite contradictoires entre eux (par exemple, la volonté de développer une énergie renouvelable pour lutter contre le réchauffement climatique et celle de la préservation des espaces naturels et du bon état écologique des cours d'eau). Au contraire, s'ils sont bien gérés et correctement coordonnés par les États et les exploitants, l'hydraulique sera alors appelée à jouer un rôle de premier plan dans le monde, en tant qu'énergie renouvelable apportant sa flexibilité et sa capacité de stocker à la fois de l'eau et de l'énergie.

Une source d'énergie ancienne qui a su évoluer... au fil de l'eau !

L'utilisation de l'énergie hydraulique est bien antérieure à l'hydroélectricité, apparue à la fin du XIX^e siècle. Avant même la construction de barrages hydroélectriques et la production d'électricité, la force motrice de l'eau a été utilisée dès l'Antiquité. Les premiers moulins à eau apparaissent au premier siècle avant notre ère (quelque part entre la Grèce et l'Asie Mineure), avant de gagner les empires romain et chinois – d'abord pour mouler le grain, puis pour scier la pierre ou activer soufflets et marteaux de forge.

Très tôt dans l'histoire, l'eau est ainsi mariée à l'énergie dans des ouvrages ingénieux qui dérivent l'eau, la canalisent et la restituent au milieu naturel (ou l'utilisent ensuite pour l'approvisionnement d'une cité ou l'irrigation de terres cultivées). L'eau est ainsi doublement source de vie : amenée par des aqueducs dans la Rome antique, elle sert à la fois d'eau potable, d'eau de lavage, d'eau d'irrigation et d'énergie, puisqu'elle permet de broyer le grain et de fabriquer le pain distribué au peuple dans des installations sous contrôle de l'administration romaine... Dans une version plus capitaliste, les moulins de la chaussée du Bazacle, qui avaient été installés au Moyen Âge sur un gué naturel de la Garonne, ont non seulement permis d'alimenter en farine la ville de Toulouse, mais aussi de fournir l'énergie mécanique nécessaire à ses tanneurs et à ses papetiers. Ces moulins constituaient – au XIV^e siècle – la première société par actions du monde, avant de devenir, en 1888, un site historique de production d'électricité valorisé aujourd'hui comme espace culturel EDF-Bazacle, au cœur de la Ville Rose.



Photo © EDF - Jean-Luc Petit

L'espace culturel EDF-Bazacle à Toulouse.

À partir du XIX^e siècle, l'énergie hydraulique participe activement à la révolution industrielle tant en Europe qu'aux États-Unis. Benoît Fourneyron, ingénieur civil sorti de l'École des Mines de Saint-Étienne, invente la première « turbine hydraulique », dont le rendement pouvait dépasser les 80 %. Il a été suivi par d'autres ingénieurs, entrepreneurs, visionnaires et pionniers, comme les Américains James B. Francis et Lester Allan Pelton, l'Autrichien Viktor Kaplan, ou encore le Français Aristide Bergès, un Centralien, à qui nous devons l'expression « houille blanche » (qui désigne l'électricité hydraulique).

Après cette ère des pionniers, l'hydroélectricité se développe, dans le courant des années 1930, en tant que l'une des principales sources d'électricité, attirant des industries au pied des montagnes. Des usines dites « à



Photo © EDF - Dominique Guillaudin

Le barrage de Roselend situé sur le territoire de la commune de Beaufort-sur-Doron (Savoie).

toits mêlés » naissent alors dans les vallées des Pyrénées et des Alpes : la production d'énergie et la fabrication de l'aluminium sont réalisées dans un même bâtiment ! Les décennies 1950 à 1980 voient l'avènement de grands ouvrages hydroélectriques, comme les barrages de Tignes ou de Roselend dans les Alpes, qui, construits et exploités par EDF, sont de véritables prouesses de génie civil, avec parfois des aménagements complexes, où l'eau est acheminée d'une vallée dans une autre *via* des galeries souterraines.

La première des énergies renouvelables

Aujourd'hui, l'hydroélectricité bénéficie d'un engouement nouveau en tant qu'énergie renouvelable, en France et dans le monde. Elle constitue en effet la première énergie renouvelable par son antériorité, mais aussi par le rang qu'elle occupe dans la production d'électricité et son développement mondial, qui présente encore d'immenses potentiels de croissance, depuis l'Amérique Latine jusqu'à l'Asie, en passant par l'Afrique.

La production d'électricité renouvelable représentait en 2016 près du quart de l'électricité produite dans le monde et l'hydraulique comptait pour 70 %, suivi par l'éolien et le photovoltaïque. C'est plus généralement la 3^{ème} source de production d'électricité au monde, après le charbon et le gaz – loin devant le nucléaire. Son poids économique est également majeur : pour la seule Europe, il représente, selon l'IHA (*International Hydro-power Association*), la

création d'une valeur de 38 milliards d'euros par an et génère 15 milliards d'euros de recettes fiscales annuelles. L'industrie européenne compte des fleurons comme GE-Alstom (avec son site historique de Grenoble), l'autrichien Andritz ou encore l'allemand Voith, et une myriade de PME innovantes (notamment en France).

Ses très faibles émissions de gaz à effet de serre en font bien sûr l'énergie verte par excellence (28 g d'équivalent CO₂/kilowattheure - contre 490 à 820 g pour la production d'électricité au gaz et au charbon, selon le GIEC). Même en France, où l'essentiel du potentiel est exploité, la récente loi de « Transition énergétique pour une croissance verte » favorise le développement de petites usines hydrauliques. Pour ces dernières, l'État français a lancé un appel d'offres en décembre 2016, qui devrait être suivi par un nouvel appel d'offres au printemps 2017.

Une énergie flexible et stockable au cœur des transitions énergétiques

L'hydraulique est « doublement renouvelable » en ceci que sa flexibilité permet d'intégrer au réseau électrique davantage d'éolien et de photovoltaïque, dont la production varie en fonction du soleil ou du vent. Sa grande flexibilité nous donne en effet la capacité de nous adapter aux variations de l'équilibre offre/demande d'électricité. Selon les ouvrages, l'hydroélectricité peut assurer depuis des modulations intra-journalières de leur production (grâce au stockage de quantités d'eau limitées, pour les centrales hydroélectriques dites « éclusées ») jusqu'à des

modulations saisonnières (dans le cas des grands lacs de barrage). L'hydraulique constitue aujourd'hui la seule technique économiquement rentable permettant de stocker de l'électricité en quantités importantes et à différents horizons temporels au travers du stockage d'eau dans des retenues. Les apports naturels d'eau (pluies, fonte des neiges) sont retenus dans les lacs de barrage pour être ensuite turbinés, plusieurs semaines ou plusieurs mois plus tard, en fonction des besoins et du marché de l'électricité.

Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) en constituent la forme la plus aboutie. Développées à partir des années 1970-80 dans le monde entier, elles consistent à pomper de l'eau (le réseau électrique étant en période creuse) pour la remonter dans un réservoir supérieur, et à la turbiner ensuite en période de pointe, quand les prix sont plus élevés (selon le *spread* « *peak-off peak* », c'est-à-dire l'écart entre le prix de l'électricité en heures creuses et le prix de celle-ci durant les heures de pointe). La plus grande STEP française est celle de Grand-Maison, dans les Alpes. Avec une hauteur de chute de près de 1 000 mètres, elle permet de délivrer instantanément une puissance de 1,8 gigawatt, soit l'équivalent de deux réacteurs nucléaires. Ces ouvrages jouent un rôle essentiel pour la sécurité du réseau électrique, comme on a pu le vérifier lors de la grande panne du réseau européen du 4 novembre 2006.

L'eau : une ressource partagée – une énergie des territoires

Dès leur conception, les grands aménagements hydrauliques ont souvent été pensés comme des ouvrages à buts multiples s'inscrivant au cœur des enjeux de l'eau, de l'énergie et des territoires :

- **L'aménagement des grands fleuves**, comme le Rhin, le Danube ou le Mississippi, a été réalisé d'abord pour les dompter et réguler leurs crues souvent dévastatrices en les « canalisant », ensuite pour en assurer la navigabilité et, enfin, pour en tirer de l'énergie. Sur le Rhin, EDF assure ainsi une importante production d'électricité (10 milliards de kWh par an) et la navigation de plus de 20 000 péniches par an, *via* les écluses. Ces péniches (allemandes et suisses pour 90 % d'entre elles) représentent l'équivalent de 2 millions de camions par an. Avec les économies d'émission de CO₂ ainsi réalisées, l'aménagement du Rhin constitue donc un poumon à la fois économique et écologique. Les incidences sont importantes en termes d'exploitation : il faut ainsi être à même de garantir un strict respect de cotes très précises pour pouvoir emprunter les canaux et accéder au port de Bâle, qui est le premier port d'approvisionnement pour l'industrie suisse.
- **Les grands réservoirs de montagne** ont souvent été eux-mêmes conçus à des fins multiples : produire de l'électricité, mais aussi stocker de l'eau et assurer des soutiens d'étiage en périodes sèches. Ainsi en va-t-il des lacs de Serre-Ponçon et de Sainte-Croix-du-Verdon. Ces deux réservoirs et l'ensemble de la chaîne Durance-Verdon représentent, là encore, avec une disponi-

bilité quasi immédiate, la puissance de deux réacteurs nucléaires. Mais ce sont par ailleurs les deux premières retenues artificielles d'eau douce de France, ces deux lacs de barrage alimentant en eau potable trois millions d'habitants, dont ceux des agglomérations de Marseille, d'Aix-en-Provence et de Toulon. Ils sont de plus à l'origine d'une agriculture florissante en Provence. Ils accueillent également quatre millions de touristes par an, auxquels il faut assurer, en été, une cote élevée (pour les lacs) et un débit d'eau suffisant du Verdon (pour les kayakistes). La gestion de l'eau est donc, on le voit, indissociable du métier de producteur d'électricité. Avec 75 % des réserves d'eaux de surface, EDF est le premier gestionnaire de la ressource en eau en France.



Le barrage de Sainte-Croix (Région Provence-Alpes-Côte d'Azur).

Photo © EDF / Franck Oddoux

L'eau, une ressource précieuse et vulnérable

Acteurs de l'eau, les hydrauliciens sont donc au cœur non seulement des enjeux énergétiques, mais aussi des enjeux environnementaux et climatiques : changement climatique, stress hydrique, biodiversité, modification des usages..., autant de questions que doivent se poser les exploitants d'hydroélectricité partout dans le monde, en partenariat avec les scientifiques et tous les acteurs de l'environnement.

La continuité écologique et piscicole, en particulier, est un des premiers enjeux à avoir été progressivement relevé par les hydrauliciens. Les passes à poissons datent de la fin du XIX^e siècle, mais c'est à partir des années 1980 qu'elles deviennent véritablement efficaces, permettant la reproduction des grands migrateurs comme le saumon. La Directive européenne « Cadre sur l'Eau », en 2000, et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006, en France, fixent, dans ce domaine, des objectifs ambitieux. La loi française sur l'eau de 2006, en particulier, impose de relever le débit dit réservé devant être maintenu dans le cours naturel des rivières exploitées (ce qui réduit, du même coup, la production d'électricité...). S'agissant des passes et ascenseurs à poissons, EDF dispose de plus d'une centaine d'ouvrages de ce type en France (avec, pour certains d'entre eux, un équipement permettant un comptage électronique des poissons migrateurs). Ces ouvrages sont plus sophistiqués qu'il n'y paraît, relevant d'une haute expertise technique et environnementale : il

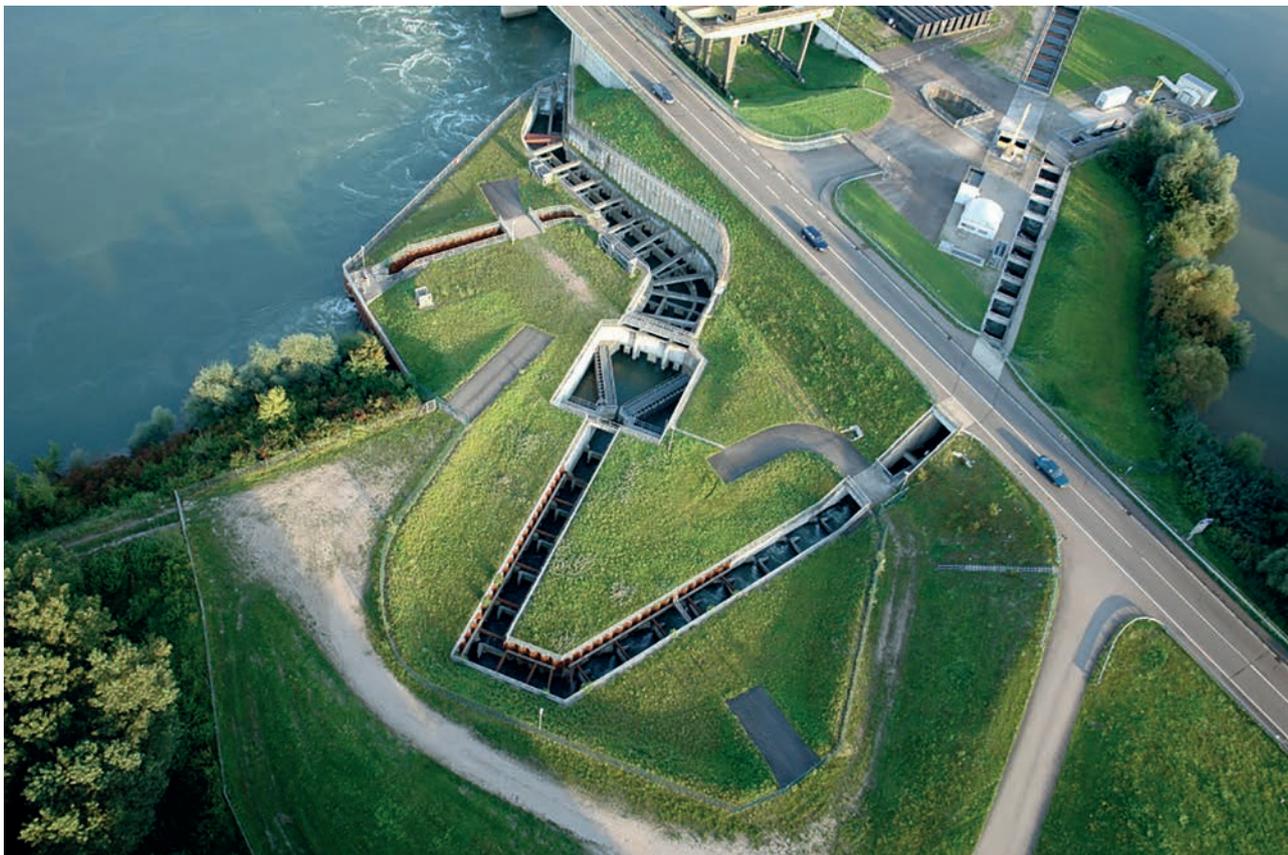


Photo © EDF - Dominique Guillaudin

Passe à poissons aménagée en bordure d'un barrage.

s'agit de reconstituer de véritables rivières artificielles, en veillant à assurer des débits dits « d'attrait » pour inciter les poissons à y pénétrer. Ce sont des investissements lourds pour l'exploitant, qui s'inscrivent dans un cadre juridique de concessions ouvertes à la concurrence à leur échéance, et où le propriétaire de ces ouvrages reste l'État.

La biodiversité est, plus largement, un nouveau défi qui est encadré en France par la récente loi éponyme. Ainsi, EDF a, par exemple, participé à la « renaturation » du vieux Rhin, en 2015. Dans ce que l'on appelle la « petite Camargue alsacienne », une réserve naturelle riche d'îles et de berges, les espèces animales et végétales retrouvent vie : ainsi, le crapaud sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) et le martin-pêcheur d'Europe (*Alcedo atthis*) sont de retour. Ailleurs, la préservation du castor d'Europe (*Castor fiber*), de l'anguille, des écrevisses à pattes blanches, du desman des Pyrénées (ou rat trompette) ou de l'apron du Rhône (un poisson très vulnérable à tout changement dans son environnement) constituent de véritables enjeux pour tout hydraulicien socialement responsable.

Ces enjeux environnementaux et sociétaux (E&S) sont aussi très importants pour le développement de l'hydraulique dans le monde. Ils doivent être pris en compte très en amont de la phase de conception et ils figurent au premier rang des préoccupations non seulement des pays concernés, mais aussi de certains bailleurs de fonds

(comme la Banque mondiale). Pour les hydrauliciens, les déplacements de populations ou d'activités existantes (chasse et pêche) et l'impact de nouveaux ouvrages sur la qualité de l'eau, la faune et la flore deviennent des domaines d'expertise au même titre que leur compétence technique et industrielle et ils constituent des facteurs de différenciation pour les développeurs. Ainsi, au Brésil, la préservation de la forêt amazonienne est un redoutable enjeu : la surface des retenues ne doit pas être disproportionnée par rapport à la production d'énergie escomptée et il est impératif de couper la juste quantité d'arbres pour assurer la qualité de l'eau et leur valorisation.

EDF est ainsi particulièrement fier de la référence que constitue pour l'entreprise le barrage de Nam Theun, au Laos, d'une puissance de 1 000 mégawatts, qui vend l'essentiel de son électricité à la Thaïlande et qui a été financé par des fonds provenant de 27 partenaires, parmi lesquels la Banque mondiale et la Banque asiatique de développement. Une partie des recettes a été affectée au développement économique du pays et à la lutte contre la pauvreté. Parmi les avantages directs dont bénéficient les populations touchées par ce projet figurent une nette amélioration des conditions de vie des 6 000 villageois qui ont dû être réinstallés, des programmes de développement destinés à 200 villages situés en aval des installations, l'amélioration du réseau routier, l'accroissement des possibilités d'emploi et la protection d'une vaste zone de biodiversité.

L'hydroélectricité : une eau et une énergie durables pour les territoires !

En conclusion, l'hydroélectricité est aujourd'hui à la confluence des grands enjeux de l'eau, de l'énergie, de l'environnement et du climat et elle dispose de nouveaux outils et de nouvelles techniques devant lui permettre d'y répondre positivement. Mal gérés dans le cadre de politiques disjointes, ces enjeux risqueraient de s'avérer rapidement contradictoires (entre, par exemple, la nécessité de développer une énergie renouvelable pour lutter contre le changement climatique et celle de la préservation des espaces naturels et du bon état écologique des cours d'eau). Au contraire, si ces enjeux sont bien gérés et correctement coordonnés par les États et les exploitants, l'hydraulique sera alors appelée à jouer un rôle de premier plan en tant qu'énergie renouvelable apportant sa flexibilité et sa capacité de stockage de l'eau. À l'échelle planétaire, comme au cœur des vallées les plus reculées de nos vieux pays, elle apporte la vie, avec l'eau et l'énergie, et elle permet une reconquête tant de l'activité économique que de la biodiversité. L'hydraulique du futur, qui doit commencer par la valorisation de son patrimoine exceptionnel, retrouve ainsi ses origines très anciennes, au cœur du développement des premières civilisations, afin d'assurer une énergie et une gestion de l'eau qui soient durables !

EDF, premier producteur d'électricité renouvelable en Europe

EDF est le premier producteur d'énergie renouvelable en Europe, notamment grâce à l'hydroélectricité. En dehors de l'Europe, l'hydraulique est aussi un axe majeur du développement international d'EDF, avec des chantiers (en cours ou projetés) en Amérique Latine, en Afrique et en Asie.

Dans l'Hexagone, EDF produit environ 10 % de l'électricité grâce à l'énergie hydraulique, la première des énergies renouvelables.

Le parc hydraulique d'EDF compte 433 centrales et 622 barrages en France, pour une capacité installée de 20 gigawatts.

Par la force de l'eau, l'énergie hydraulique produit une électricité durable, souple et compétitive, et elle n'émet quasiment pas de CO₂.

En 2016, 42,4 térawattheures (TWh) d'électricité ont été produits en France grâce au parc hydroélectrique d'EDF. Mobilisable en quelques minutes seulement et à tout moment, ce parc permet de répondre aux brusques fluctuations dans la demande d'électricité.

Au-delà de son rôle d'électricien, EDF gère 75 % des eaux artificielles de surface de la France métropolitaine et joue un rôle central dans la gestion partagée de l'eau entre tous les secteurs consommateurs : l'électricité, l'eau potable, l'agriculture, l'industrie, le tourisme...



Photo © EDF - Philippe Eramian

Le barrage de Nam Theu (un affluent du Mékong) au Laos.

La biodiversité des milieux aquatiques continentaux en France métropolitaine : état des lieux et menaces

Par Paul MICHELET

Directeur général adjoint de l'Agence française pour la biodiversité ⁽¹⁾

La surface des écosystèmes aquatiques continentaux ne représente que 0,8 % de la superficie totale de la planète, mais elle abrite au minimum 6 % des espèces ayant été décrites à ce jour. Pourtant, la biodiversité aquatique connaît une régression mondiale. En France, seulement 16 % des milieux et des espèces aquatiques et humides d'intérêt communautaire sont dans un état de conservation favorable. Les principaux facteurs d'érosion de cette biodiversité sont non seulement la dégradation des habitats des espèces, notamment par la modification de la morphologie des cours d'eau (rectification du lit, artificialisation des berges, ouvrages transversaux...), mais également les rejets polluants ponctuels et diffus, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, la surexploitation de la ressource et le changement climatique. Si l'effet de ces différentes sources de stress reste difficile à appréhender, la mise en œuvre d'actions de restauration permettant d'agir de façon coordonnée sur plusieurs facteurs donne des résultats encourageants.

Introduction

La surface des écosystèmes aquatiques continentaux ne représente que 0,8 % de la superficie totale de la planète, mais cette minuscule fraction abrite au moins 6 % des espèces décrites à ce jour. Eaux intérieures et biodiversité des eaux douces constituent donc, à ce titre, une ressource naturelle précieuse.

Malgré cela, l'érosion de la biodiversité aquatique se poursuit et les facteurs de cette érosion sont comparables à ceux de la biodiversité terrestre : dégradation des habitats des espèces (notamment par la modification de la morphologie des cours d'eau), effets de polluants, introduction d'espèces exotiques envahissantes, surexploitation et changement climatique. Nous présentons ici un état des lieux de la biodiversité aquatique en France métropolitaine, certaines des menaces qui pèsent sur elle (en particulier sur l'hydromorphologie des cours d'eau) et des actions menées pour préserver celle-ci.

L'état de la biodiversité aquatique en France métropolitaine

Quelques généralités sur l'écologie aquatique

Les processus écologiques qui structurent les communau-

tés aquatiques locales interviennent à différentes échelles spatiales et temporelles. Ainsi, la dernière glaciation qu'a connue l'Europe (entre -24 000 et -18 000 ans) explique certaines différences entre grandes régions : le pourtour méditerranéen, qui avait été relativement épargné, présente de ce fait un fort taux d'endémisme (présence d'espèces rares et potentiellement vulnérables aux changements) par rapport au centre et au nord de l'Europe.

À l'échelle des bassins versants, l'évolution des peuplements de poissons de l'amont vers l'aval des cours d'eau a été l'un des premiers sujets de recherche en écologie aquatique (zonation de Huet 1949 : voir la Figure 1 de la page suivante). En fait, c'est toute la composition du réseau trophique, depuis les producteurs primaires (cyanobactéries, algues, mousses...) jusqu'aux consommateurs et décomposeurs, qui évolue le long de ces *continuum*s.

En amont des cours d'eau se trouvent plutôt des espèces d'eaux fraîches, claires, pauvres en nutriments (nitrates

(1) Remerciements : l'auteur tient à adresser ses plus vifs remerciements aux collaborateurs de l'Onema (désormais intégré à l'AFB), Bénédicte Augéard, Gabriel Melun, Olivier Perceval, Nicolas Poulet, Yorick Reyjol et Anne Vivier, dont l'expertise a contribué de façon déterminante à l'élaboration de cet article.

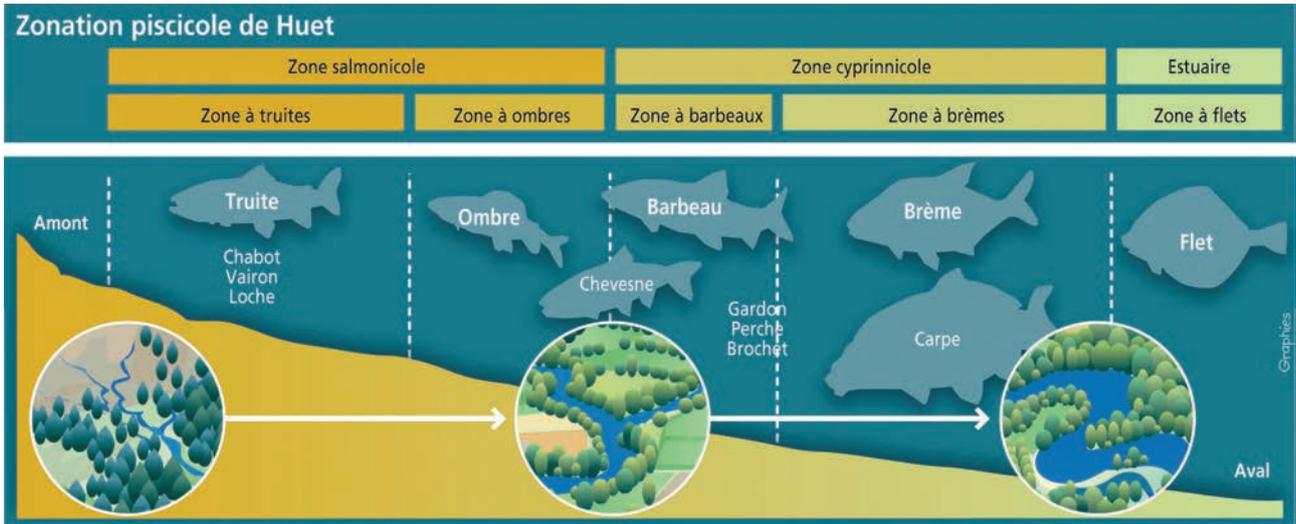


Figure 1 : Distribution des espèces de poisson d'amont en aval d'un cours d'eau, selon Huet (1949).

et phosphates) et riches en oxygène, dont la température basse varie peu. En descendant vers l'aval, l'on rencontre des espèces de plus en plus thermophiles (les eaux étant de plus en plus chaudes) supportant de vivre dans des eaux plus chargées (en nutriments, en matières en suspension...). Le nombre des espèces de poissons est classiquement connu pour augmenter progressivement de l'amont vers l'aval des bassins versants, les invertébrés montrant plutôt un maximum de diversité variétale dans les parties intermédiaires des cours d'eau.

À l'échelle du tronçon de cours d'eau, la variété des micro-habitats est définie par l'hydromorphologie locale, avec une alternance entre des faciès de type « radier »

(faible profondeur, courant important) et « mouille » (plus grande profondeur, faible vitesse du courant – voir la Figure 2 ci-contre).

Dans les grands cours d'eau, les habitats sont majoritairement distribués latéralement, au sein de bras morts ou de zones de méandre.

Ces alternances d'habitats conditionnent l'abondance des différentes espèces en fonction de leurs traits bio-écologiques, du stade de développement des individus et de la période de l'année (reproduction printanière, croissance estivale, latence hivernale...).

La biodiversité dite remarquable

La biodiversité remarquable correspond à des entités (gènes, espèces, habitats, paysages...) que la société a identifiées comme ayant une valeur intrinsèque. Elle fait donc l'objet d'une préservation particulière, par exemple via la directive « Habitats, Faune, Flore » (DHFF) qui a pour objectif de préserver certains habitats et certaines espèces d'intérêt communautaire. Seuls 16 % des milieux et des espèces aquatiques et humides d'intérêt communautaire sont en état de conservation favorable (36 % sont en état inadéquat, 37 % en mauvais état et 10 % sont « inconnus ») : ils sont considérés comme faisant partie des écosystèmes les moins bien conservés.

Cet état des lieux vu au travers de la DHFF est confirmé par les listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). En France métropolitaine, 15 espèces de poissons d'eau douce (sur 69 espèces natives) sont aujourd'hui menacées. Quatre d'entre elles sont en danger critique : l'anguille européenne, l'esturgeon européen, l'apron du Rhône et le chabot du Lez. Certaines espèces emblématiques sont considérées comme vulnérables, à l'image du brochet, du saumon atlantique ou de l'omble chevalier. La situation est également inquiétante pour les crustacés d'eau douce (notamment l'écrevisse des torrents) et pour les amphibiens (comme la salamandre noire) (voir la Figure 3 de la page suivante).

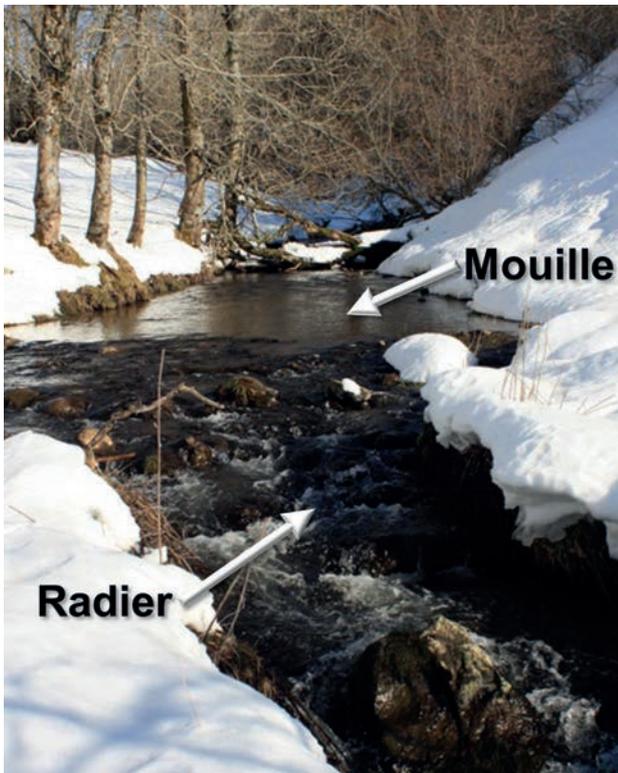


Photo © AFB

Figure 2 : Illustration d'une séquence radier-mouille : deux types de micro-habitats.



Photo © AFB

Figure 3 : Exemples d'espèces aquatiques en danger critique : l'anguille européenne, l'apron du Rhône et l'écrevisse des torrents.

La biodiversité dite ordinaire

La biodiversité ordinaire correspond à celle qui n'a pas une valeur intrinsèque identifiée par la société, mais qui contribue pourtant à la production de services écosystémiques (fourniture d'une ressource de qualité, régulation du climat, loisirs, etc.). La directive cadre européenne sur l'eau (DCE) de 2000, qui fixe pour objectif la reconquête du bon état écologique des eaux, permet de connaître et d'améliorer l'état de cette biodiversité aquatique dite ordinaire, qui est cruciale pour le maintien d'écosystèmes fonctionnels et résilients. En effet, les indicateurs d'évaluation de l'état écologique des eaux de surface se fondent sur la structure et sur la composition des communautés aquatiques. En 2013, seuls 43 % des cours d'eau et des plans d'eau étaient considérés en bon ou en très bon état : ils se situent en majorité dans les massifs montagneux, moins soumis aux impacts directs des activités anthropiques.

Les atteintes à la biodiversité des cours d'eau

Dans ce qui suit, nous nous focaliserons sur les cours d'eau, qui représentent une grande partie du réseau hydrographique. Mais les autres types de milieux aquatiques (plans d'eau, zones humides, estuaires...) subissent eux aussi un grand nombre d'atteintes à leur biodiversité. De même, la surexploitation par la pêche ne sera pas abordée, même si elle contribue à la vulnérabilité de certaines espèces (comme l'anguille européenne ou l'esturgeon).

La dégradation des habitats et les altérations de l'hydromorphologie

L'hydromorphologie s'intéresse à la forme prise par les cours d'eau et aux processus physiques qui régissent celle-ci. Naturellement, la dynamique fluviale génère des conditions diversifiées d'habitabilité du milieu, mais sous l'effet des pressions anthropiques, cette hétérogénéité peut être mise à mal. Si elles existent depuis le Néolithique, les pressions anthropiques se sont considérablement accentuées à partir du XIX^e siècle. Sous l'effet des aménagements, le fonctionnement hydro-sédimentaire des cours d'eau a été bouleversé, parfois de façon irréversible.

Au niveau du lit mineur, les modifications de la géométrie (rectification, chenalisation, curage...) conduisent à une perte de diversité morphologique favorisant une homogénéisation des habitats et des espèces qui les peuplent. De

même, les extractions de granulats (particulièrement intenses à la fin des années 1940) sont à l'origine d'incisions du lit, voire de la disparition de l'intégralité du matelas alluvial. Les obstacles à l'écoulement (seuils et barrages) modifient également les conditions d'écoulement liquide, en favorisant une surreprésentation des faciès d'écoulement d'eau calme, et solide, par le blocage, au moins partiel, de la charge sédimentaire en transit. L'augmentation de zones d'eau calme favorise également l'installation d'espèces exotiques envahissantes.

D'autre part, les ouvrages contraignent la migration piscicole nécessaire à l'accomplissement du cycle de vie de nombreuses espèces. Cette fragmentation est à l'origine d'une réduction (parfois drastique) de la diversité faunistique et floristique. Enfin, les régimes hydrologiques sont modifiés par le stockage d'eau dans les retenues, ainsi que par l'hydroélectricité et par les prélèvements, l'ensemble compromettant le bon état écologique des cours d'eau.

Au-delà du lit mineur, les marges riveraines sont également affectées par diverses interventions anthropiques. Les protections de berges (comme les digues) empêchent un cours d'eau d'accéder à son propre stock alluvial. À l'échelle du bassin versant, certaines pratiques (comme les suppressions de ripisylves ou les drainages) entraînent des dysfonctionnements hydromorphologiques (colmatages, incisions, etc.) qui sont à l'origine d'une réduction globale de la qualité et de la diversité des habitats.

Les polluants

Parmi les facteurs contribuant à l'érosion de la biodiversité aquatique, la pollution est sans doute la plus insidieuse et la moins « visible » : les propriétés éco-toxicologiques de substances chimiques mises sur le marché sont rarement totalement connues, mais de nouveaux polluants (substances hormono-mimétiques ou médicaments) sont maintenant détectés et la connaissance des interactions entre substances et de l'effet de la combinaison de ces produits sur la faune et sur la flore aquatiques reste limitée.

Cependant, tout n'est pas inconnu : l'eutrophisation des milieux aquatiques, cette prolifération d'algues parfois toxiques créant des zones d'anoxie, est liée à un excès de nutriments. Elle est responsable de mortalités massives de poissons et d'invertébrés et elle peut contribuer à l'extinction locale de certaines espèces (comme les corégones dans les lacs préalpins). De plus, l'introduction dans

l'environnement d'hormones artificielles utilisées pour la contraception conduit au bout de quelques années à l'observation chez certains poissons d'individus intersexués, ce phénomène annonçant la disparition de leurs populations. Enfin, à une échelle plus globale, l'impact des pesticides sur la biodiversité des invertébrés des petits cours d'eau peut réduire jusqu'à 40 % de la richesse taxonomique.

Les espèces exotiques envahissantes

Une espèce exotique envahissante (EEE) est définie comme une espèce introduite (volontairement ou accidentellement) par l'homme en dehors de son aire de répartition naturelle et dont l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes, avec des conséquences écologiques, économiques ou sanitaires négatives. Plus de 54 % des extinctions documentées seraient liées aux EEE et les impacts ne se résument pas aux cas extrêmes d'extinctions d'espèces.

La biodiversité aquatique est affectée, avec des cas de prédation de la gambusie (poisson à moustiques) sur les œufs et larves des amphibiens ou encore d'hybridation entre l'érismaure à tête rousse (EEE de canard) et l'érismaure à tête blanche, une espèce protégée menacée d'extinction. La transmission de pathogènes peut engendrer des extinctions locales de populations, comme dans le cas d'un champignon exotique véhiculé par les écrevisses exotiques d'origine nord-américaine et s'attaquant à nos écrevisses indigènes. Enfin, les EEE modifient le fonctionnement des écosystèmes qu'elles envahissent. Les bivalves introduits comme la moule zébrée et les corbicules, par leur filtration intensive, font diminuer la biomasse phytoplanctonique et zooplanctonique et par voie de conséquence la biomasse piscicole locale.

Le réchauffement climatique

Les milieux aquatiques présentent une forte vulnérabilité au changement climatique, d'une part, car celui-ci a un impact direct sur le cycle de l'eau et, d'autre part, car la majorité des espèces aquatiques sont des organismes à sang froid, plus sensibles aux modifications de la température de leur milieu. On s'attend notamment à ce que les espèces affectionnant les eaux froides migrent vers les parties amont des bassins versants, d'où l'importance de préserver la continuité des cours d'eau, alors que les espèces supportant des températures plus tempérées colonisent un linéaire de plus en plus important des cours d'eau. Ces tendances s'observent déjà à l'échelle de la métropole, au cours des trente dernières années. Par contre, la vitesse de déplacement des espèces s'avère insuffisante pour suivre l'évolution des changements et les espèces d'eau froide subissent plus d'extinctions dans les parties chaudes de leur distribution.

Comment stopper l'érosion de la biodiversité ?

Les directives européennes citées plus haut (DHFF et DCE) proposent des cadres pour mener à bien des mesures de conservation des habitats et des espèces, ainsi que de restauration des milieux et de réduction des pressions anthropiques. Plusieurs plans nationaux ont également vu le jour : le plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau, le plan national micropolluants, le plan national d'adaptation au changement climatique...

Cependant, une difficulté majeure pour agir de façon efficace en faveur de la biodiversité reste la multiplicité des pressions que subissent les milieux aquatiques. En effet, les impacts de la combinaison de ces différents stress sont encore mal connus : sur quelle source de pression agir en priorité, comment favoriser des actions coordonnées visant les différentes formes d'altération (milieu physique, pollution, régime hydrologique...), quand, bien souvent, la responsabilité et la maîtrise d'ouvrage de ces actions relève d'acteurs différents ?

Malgré ces difficultés, certaines opérations de restauration ont porté leurs fruits. Les gestionnaires de cours d'eau mettent en place des opérations de restauration de l'hydromorphologie, par exemple en reméandrant des cours d'eau rectifiés ou en supprimant les protections de berges, en aménageant ou en arasant certains barrages pour rendre au cours d'eau des habitats diversifiés ou leur permettre de retrouver une continuité biologique et sédimentaire⁽²⁾. Ainsi, sur certains cours d'eau normands (la Vire, l'Orne), l'effacement de plusieurs dizaines de barrages et de seuils a été accompagné de la mise aux normes de stations d'épuration et de bâtiments agricoles afin de mieux gérer les effluents d'élevage, et d'un entretien plus raisonné des cours d'eau. Ce triptyque (mobilité des organismes aquatiques, habitat, qualité des eaux) explique les gains significatifs observés en termes de remontées d'espèces migratrices (comme les saumons et les truites de mer).

À l'heure de l'Anthropocène, la compréhension des interactions entre les activités humaines et la biodiversité ne doit pas rester dans le seul champ des scientifiques et des professionnels du secteur : elle doit être diffusée à l'ensemble des acteurs de terrain et au grand public. La création, récente, de l'Agence française pour la biodiversité vise précisément à promouvoir un modèle de développement riche d'une biodiversité mieux connue, mieux préservée et mieux valorisée.

(2) Voir le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie des cours d'eau : <http://www.onema.fr/node/2519>

Water Supply to Big Cities: Training and Development Initiatives Implemented by South Africa's Largest Water Board: A Focus on the City of Johannesburg (Gauteng province, South Africa)

By Wayida MOHAMED, Maußen MILES, Asief ALLI, Poppie SERA and Hendrik EWERTS
Rand Water, Johannesburg (South Africa)

People living in big cities around the world are supplied with potable water through sporadic water supply networks. In South Africa, water is generally supplied uninterrupted. However, the efficacy of water supply to big cities such as the city of Johannesburg (CoJ) may be destructively impacted due to various challenges the county is currently facing. A major challenge faced by the South African water sector is a shortage of critical water-related skills. South Africa's largest water board (SALWB) situated in the Gauteng province is implementing a number of training programmes to address the skills shortage challenges. Training and development (T&D) initiatives implemented by SALWB are aimed at capacitating the water sector to ensure sustainable water supply networks. Individuals obtaining qualifications through these T&D initiatives will focus on the full cycle of water supply (e.g. water conservation and water demand management, operation and maintenance of infrastructure as well as the quality of potable water). T&D initiatives discussed in this paper also focus on socio-economic benefits for the country and add meaningful value to the South African water sector.

Introduction

Millions of people living in big cities around the world are accessing potable water through sporadic water supply systems (ILAYA-AYZA and *al.*, 2017). On the contrary, in South Africa, water supply systems are supplying water continuously (24 hours daily). However, there are socio-economic, environmental and political factors posing risks to continuous water supply systems. In South Africa, factors of major concern include increasing water scarcity due to climate change, population growth and relocation to cities (especially relocation to Johannesburg) which may lead to more frequent use of sporadic water supply. Sporadic water supply systems should be the last consideration to take in terms of water scarcity (ILAYA-AYZA

and *al.*, 2017). Therefore, proactive strategic planning and relevant initiatives should be in place to avoid the implementation of sporadic water supply systems.

According to South African legislation (Water Services Act – Regulation & Notices 1997-2001; South African Constitution, Act 108 of 1996) access to water for all South Africans is a constitutional right. Therefore, the South African government and water sector are planning proactively to adhere to the South African constitution by managing resources, operations, services delivery and maintaining infrastructure.

Strategic planning to safeguard the efficacy of water supply to big cities such as Johannesburg (in South Africa) remains one of the primary objectives for the South Af-

rican government and water sector to support economic growth. People living in Johannesburg are supplied with potable water by various municipalities. Municipalities are continuously supplied daily with potable water by South Africa's largest water board (SALWB) that produces potable water using conventional water treatment processes. The economic well-being of Johannesburg (as South Africa's wealthiest city) is maintained by an uninterrupted water supply system. NASTAR (2014) provides evidence to support the wealth of Johannesburg as a big city, contributing 16 % to national gross domestic product (GDP) and 40% to GDP of Gauteng province (COJ, 2012a).

The reliability of continuous water supply to the city of Johannesburg (CoJ) and other parts of the county is a primary objective for SALWB. SALWB therefore considers all water production and distribution unit processes, from source water abstraction up to the point of consumption, as a fundamental part of water supply - where relevant knowledge and skills (expertise) are required. However, the necessary expertise may not always exist within the water sector to focus on the integrity of different stages interconnected with water supply. Therefore, SALWB uses a well-developed training approach to mitigate these challenges through training and development (T&D) initiatives in order to subsequently alleviate the shortage of critical expertise in the water sector. Given the risks and challenges that may adversely affect the supply of water to the City of Johannesburg, the research presented herein discusses the socio-economic and environmental implications of T&D initiatives on the sustainability of water supply to big cities such as the City of Johannesburg.

Training approach aligned to water supply services

The Figure 1 (see below) shows some of the important elements assimilated for various training programmes implemented by SALWB, while the Figure 2 demonstrates the typical pathways a trainee can follow to obtain certification towards professionalization.

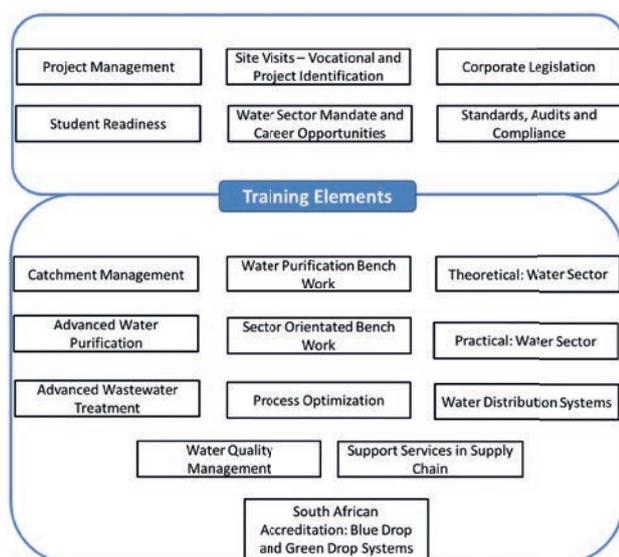


Figure 1: The important elements of training related to water purification, wastewater treatment and water supply to big cities in South Africa.

A typical training programme commences with induction which may cover the following training elements: basic project management, student readiness (which includes soft-skills), vocational work (project identification and site visits), water sector mandates, corporate legislation, compliance (related to standards and audits).

Technical training to support water supply may include the following critical elements: catchment management, basic and advanced water purification bench-work, theoretical and practical (water sector aspects), water sector orientated bench-work, advanced wastewater treatment (as part of the complete water supply chain), process optimization, water distribution systems, water quality management, support services in water supply chain and South African accreditation (Blue Drop and Green Drop certification requirements).

Custom-made training programmes implemented by SALWB in developing water sector related professions may differ depending on a) the requirements of training requestors (e.g. local municipalities or governmental departments), b) a training needs analysis or c) the skills shortages that occur in the South African water sector. All theoretical and practical training interventions implemented by SALWB or implemented in collaboration with training service providers are carefully monitored and evaluated to ensure compliance with the stringent accreditation requirements set by national training authorities such as SETA's (Sector Education and Training Authority).

The objectives of training programmes are driven by the potential impacts (as discussed in Table 1, see below) of skilled professions on aspects such as a) water supply, b) water production or c) water conservation, where disciplines such as artisans (e.g. electricians, welders and plumbers), water quality generalists and water agents play respective roles. Technical and vocational training for artisans plays an important role to develop skilled workers with reflexes that allows workers to interact with their job duties in the workplace (AB.HADI and *al.*, 2015). The skills education training authorities (as SETA) in South Africa play an important role in registering apprenticeship, learnership and internship trainees on National Qualifications Framework (NQF) requirements to ensure trainees obtain the relevant certifications (see Figure 2). An alternative pathway is through recognition of prior learning (RPL).

A pathway such as single apprenticeship contract is linked to a modular learning programme that ends in a trade test. This pathway has one entry and one exit point, while multi-learnership contracts are linked to a modular learning programme that ends in a trade test, after completion of a highest NQF level qualification with multi-entry and multi-exit points (DL, 2008).

Major technical and scientific disciplines

Sustainability of water resources is dependent on interactions between the environment, technology and social aspects related to a water supply system and the local population (ALI and *al.*, 2017). This paper highlights the ef-

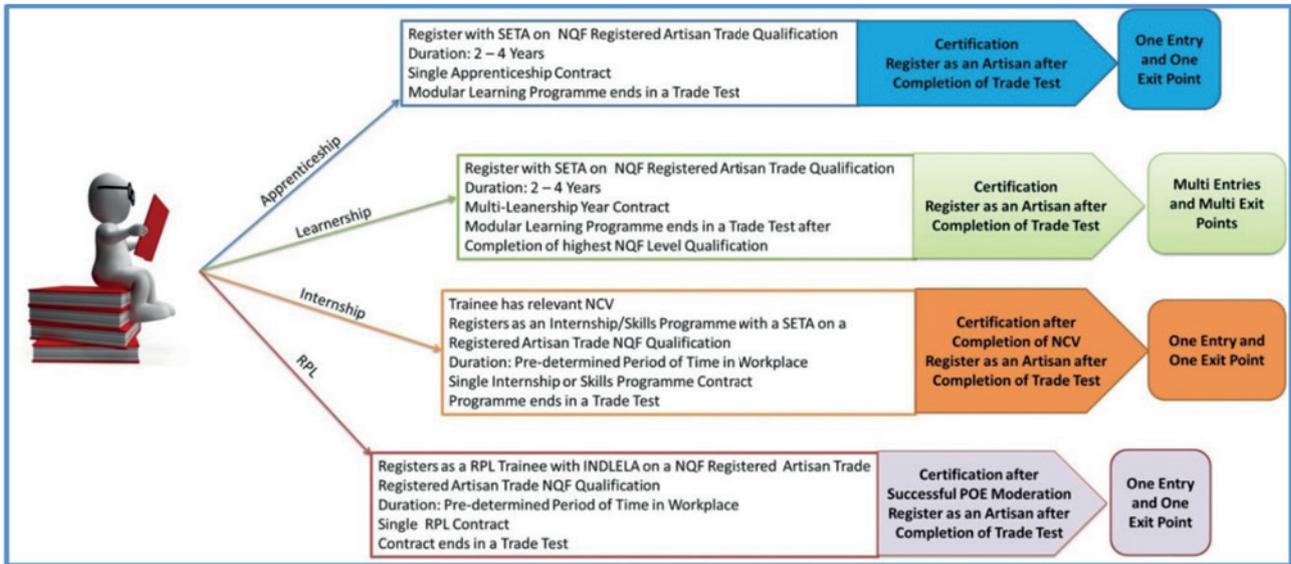


Figure 2: Various pathways a trainee can follow when registering for an apprenticeship programme, learnership programme, internship programme (skills programme) and recognition of prior learning (RPL) programmes to obtain certification and register as an artisan.

ficacy of water supply to the City of Johannesburg as one of the big cities in South Africa, with specific emphasis on technical disciplines (e.g. artisans, engineers, water quality and process controllers) and one social responsibility discipline; namely: water agents.

Other important disciplines not discussed in this paper (e.g. information and communication technology) support various facets of water supply and demand management (WWAP, 2016). Furthermore, information and communication technology (ICT) advances may have implications on water-related employment in terms of quantity (i.e. reduced number of staff) as well as quality (i.e. relevant knowledge, skills and capacity).

The previously mentioned interactions can cause supply-demand imbalances at diverse temporal scales and the response of consumers to water use regulations impacts future water availability (ALI and *al.*, 2017). Therefore, the

focus on the T&D implemented by SALWB related to water supply services are likely to be directly focussed on people with science, technology, engineering and mathematics (WWAP, 2016). Table 1 (see above) gives a list of the important disciplines identified by the South African government that have a substantial impact on water supply services in terms of building and operations of infrastructure, maintenance of infrastructure, water conservation and demand management, as well as the production of quality potable water supplied in sufficient quantities.

Socio-Economic Benefits

The interaction between water supply and socio-economic factors are inseparable, even though water supply matters and economic growth are driven by separate policies (ZHANG and *al.*, 2016). Water supply to big cities and small towns has improved over the last decades in South

Disciplines	Potential Impact
Artisans	Maintenance and repairing of water supply infrastructure.
Engineers	Building, maintaining and repairing of water supply infrastructure.
Water Agents	Water conservation and water demand management issues in local communities.
Water Quality Generalists	Quality of water: Water quality assurance, compliance (e.g. South African National Standards for Drinking Water – SANS 214)
Process Controllers	Quantity of Water: Production of water to ensure the demand for water in big cities is met.

Table 1: Major technical and scientific water-related skills and potential impacts on water supply.

Africa, particularly in the Gauteng province (where the City of Johannesburg is situated), to strengthen economic growth in the country. It is also part of SALWB's primary objectives to support training initiatives which are aimed at equipping underserved cities and towns in South Africa. The major social and economic benefits are as follows: a) non-sporadic water supply with a positive impact on economic growth, b) development of skills for the water sector and subsequently reducing unemployment, and c) created sustainable water supply related jobs.

Specific Advancement and Sustainability

The unemployment rate amongst the youth in South Africa averages around 25.3 % (Department of Water and Sanitation, 2016). SALWB is planning to train approximately 16 000 unemployed youth to support water supply to big cities and reduce leakages around the county. This will have both a growth and sustainable development impact in South Africa by 2020. SALWB's training academy developed a Sustainability Model reinforced by research initiatives to ensure a maximum number of qualified trainees are being employed in various sectors (with emphasis on the water supply) in South Africa.

Added Value

Training is the process of developing knowledge, skills and abilities (ILO, 2009). The Training & Development Initiatives discussed in this paper add significant value to livelihood of young South Africans. South African youth are equipped with various technical and entrepreneurial skills that contribute to the improved social and economic conditions in South Africa. Developing knowledge, skills and abilities for the specific need of the water sector adds value to sustainable development goals. Furthermore, these initiatives also contribute towards alleviating the impacts of unemployment and poverty across communities in South Africa.

Conclusions

It is evident from literature that millions of people globally are accessing potable water through erratic water supply systems, with an opposite approach in South Africa where water supplies to big cities are known to be continuous. However, the South African water supply sector is currently facing a number of challenges which include amongst others: scarcity of freshwater, droughts in certain parts of the country as well as a shortage of critical skills in the water sector. These challenges may have an adverse impact on socio-economic development, especially in big cities where the economic nuclei of the country is situated. SALWB initiated various training programmes for unemployed youth in collaboration with government departments and other skills educational authorities (e.g. Department of Water and Sanitation and National Treasury) being primarily the funding agents of programmes and qualification registration bodies respectively. Critical training elements (or modules) are selected to ensure that training

programmes are relevant to specific professional occupations (professional disciplines and artisan trades). Trainee career pathways may have either a) one entry and one exit point, or b) multi entries and multi exit points to support skills development through apprenticeships, learnerships, internships and recognition of prior learning (RPL). Furthermore, T&D implemented by SALWB contributes to social and economic benefits as well as to add meaningful value to the South African water sector, with emphasis on water supply to big cities.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge SALWB (Rand Water), the National Treasury and Department of Water and Sanitation for effectively implementing training programmes to capacitate the water sector and other sectors where skills shortage is posing risks for water supply.

References

- AB.HADI (Mohd Yusop), HASSAN (Razali), ABDUL RAZZAQ (Abdul Rashid) & MUSTAFA (Mohamad Zaid), "Application of thinking skills in career: A Survey on Technical and Vocational Education Training (TVET) qualification semi-professional job duties", *Procedia - Social and Behavioral Sciences* vol. 211, 2015, pp. 1163-1170.
- ALI (Alireza Mashhadi), SHAFIEE (M.Ehsan) & BERGLUND (Emily Zechman), "Agent-based modelling to simulate the dynamics of urban water supply: Climate, population growth, and water shortages", *Sustainable Cities and Society*, vol. 28, 2017, pp. 420-434.
- COJ (City of Johannesburg), "City of Johannesburg 2011/2012 annual report", City of Johannesburg, 2012a.
- DL (Department of Labour), "Scarc and critical skills research project", Pretoria, South Africa, 2008.
- ILAYA-AYZA (Amilkar E), BENÍTEZ (Julio), IZQUIERDO (Joaquín) & PÉREZ-GARCÍA (Rafael), "Multi-criteria optimization of supply schedules in intermittent water supply systems", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 309, 2017, pp. 695-703.
- ILO (International Labour Organization), *Protecting People, Promoting Jobs*, (2009), available at: <http://www.une-sco.org/education/EFAWG2009/G20ReportILO.pdf>
- NASTAR (Maryam), "The quest to become a world city: Implications for access to water", *Cities*, vol. 41, 2014, pp. 1-9.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), "The United Nations World Water Development Report 2016", *Water and Jobs*, Paris, UNESCO, 2016.
- ZHANG (Xiaohong), QI (Yan), WANG (Yanqing), WU (Jun), LIN (Lili), PENG (Hong), QI (Hui), YU (Xiaoyu) & ZHANG (Yanzong), "Effect of the tap water supply system on China's economy and energy consumption and its emissions' impact", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 64, 2016, pp. 660-671.

La crise de l'eau ou la perpétuelle gestion des conflits

Par Léna SALAMÉ

Experte internationale en diplomatie de l'eau

Les ressources en eau et les bénéfices qu'elles apportent sont essentiels à toutes formes de développement. Leur gestion doit être efficace et saine pour que la réalisation de tout objectif de développement durable et d'éradication de la pauvreté soit envisageable. Paradoxalement, les activités de développement ont jusqu'à nos jours mis cette même ressource sous une pression telle que, dans certaines situations, le stress hydrique accentue les tensions sociales et politiques et contribue à l'éruption de conflits plus ou moins violents selon l'échelle géographique de leur survenance.

Les outils disponibles pour l'atténuation ou la gestion des conflits liés à l'eau sont nombreux. Mais si tous sont essentiels, ils ne sont pas suffisants. La volonté politique est indispensable pour un changement actuel et réel, alors que le développement des capacités est une condition *sine qua non* pour la transformation d'un conflit, en profondeur et de façon durable.

L'eau a façonné l'histoire et la géographie de la Terre, ainsi que l'histoire des civilisations humaines qui y ont vécu et continuent d'y vivre jusqu'à aujourd'hui. Elle a joué un rôle déterminant dans notre développement. Nos activités l'ont soumise à une pression toujours plus forte. Les changements climatiques, l'urbanisation, la croissance économique, la pollution, les changements démographiques, les changements d'affectation des terres, la dégradation des écosystèmes, le développement de l'énergie, la santé et la sécurité alimentaire ont tous eu, et continuent d'avoir, un impact sur l'eau.

La ressource et les bénéfices qu'elle apporte sont effectivement essentiels à toutes formes de développement. Sa bonne gestion est donc nécessaire à la réalisation de tout objectif de développement durable et à l'éradication de la pauvreté. *A contrario*, le stress hydrique accentue les tensions sociales et politiques. Il peut contribuer à l'éruption de conflits plus ou moins violents et entraîner des migrations massives.

Ismail Serageldin, Boutros Boutros Ghali ou encore Kofi Annan entrevoyaient le XX^e siècle comme celui des guerres de l'eau. Pourtant, dès le début des années 2000, Kofi Annan lui-même infirmait ses propos, recommandant que « [...] les problèmes de l'eau de notre monde ne doivent pas être seulement facteur de tension ; ils peuvent être aussi un catalyseur de coopération [...]. Si nous travaillons ensemble, un futur de l'eau sûr et durable peut être nôtre » ⁽¹⁾.

Qu'est-ce qui avait bien pu motiver de tels discours ?

« Les guerres du siècle prochain seront sur l'eau ». Ismail Serageldin, ancien vice-président de la Banque mondiale, 1999.

« La prochaine guerre au Moyen-Orient sera menée sur l'eau, pas sur la politique ». Boutros Boutros Ghali, ancien Secrétaire général des Nations Unies, 1985.

« La vive concurrence autour de l'eau douce pourrait bien devenir la source de conflits et de guerres, à l'avenir ». Kofi Annan, ancien Secrétaire général des Nations Unies, 2001.

Très peu d'eau douce est facilement accessible à l'humanité pour satisfaire ses besoins (environ 0,07 % de la quantité totale de l'eau disponible sur Terre est facilement accessible pour son utilisation directe par l'Homme). Il y a 40 ans, 12 000 m³ d'eau douce étaient disponibles en moyenne par an et par personne. Aujourd'hui, seuls 5 000 m³ sont disponibles en moyenne par an et par personne. Cependant, la quantité totale d'eau sur le globe est la même depuis l'Holocène.

(1) DELLI PRISCOLLI (J.) & WOLF (T. A.), *Managing and Transforming Water Conflicts*, New York, États-Unis, Cambridge University Press, 2009.

Cette différence est principalement due aux pressions croissantes que subit la ressource. De plus, le cycle hydrologique, extrêmement sensible à l'activité humaine, s'accélère en provoquant plus d'événements extrêmes (plus de sécheresses et plus d'inondations), et donc encore plus d'inégalités dans la distribution naturelle de l'eau.

La pression des changements globaux sur la ressource induit de plus en plus de concurrence, et plus de concurrence signifie un potentiel plus élevé pour les conflits.

À tout cela s'ajoute encore un niveau de complications : afin de s'organiser dans une communauté internationale, l'Homme a créé des frontières politiques ignorant les cours naturels des ressources en eau de surface et encore plus ceux des eaux souterraines. L'Homme a ainsi créé 276 bassins fluviaux internationaux ⁽²⁾ et 273 aquifères internationaux (à ce jour) ⁽³⁾, soit autant de possibilités de coopération et de concurrence entre différentes parties ayant des intérêts divergents sur une ressource vitale.

L'un des objectifs essentiels de la gestion de l'eau devient alors de concilier sans cesse les intérêts concurrents des usagers de l'eau, qu'ils soient des États partageant un bassin ou un aquifère, des individus, des entreprises, des groupes d'intérêt ou des entités administratives. La gestion des conflits ainsi que la coopération font donc partie intégrante de la gestion des ressources en eau, dans son sens le plus large. La crise de l'eau n'est effectivement pas une crise de quantité de la ressource, mais plutôt une crise de gestion, de gouvernance et de conciliation d'intérêts souvent contradictoires.

Les conflits sont effectivement inhérents à la nature humaine ; ils se manifestent dès lors que les parties partageant un même bien (quel qu'il soit) ont des intérêts et des objectifs divergents quant à son utilisation.

Guerre et conflits, ou coopération ?

Aux fins du présent article et en se basant sur les données de droit international applicables aux conflits, une guerre de l'eau est considérée comme étant un conflit armé entre deux États souverains (au moins) dont l'objectif est de contrôler des ressources en eau ⁽⁴⁾.

Un conflit armé interne entre factions antagonistes à l'intérieur d'un même État ou entre factions non souveraines au sens du droit public international, ne saurait donc être considéré comme étant une guerre de l'eau.

Au Kenya, dans les années 2000-2005 ⁽⁵⁾, la police est intervenue à plusieurs reprises dans la partie nord-ouest du pays pour contrôler une violente dispute entre les tribus Kikuyu et Maasai sur l'eau. Plus de 20 personnes ont été tuées dans les combats. Les tensions sont apparues lorsque les bergers Maasai ont accusé un homme politique Kikuyu de détourner une rivière pour irriguer sa ferme. Cette action avait en effet privé le bétail en aval d'accès à l'eau. Les combats, qui ont déplacé plus de 2 000 villageois, reflètent les tensions entre communautés nomades et communautés sédentaires.

Dans les cas, fréquents, où l'eau est utilisée par une partie à un conflit comme un moyen de pression et de négociation ou comme un véhicule pour nuire à une partie ennemie, l'eau est victime ou outil de la guerre, et non son objectif (ces cas de figure, eux non plus, ne sauraient être qualifiés de « guerres de l'eau »).

En 1993, pour réprimer l'opposition à son gouvernement, Saddam Hussein aurait empoisonné et drainé les réserves d'eau des musulmans chiites du sud du pays, dans la région peuplée par les Arabes des marais (Al'Ahwâz) (les Maadans, souvent de langue et de religion mandéennes).

En 1990, la Turquie menace de réduire l'écoulement de l'eau de l'Euphrate vers la Syrie afin de contraindre les autorités syriennes à arrêter le passage en territoire turc de rebelles kurdes ⁽⁶⁾.

Enfin, une guerre dans laquelle l'eau fait partie d'une myriade d'objectifs opposant entre eux deux États souverains n'est pas non plus une guerre de l'eau. Cette ressource peut faire partie des facteurs de la guerre. Elle peut même constituer l'étincelle qui déclenche les combats ou les entretient, mais l'Histoire nous montre que l'eau n'a jamais pu être la cause unique d'un conflit armé entre deux États souverains. Il est en effet rare que deux États s'engagent dans une guerre à cause d'un seul facteur. Il faut généralement une accumulation de raisons graves pour entraîner une guerre interétatique.

Dans le cas des relations israélo-arabes, Israël occupe le plateau du Golan pour contrôler notamment le Baniyas, un affluent du Jourdain. Israël contrôle et gère aussi l'infrastructure hydraulique de la Cisjordanie. Mais il est vrai que le conflit israélo-arabe porte sur nombre d'autres facteurs tels que les territoires, la religion, les réfugiés, le terrorisme - l'eau n'en étant que l'un des éléments.

Une guerre de l'eau entre deux États paraît en effet être écologiquement, politiquement et économiquement totalement irrationnelle. Par contre, plus l'échelle géographique est réduite, et plus les conflits sont graves ⁽⁷⁾ et nombreux.

Lorsque l'on observe de plus près les interactions (positives et négatives) entre États autour des ressources en eau, la conclusion est sans appel : le nombre des événements de coopération dépasse largement le nombre des événements conflictuels.

(2) Oregon State University, *Transboundary Freshwater Dispute Database*, TFDD, 2008.

(3) <https://www.un-igrac.org>

(4) <https://www.icrc.org/>

(5) <http://www2.worldwater.org/conflict/list/>

(6) *Ibid.*

(7) DELLI PRISCOLLI (J.) & WOLF (T. A.), *Managing and Transforming Water Conflicts*, New York (États-Unis), Cambridge University Press, 2009.



Photo © Uzi Keren/REA

Espace de promenade aménagé sur le plateau du Golan.

« Israël occupe le plateau du Golan pour contrôler notamment le Baniyas, un affluent du Jourdain. »

L'Université d'État de l'Oregon a recensé les cas de coopération et de conflit dans le monde sur une période de soixante ans. Elle en a conclu que les occurrences des coopérations se sont révélées être deux fois plus nombreuses que celles des conflits, et aucune déclaration formelle de guerre ou d'unification volontaire en une seule nation n'a été recensée. La majorité des événements les plus négatifs se sont produits sur le bassin du Jourdain, pour lequel il est intéressant de mentionner que le nombre cumulé des événements de coopération dépasse malgré tout celui des cas conflictuels.

Aussi se rend-on rapidement compte que, si les cas de coopération peuvent porter sur une grande variété de sujets (qu'il s'agisse de qualité ou de quantité de la ressource, d'infrastructures, de désastres naturels ou de coopération technique), les questions d'infrastructure et de quantité d'eau sont les aspects de la gestion transfrontalière de l'eau les plus susceptibles d'être à l'origine de tensions entre États riverains.

En outre, peu importe le climat, le type de gouvernement ou encore le niveau de développement d'un pays (région aride ou région humide, gouvernement autocratique ou démocratie, pays développé ou pays en développement), d'après l'étude susmentionnée ces critères n'ont aucun impact sur les occurrences de conflit (ou de coopération) autour des ressources en eau.

La probabilité d'un conflit augmente à mesure que le taux de changement dans le bassin dépasse les capacités institutionnelles permettant d'absorber ce changement.

Un développement non coordonné (par exemple, un projet majeur en l'absence d'un traité ou d'une commission) est un indicateur de risque de conflit lié à l'eau. L'internationalisation d'un bassin (telle que celle qu'a provoquée l'effondrement du bloc soviétique) ou encore une animosité généralisée entre États riverains sont d'autres facteurs qui ont été identifiés comme risquant de provoquer des conflits interétatiques autour du partage de ressources en eau⁽⁸⁾.

Quels outils pour l'atténuation des conflits sur l'eau ?

Une myriade d'outils de différentes natures est disponible pour éclairer une bonne gouvernance de l'eau, une bonne gestion des multitudes d'intérêts différents à des échelles différentes, et donc d'une multitude de conflits avérés ou potentiels. Parce que l'anticipation et la prévention des conflits sur l'eau sont plus importantes et efficaces (et certainement moins coûteuses que leur résolution une fois qu'ils se sont développés), ces outils sont tous nécessaires. Mais, surtout, ils sont complémentaires.

Outils institutionnels et outils juridiques

Le droit international applicable à l'utilisation des ressources en eau douce a été relativement embryonnaire jusqu'à ce que, récemment, les sociétés civiles et internationales en aient enfin élevé le positionnement dans leurs

(8) Oregon State University, *Transboundary Freshwater Dispute Database*, TFDD, 2008.

agendas de travail. Les principes du droit international ont un impact à toutes les échelles géographiques. Nous en donnons ci-après une présentation succincte.

La Convention des Nations Unies pour la gestion des cours d'eau internationaux (New York, 1997) a été négociée pendant 27 ans et elle n'est entrée en vigueur que 17 ans après son adoption⁽⁹⁾. Il s'agit d'une convention-cadre codifiant les coutumes de droit international et les principes généraux de droit déjà existants et donc applicables aux sujets de droit international, y compris avant son entrée en vigueur. C'est ainsi, d'ailleurs, que la Cour internationale de Justice y a fait référence dans son arrêt sur l'affaire Gabčíkovo-Nagymaros du 25 septembre 1997, qui a opposé la Slovaquie à la Hongrie⁽¹⁰⁾.

Les grands principes que la Convention consacre sont ceux de « l'utilisation équitable et raisonnable » de la ressource⁽¹¹⁾, de l'« obligation de ne pas causer de dommages significatifs »⁽¹²⁾ et de l'« obligation générale de coopérer » incombant aux sujets de droit international public⁽¹³⁾.

La Convention de la CEE sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Helsinki, 1992) se concentre, quant à elle, sur les obligations qu'ont les parties de protéger leurs eaux de surface et souterraines transfrontières et à gérer celles-ci de façon saine et écologique. Alors qu'elle était propre aux États de la région de la CEE, en 2013, cette Convention a été modifiée pour permettre l'adhésion de pays extérieurs à la CEE, invitant ainsi le reste du monde à utiliser son cadre juridique et à bénéficier de l'expérience qu'elle a pu acquérir depuis l'entrée en vigueur de la Convention⁽¹⁴⁾.

Enfin, en 2008, l'Assemblée générale de l'ONU a adopté une résolution sur le droit des aquifères transfrontières (A/RES/63/124) qui recommande aux États concernés d'établir des accords bilatéraux ou régionaux appropriés pour une bonne gestion des aquifères transfrontières tout en tenant compte des dispositions des projets d'articles « annexés à la Résolution » en question. Ces articles consacrent les mêmes principes de coopération que ceux qui étaient contenus dans la Convention de 1997, mais ils formulent aussi certaines recommandations relatives à la protection, à la préservation et à la gestion spécifiques des aquifères. D'autres dispositions couvrent les situations d'urgence et de conflit armé.

Tous ces textes sont relativement génériques : ils indiquent des directions nécessaires pour la gestion des ressources en eau partagées, mais ils ne sont pas suffisants. Chaque bassin, chaque lac et chaque aquifère présente des spécificités politiques, financières, socio-économiques, religieuses, démographiques, géographiques (et même historiques) qui ne sauraient être couvertes de façon exhaustive dans des conventions-cadres. Il est donc indispensable, pour les États riverains d'un même cours d'eau, d'adopter des accords bilatéraux ou multilatéraux qui, tout en respectant les grandes lignes directrices du droit international, prennent en compte les particularités de leurs contextes respectifs.

Aussi est-il nécessaire, pour des États riverains d'un cours d'eau international, d'avoir un outil de coopération opéra-

tionnelle (et non seulement formelle). Une telle coopération effective peut aussi se cristalliser en une organisation de bassin fonctionnelle et efficace. Idéalement, de telles institutions devraient se mettre en place là où elles n'existent pas encore, et être renforcées lorsqu'elles existent déjà.

Les outils techniques

Avant d'espérer pouvoir passer un quelconque accord sur des ressources partagées, il faut commencer par s'accorder sur l'objet du partage. L'expression « ce qui n'est pas mesuré ne peut être géré » est vraie, dans le cas de la ressource en eau. Sans données claires, précises, accessibles et sur lesquelles toutes les parties prenantes s'accordent, il est tout simplement impossible de mettre en place des politiques de gestion de l'eau, et *a fortiori* les bases d'accords de partage⁽¹⁵⁾.

En outre, le traitement des données est en soi un outil précieux. Il permet, par exemple, de quantifier et de réduire les incertitudes relatives à la gestion de l'eau, d'une part, et d'anticiper les événements et les tendances futurs avec une certaine précision, d'autre part⁽¹⁶⁾. Le XXI^e siècle connaît un essor de nouvelles technologies qui changent de façon substantielle les capacités des politiques à négocier et à s'accorder sur la gestion conjointe de ressources en eau partagées⁽¹⁷⁾.

Cependant, aujourd'hui, dans une majorité de pays qui en auraient grand besoin, les données, les informations et les analyses sont soit clairsemées, soit difficiles d'accès. Et dans les pays où elles sont disponibles, elles sont souvent incompréhensibles d'un secteur à l'autre. Ce qui est développé par les ingénieurs n'est pas lisible par les politiques, qui en auraient pourtant absolument besoin pour tenir des dialogues éclairés.

Une approche basée sur la science, sur la collecte de données, leur partage et leur analyse est essentielle à l'échelle des bassins, mais aussi à l'échelle universelle : même si la gestion des ressources en eau partagée se fait localement selon les spécificités de chaque bassin, certaines décisions politiques globales peuvent aussi être influencées par des données locales.

(9) Le 17 août 2014.

(10) <http://www.icj-cij.org/>

(11) L'article correspondant est perçu par les États en amont d'un cours d'eau international comme étant à leur avantage puisqu'il leur permet de revendiquer une utilisation au moins équitable et raisonnable du cours d'eau qui passe sur leur territoire en dépit des demandes éventuelles des pays en aval de laisser la ressource couler de façon naturelle jusqu'à leur territoire.

(12) L'article correspondant est perçu par les États en aval comme préservant leurs droits et leur utilisation historique de la ressource. Il leur permet de l'invoquer pour contrebalancer et limiter les impacts négatifs qu'une utilisation en amont pourrait avoir sur leurs usages préexistants.

(13) <https://treaties.un.org/>

(14) <http://www.unece.org/env/water.html>

(15) Budapest Water Summit, 2016, Messages and Policy Recommendations : www.budapestwatersummit.hu

(16) Ibid.

(17) DELLI PRISCOLLI (J.) & WOLF (T. A.), Managing and Transforming Water Conflicts, New York (États-Unis), Cambridge University Press, 2009.

L'évaluation des ressources en eaux transfrontalières publiée en 2016 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) est un bel exemple d'exercice de collecte, d'analyse et de traitement de données, qui sert d'outil de décision aussi bien aux parties concernées par la gestion de l'eau au niveau local, qu'aux politiques et aux institutions financières, au niveau global.

Il s'agit, en effet, d'une évaluation qui est fondée sur le développement d'indicateurs multiples identifiant et classifiant les bassins transfrontaliers selon des problématiques variées. Elle encourage le transfert des données et des connaissances et elle sensibilise les acteurs de la gestion de l'eau à l'importance et à l'état des bassins transfrontaliers.

Ainsi, selon cette étude, les conflits risquent d'augmenter dans les 15 à 30 prochaines années au Moyen-Orient, en Asie Centrale, dans le bassin du Ganges-Brahmapoutre et dans les bassins de l'Orange et du Limpopo ⁽¹⁸⁾.

Lorsqu'ils sont bien développés, utilisés et déployés, les outils techniques peuvent faire une vraie différence dans la gestion des eaux transfrontalières et l'atténuation des conflits ou même leur prévention. Cependant, ils ne peuvent pas remplacer la volonté politique nécessaire à tout aboutissement de négociations.

L'outil politique : volonté et processus

La volonté politique est l'ingrédient sans lequel aucune avancée, aucun changement et aucune décision ne serait possible, quelle que soit l'urgence de la situation et malgré la disponibilité et l'efficacité de tout autre outil de gestion de conflit.

La volonté politique est un concept relativement vague, dans le lexique de la communauté internationale. Il est cependant souvent cité comme étant la condition *sine qua non* du succès dans le changement ou dans le maintien d'une décision. Il n'est jamais mieux défini que par son absence. On dit souvent : « il n'y a pas de volonté politique pour résoudre les problèmes du Nil, du Jourdain ou d'autres bassins transfrontaliers ». Dans le contexte de la gestion de l'eau, la volonté politique peut être considérée comme étant l'engagement des preneurs de décisions dans des mécanismes de dialogue et de coopération ou, plus succinctement, l'engagement des preneurs de décisions dans ce que l'on aime appeler aujourd'hui l'« hydro-diplomatie » (ou « diplomatie de l'eau »).

L'hydro-diplomatie, elle non plus, n'est pas toujours définie de façon précise, même si elle n'est pas une idée nouvelle. C'est le processus au travers duquel une volonté politique se manifeste. Elle se réfère à toutes les interactions positives autour de la gestion des ressources en eau. Ce processus de coopération a pour objectif d'atteindre la paix entre les acteurs concernés par la gestion de ressources en eau partagées et par le développement de ces dernières. Dans une acception large, l'hydro-diplomatie peut concerner toutes les parties prenantes impliquées, depuis les gouvernements jusqu'aux sociétés civiles.

Dans une définition plus stricte, les États sont les acteurs principaux de l'hydro-diplomatie : les décideurs politiques et les diplomates sont en effet ceux qui ont l'obligation de respecter, de protéger et de satisfaire le droit à l'eau de leurs citoyens ; ce sont également ceux qui ont le pouvoir – au travers d'une diplomatie multiple – de mobiliser le soutien du public et la responsabilité d'inclure la société civile dans leur processus de prise de décision.

Ainsi, sans volonté politique de coopérer avec son voisin et de traduire cette volonté dans des mécanismes de coopération transfrontalière ou d'hydro-diplomatie, le champ des conflits est ouvert. La volonté politique réussit aussi à mobiliser les institutions financières. Lorsqu'elle est confirmée, elle est la clé de la prévention, de l'anticipation, de l'atténuation et même, parfois, de la résolution d'un conflit sur l'eau.

Conclusion

À travers son histoire, l'Homme a à la fois traité l'eau comme un moyen et comme une fin en soi. En réalité, elle est les deux à la fois : lorsqu'elle est abondante, l'eau peut être considérée comme un moyen de développement et de loisir. Lorsque la ressource est plus rare, cela devient plus complexe et les sociétés s'organisent en fonction de sa disponibilité. En tout état de cause, nos connaissances et nos technologies nous disent que nous avons assez d'eau sur la planète si nous coopérons pour la gérer durablement.

Alors qu'elle est fondamentale pour la réalisation, entre autres choses, du Programme de développement durable (SDG), de l'Accord de Paris ou de celui de Sendai, l'eau ne peut plus être considérée comme une ressource « acquise ».

Une nouvelle architecture politique mondiale de l'eau est nécessaire pour assurer la paix et la sécurité - autour de l'eau, grâce à l'eau et pour l'eau.

Il est donc nécessaire de développer de nouvelles capacités et de créer une génération de nouveaux leaders de l'eau capables de relever efficacement nos défis en matière d'eau. Ils comprendraient et allieraient les différents outils et diverses disciplines pour la gestion de l'eau (et donc la gestion des conflits qui y sont liés). Ils mobiliseraient des financements pour combler les vides technologiques, d'information et de données et développeraient la science pour la politique tout en préservant l'intégrité de la première. Enfin, mais surtout, ils pratiqueraient une hydro-diplomatie basée sur les « valeurs supérieures » de l'eau, des valeurs situées immédiatement au-dessus des valeurs utilitaires auxquelles s'identifient des parties à un conflit.

(18) UNEP-DHI and UNEP (2016), "Transboundary River Basins: Status and Trends, Summary for Policy Makers", United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.

Hydro-diplomatie et Nouvelle masse d'eau pour la paix au Moyen-Orient

Par Fadi Georges COMAIR

Président d'honneur du Réseau méditerranéen des organismes de bassin

L'approvisionnement en eau est actuellement une source de conflit sur la rive sud-est de la Méditerranée à cause du contexte géopolitique, de la raréfaction de cette ressource, mais aussi du mode de gestion pratiqué par plusieurs pays de la région. Des exemples concrets de la rive sud-est méditerranéenne ont montré que le risque de conflit est d'autant plus fort que le pays le plus vulnérable du point de vue hydrique, car situé à l'aval du bassin, est le plus puissant sur le plan militaire. Ces pays vivent dans un climat de panique perpétuelle, voire dans une obsession hydraulique, avec la hantise permanente que leur approvisionnement en eau puisse un jour être menacé.

Les organisations des Nations unies et de l'Union européenne, ainsi que l'Union pour la Méditerranée (UPM), déploient d'énormes efforts pour trouver des solutions à ces conflits en espérant inverser la situation en faveur d'une coopération régionale et de consolider ainsi une paix permanente entre les pays riverains. Les textes législatifs tels que la Nouvelle stratégie méditerranéenne de l'eau (qui n'a pas été adoptée par les pays membres), les conventions des Nations Unies (1992, 1997) et la Directive-cadre sur l'eau (DCE) de l'Union européenne pourraient constituer des outils importants et fiables permettant de formuler des accords et de signer des traités entre les nations. Mais ils restent rarement utilisés. Les pays riverains exigent généralement des garanties pour des répartitions équitables des ressources entre les utilisateurs et ils préfèrent appliquer le mode de gestion sécuritaire pour les cours d'eau internationaux.

Introduction

L'eau est la principale ressource renouvelable sur la Terre et elle est le fondement même de la survie et de la continuité de la présence de l'Homme.

Cette ressource désormais devenue la ressource principale pour le développement durable de la Terre subit actuellement les effets néfastes des changements globaux dont nous sommes témoins depuis quarante ans.

Il faut reconnaître que ces changements globaux ont été causés par l'homme, qui a mal géré les richesses naturelles de la Terre en commettant des excès dans leur exploitation. En effet, la consommation s'accroît chaque année et la logique de gaspillage instaurée par les consommateurs pousserait l'eau à disparaître progressivement, rendant de ce fait impossible la satisfaction de la demande, puisque la croissance démographique atteindra 9 milliards d'individus dans un futur proche.

Le Moyen-Orient, qui fait partie intégrante de la Méditerranée, est déjà fortement pénalisé par une dégradation de son environnement couplée à une forte croissance démographique,

avec une concentration urbaine dans les zones littorales sensibles. C'est une région du monde dont les ressources en eau et en énergie sont vulnérables et inégalement réparties (sans oublier l'insécurité alimentaire qui engendre de forts mouvements de migration et de déplacement des populations). De plus, cette région encourt des risques naturels non maîtrisés. Cette région constitue une des principales zones de contact, de fracture et d'interdépendance Nord/Sud. Enfin, le Moyen-Orient est une zone où les vulnérabilités politiques et l'absence de démocratie engendrent une décroissance socio-économique dans les pays situés au Sud-Est.

L'eau est toutefois devenue l'un des principaux sujets qui préoccupent à la fois les citoyens et les responsables de toutes les nations du Moyen-Orient, car **répondre à la demande croissante en eau dans cette région pose de grands défis, à l'heure actuelle et dans l'avenir.**

D'une part, l'eau est intimement liée à la sécurité alimentaire et à la stabilité sociale du Moyen-Orient et, d'autre part, elle fait partie intégrante des différents aspects de la production et de l'exploitation d'énergie.

Ce problème apparaît avec une particulière acuité dans les pays du Sud-Est du bassin méditerranéen, où les ressources en eau sont naturellement limitées, notamment au Proche-Orient. Les pays du Levant, qui représentent une population croissant à un taux supérieur à 2,8 %, ne disposent que d'un pourcentage infime de l'eau douce disponible dans cette région. Dans la plupart des pays de la rive sud-est de la Méditerranée, la quantité moyenne d'eau par habitant est inférieure à 1 000 m³ par an, alors que la moyenne mondiale atteint 7 000 m³ par an. Il convient de signaler que dans le pourtour méditerranéen, 180 millions d'habitants vivent avec moins de 1 000 m³/an/hab et que 80 millions de personnes sont confrontées à une pénurie, avec moins de 500 m³/an/hab.

Par conséquent, les besoins en eau augmentent de manière exponentielle en raison de l'explosion démographique, des effets du changement climatique et d'une urbanisation croissante. De plus, la gestion fragmentée et non intégrée de cette ressource compromet le développement socio-économique de certains pays du Proche-Orient connaissant une demande en eau accrue, face à une offre en eau limitée, aléatoire et d'une qualité amoindrie par des phénomènes de pollution.

L'approvisionnement en eau au Proche-Orient : ses enjeux stratégiques

La formulation de stratégies de négociation sur les cours d'eau internationaux basée sur la Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) représente une opportunité pour le développement d'un bassin transfrontalier afin de traiter les multiples utilisations de l'eau en évitant des conflits potentiels entre pays riverains. Les pays riverains des bassins transfrontaliers devraient donc s'appuyer sur la coopération régionale (traités bilatéraux ou multilatéraux) afin d'assurer leurs besoins en matière de sécurité alimentaire et de favoriser le développement d'une politique économique, tout en préservant les écosystèmes de la zone du bassin international. Ce mode de gestion qui propose de lier l'eau à la politique économique du bassin international a pour but de trouver des solutions permettant d'aboutir à un accord basé sur un partage équitable et raisonnable de la ressource.

Un modèle de gestion fragmenté, non intégré et sécuritaire

- compromet de plus en plus le développement socio-économique de certain pays,
- se traduit par un climat de panique continue, une situation hydrique obsessionnelle et une hantise que l'approvisionnement en eau puisse être un jour menacé.

Les instances internationales telles que l'ONU, l'Union européenne et l'UPM, ont déjà entrepris au Moyen-Orient plusieurs tentatives pour orienter les nations vers un concept de coopération afin de faire face au manque d'eau dans leur pays, et ce, en se basant sur les principes de la Commission économique pour l'Europe des

Nations Unies (*United Nations Economic Commission for Europe – UNECE*) ou sur ceux de la Convention des Nations Unies de 1997 sur les cours d'eau internationaux et sur la Directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne. Des paramètres technico-économiques liés à la gestion de la ressource sont envisagés, notamment le volume d'eau utilisé par rapport à la quantité disponible, la qualité de la ressource en eau, le revenu financier, la préservation de l'écosystème du cours d'eau, le traitement et la réutilisation des eaux usées.

Dans le cadre du processus de négociation sur les bassins transfrontaliers, il est important de motiver les pays les plus défavorisés à œuvrer afin de bénéficier d'une coopération régionale et de profiter des plans socio-économiques conduits à l'échelle régionale par les Nations Unies et l'Union européenne pour la sauvegarde de leur sécurité alimentaire.

Désormais, cette ressource naturelle importante est au cœur des préoccupations diplomatiques des différents gouvernements du Liban, de la Syrie, de la Jordanie, de la Palestine, d'Israël, de l'Égypte et de la Turquie. L'eau devient dès lors une source d'enjeux transfrontaliers (et donc interétatiques), s'agissant notamment des principaux fleuves : le Jourdain, l'Oronte, le Nahr al-Kabir, le Tigre, l'Euphrate et le Nil. Au niveau de ces bassins transfrontaliers, on retrouve les conflits dus au partage inéquitable des ressources et à une qualité de l'eau qui se dégrade de plus en plus. Face à la gravité du problème de pénurie de cette ressource et de ses conséquences, qui risquent d'être dramatiques en la présence d'enjeux géopolitiques dans la région du Proche-Orient, une coopération hydro-diplomatique régionale s'avère nécessaire pour assurer un partage équitable de la ressource permettant de trouver le moyen de conjurer cette menace.

Raréfaction de la ressource = risques de conflit

- Augmentation de la demande en eau et interactions eau-énergie, eau-alimentation, eau-santé.
- Effets des changements globaux induisant une réduction d'environ 30 % des ressources renouvelables.
- Explosion démographique et transfert de population.
- Demande en eau accrue face à une offre limitée, aléatoire et d'une qualité amoindrie par les phénomènes de pollution.

Ce sujet d'une grande importance a fait l'objet de beaucoup d'intérêt de la part de l'Union européenne, de l'UPM, des organisations onusiennes, ainsi que de la France et de l'Italie qui ont joué un rôle majeur dans la résolution des conflits liés aux bassins hydrographiques internationaux du Moyen-Orient, l'objectif étant de trouver des solutions à ces conflits en utilisant le mode de gouvernance approprié, ainsi que les outils technologiques susceptibles d'aider à la prise de décision pour les décideurs politiques de la région.

Les Bassins versants : le Jourdain, l'Oronte, le Nahr al-Kebir, le Tigre, l'Euphrate et le Nil

- au cœur des préoccupations diplomatiques des différents gouvernements de la région.
- une source d'enjeux transfrontaliers et interétatiques.
- des conflits dus au partage inéquitable de l'eau et aux pressions qui en dégradent la qualité.
- les pays riverains exigent des garanties pour une répartition équitable (gestion par coopération régionale).

Cette démarche pourrait inverser la situation en faveur d'une coopération régionale et consolider de ce fait une hydro-diplomatie permanente entre les pays riverains.

Cette initiative lancée par ces différents organismes internationaux a pour but de prôner le concept de l'hydro-diplomatie afin d'assurer aux générations futures une eau abondante et de bonne qualité en se basant sur le concept du partage équilibré et de l'« utilisation raisonnable » de l'eau entre les pays riverains.

L'hydro-diplomatie des grands bassins au Moyen-Orient

L'analyse hydro-politique des grands bassins du Moyen-Orient que nous présenterons ci-après nous permettra de diagnostiquer la situation de ces cours d'eau transfrontaliers et de proposer de nouvelles perspectives d'avenir pour trouver des solutions aux éventuels conflits.

Il est utile de noter que le problème des cours d'eau internationaux ne peut être réglé isolément : il doit être inclus dans un schéma global de développement socio-économique de la région du Moyen-Orient impliquant une coopération régionale hydro-diplomatique pour un partage équitable de cette ressource. C'est certainement la première condition à remplir si l'on veut que la guerre de l'eau, au Moyen-Orient, reste finalement un simple mirage.

Enjeux hydro-politiques

- Bassin du Nil : partage du Soudan, nouvelles infrastructures en Éthiopie...
- Bassin du Tigre et de l'Euphrate : gestion unilatérale par une Turquie en quête de stabilité politique en Syrie et en Irak.
- Bassin du Jourdain : conflit sur l'eau et contentieux arabo-israélien très complexe.
- Bassin de l'Oronte : hydro-diplomatie active et réussie, au niveau bilatéral, entre le Liban et la Syrie, et un accord conclu entre la Syrie et la Turquie.
- Bassin du Nahr al-Kabir : hydro-diplomatie active et réussie, au niveau bilatéral, entre le Liban et la Syrie.

Le bassin du Nil

Le Nil est formé par la confluence du Nil Blanc (qui prend sa source au Burundi et au Rwanda) et du lac de Tana, qui forme le Nil Bleu à partir de l'Éthiopie et qui fournit environ

86 % des ressources en eau du bassin. Ce fleuve dont le volume moyen annuel est évalué aux alentours de 84 milliards de m³ (avec une importante irrégularité interannuelle) parcourt 6 671 kilomètres et traverse neuf pays (à savoir le Rwanda, la Tanzanie, l'Ouganda, le Congo, le Burundi, le Kenya, l'Éthiopie et les deux Soudans) et rejoint la Méditerranée, à travers l'Égypte.

Deux problèmes essentiels se posent à l'Égypte, qui est considérée comme étant un pays relativement développé, par rapport aux États partageant le Bassin du Nil Bleu : le risque de sécheresse et l'accroissement de sa population. Cette évidence fait que l'Égypte dépend entièrement du Nil pour son développement socio-économique, qui est directement lié à la sauvegarde de son eau et à la sécurité alimentaire de sa population. Toute manœuvre qui viserait à limiter ou à diminuer le débit d'eau de la part des pays se situant en amont de l'Égypte, risquerait d'engendrer de graves conséquences pour la sécurité alimentaire de la population égyptienne.

Dans les années à venir, l'Éthiopie, tout comme l'Égypte, devra faire face à plusieurs problèmes qui affecteront la stratégie de développement économique de ce pays :

- l'augmentation rapide de la population (les statistiques montrent que ce pays compte actuellement environ 68 millions d'habitants et, selon les projections de croissance démographique, les Éthiopiens seront 120 millions en 2025) ;
- les conséquences des périodes de sécheresse cumulées et leurs impacts sur la sécurité alimentaire et sanitaire du pays. Cette sécheresse a réduit de façon drastique le couvert forestier, qui était évalué à 40 % du territoire au début du XX^e siècle, pour n'en constituer actuellement que 4 % ;
- un éventuel conflit qui risque d'éclater, impliquant les deux Soudans et l'Égypte, à la suite de l'exécution par les deux Soudans d'ambitieux projets d'infrastructures pour l'exploitation de plus d'1,5 million d'hectares de terres irriguées. Selon les sources de la FAO, ces projets sont prioritaires pour assurer la sécurité alimentaire de ces deux pays. Le gouvernement éthiopien a envisagé son développement rural dans le cadre d'un ambitieux projet de stockage surfacique qui mobilisera un volume d'eau du Nil Bleu et du lac de Tana atteignant environ 10 milliards de mètres cubes.

Il est certain que la mobilisation de ce volume d'eau à l'amont du bassin conduirait à une détérioration rapide de la situation politique avec les pays situés à l'aval du Nil du fait de la baisse du débit du fleuve et des répercussions socio-économiques et environnementales pour le Soudan et pour l'Égypte. On comprend alors pourquoi le gouvernement éthiopien, aidé actuellement par Israël dans la conception de ce gigantesque projet, a demandé officiellement en mars 1998 la renégociation du traité de 1959.

À l'instar de l'Éthiopie, les deux Soudans sont confrontés aux mêmes problèmes socio-économiques qui nécessitent :

- L'exécution de grands projets d'infrastructures pour assurer la sécurité alimentaire,

- La perte de grandes surfaces agricoles exploitables à cause des problèmes d'érosion des sols et des projets industriels et commerciaux destinés aux investisseurs étrangers,
- La crise du Darfour issue de la guerre civile entre le Nord et le Sud du Soudan est actuellement à la une des priorités des gouvernements européens,
- L'instabilité politique qui règne sur les deux territoires soudanais depuis plusieurs années à cause du Darfour va compliquer davantage encore l'exécution des projets de développement agricole envisagés par les gouvernements de ces deux pays.

Une démarche de coopération de la part des pays riverains pourrait débloquer la situation du Bassin du Nil. Malgré la création de l'Initiative du Bassin du Nil (IBN) et le bon climat de coopération qui règne actuellement entre les responsables de tous les pays, l'Égypte doit envisager une action en faveur de la renégociation du traité de 1959 en y impliquant tous les États riverains. Ce mode de gestion des ressources du Nil exige un courage et un *leadership* politique important de la part des gouvernements égyptien et soudanais, qui doivent renoncer en premier lieu à l'attribution intégrale du débit du Nil en faveur de la mise en place d'une gestion globale et intégrée de la totalité du bassin.

Cette nouvelle vision nécessite la mise en place d'un mécanisme d'application de la Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) qui conduira à une situation gagnant-gagnant entre les États du bassin. La création d'une Agence de bassin fluvial (ABF) est primordiale pour la formulation et la mise en œuvre des programmes et des politiques de coopération entre les nations riveraines. L'adoption de ce projet pour la gestion du Bassin du Nil consolidera, à moyen et long terme, la position du gouvernement du Caire à l'égard des neuf pays riverains du bassin, qui ne manquent pas une occasion pour solliciter des appuis politiques de pays généralement hostiles à l'Égypte, le but de ces manœuvres étant d'affaiblir ce pays en entravant son développement économique et sa sécurité alimentaire. Ainsi, l'Égypte fera en sorte de contenir et de résorber les positions des pays riverains en adoptant ce projet, et, de ce fait, l'identification ancestrale de « l'Égypte don du Nil » gardera sa pérennité dans la région.

Le Tigre et l'Euphrate : une gestion sécuritaire en quête de stabilité régionale

Le fleuve Tigre fait 1 800 km de long et comprend quatre pays riverains : l'Iran, Irak, la Syrie et la Turquie. L'Euphrate parcourt la Turquie, la Syrie et l'Irak, sur une longueur totale de 2 785 km. Les deux fleuves se rejoignent au sud de l'Irak pour former le Chatt al-Arab, qui se déverse dans le Golfe Persique.

Face à un climat tendu et à la présence américaine dans la région, la Syrie, qui connaît une multitude de conflits sur son territoire depuis cinq ans, demande la reconnaissance, pour l'Euphrate et le Tigre, du statut de fleuves internationaux et elle exige une révision de l'accord de 1987, car celui-ci ne correspond plus à ses besoins.

De son côté, la Turquie à l'instar d'Israël, n'ayant pas signé la convention des Nations Unies de 1997 sur l'utilisation des cours d'eau internationaux non navigables, prive ainsi l'Irak et la Syrie de toute possibilité de recours devant les instances juridiques de l'ONU.

Il serait intéressant de voir si le nouveau régime irakien, consolidé par la présence de l'armée américaine sur son territoire, va pouvoir renégocier ses accords hydrauliques avec les pays situés à l'amont du bassin, à commencer par la Turquie, qui est un allié fidèle des États-Unis.

L'impact de cette situation sur les pays de la région doit inciter la Turquie à lancer un processus de gestion de l'Euphrate et du Tigre dans le cadre d'une stratégie de développement durable basée sur un esprit de coopération, ce qui n'est pas le cas actuellement. Cette stratégie devrait aider les pays de ce bassin à se tourner vers la GIRE pour un usage plus performant des ressources en eau. Le seul recours pour la Turquie, après une stabilisation de l'Irak et de la Syrie, est d'appliquer une gestion basée sur la coopération avec ces pays riverains, dans le cadre des conventions internationales (à titre d'exemple, la Convention des Nations Unies de 1997 sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation ou la Stratégie de l'eau de l'Union pour la Méditerranée (qui n'a pas été approuvée par la Turquie lors de la réunion des ministres de l'eau en 2010 à Barcelone)).

Conflit sur l'eau du Jourdain : un modèle de gestion hégémonique

Le Jourdain est un fleuve transfrontalier qui constitue le troisième fleuve pérenne au Moyen-Orient et reçoit une grande partie de la totalité de sa recharge des précipitations qui proviennent de la zone sud de l'Anti-Liban. Avant de se jeter dans la Mer Morte, ce fleuve s'écoule sur une longueur totale de 228 kilomètres à travers le Liban, la Syrie, la Palestine, la Jordanie (le long de la vallée du Ghor) et Israël.

La Jordanie tente de développer, avec la Palestine, le projet *Red Sea-Dead Sea Canal* (RSDSC), qui prévoit la mobilisation de plus d'un milliard de mètres-cubes d'eau non conventionnelle pour combler les besoins. Ce projet a été estimé à 10 milliards de dollars par la Banque mondiale, il rassemble tous les pays riverains, à l'exception de la Syrie et du Liban (ce pays ayant exprimé son intention de se joindre au dialogue sur ce projet).

C'est à Israël et aux Arabes que revient la tâche diplomatique de trouver des solutions pour la gestion et un partage équitable de l'eau dans la région. Une hydro-politique énergique et positive de la part de l'État hébreu pourrait débloquer la situation en raison de sa capacité à anticiper sur l'avenir, mais surtout parce que, sur le plan stratégique, le temps ne joue pas en faveur des Israéliens, ce dont ils sont actuellement conscients. La pression exercée sur la population palestinienne en forte croissance démographique et dont les conditions de vie sont exécrables poussent des extrémistes à adopter une « culture de la violence ». C'est le premier facteur de danger intérieur auquel est actuellement confronté l'État hébreu. Selon

les experts israéliens, la survie de l'État hébreu repose sur l'eau. Cette ressource constitue pour les Israéliens un point incontournable : rendre la terre, c'est manquer d'eau. Mais comme Israël développe actuellement des usines de dessalement d'eau de mer à Eshkelon d'une capacité de 350-500 millions de mètres cubes d'eau, ainsi que le projet RSDSC, cela pourrait contribuer à combler le manque en eau et, par conséquent, permettre de « rendre la terre » aux pays arabes.

L'Oronte et le Nahr al-Kabir : une relative réussite au niveau bilatéral

L'Oronte prend sa source dans la vallée de la Bekaa, au Liban, et il s'écoule vers le Nord en traversant la Syrie et la Turquie, sur une distance totale d'environ 400 km, pour se déverser en Méditerranée. Le Nahr al-Kabir provient de nombreuses sources en Syrie et de la chaîne de montagnes du Liban. Cette rivière parcourt environ 52 km et constitue la frontière syro-libanaise entre la région du Akkar, au Liban, et le Gouvernorat syrien de Tartous, pour la plus grande partie de son cours.

Les négociations qui ont été entamées entre la Syrie et le Liban sur l'Oronte durant la période 1948-1994 ont abouti à un accord défavorable au Liban. Une révision de cet accord en l'an 2000, basée sur la Convention des Nations Unies de 1997, a permis au pays du Cèdre l'exploitation future de 7 000 hectares grâce à deux barrages d'une capacité totale de 80 millions de mètres cubes, ainsi que la production de 50 mégawatts d'électricité. Le Liban et la Syrie ont entamé en 2010 des négociations en vue de créer une Agence de bassin transfrontalière basée sur les clauses de la Convention de 1997. Les sous-commissions qui se réunissaient régulièrement dans ce but ont été suspendues à cause de la situation conflictuelle en Syrie. Quant à l'implication de la Turquie dans la gestion de l'Oronte, ce pays a voulu adopter une position positive vis-à-vis du Liban et de la Syrie concrétisée par un accord bilatéral syro-turc sur son affluent, l'Afrin, qui traverse ces deux pays.

Concernant le Nahr al-Kabir, un accord a été conclu entre les deux pays riverains qui prévoit la construction d'un barrage commun d'une capacité de 70 millions de mètres cubes permettant au Liban de développer 10 000 hectares de cultures irriguées dans la vallée du Akkar.

Les Nouvelles masses d'eaux : une hydro-diplomatie pour la paix au Moyen-Orient

L'approvisionnement en eau est actuellement une source de conflit sur la rive sud-est du Bassin méditerranéen à cause du contexte géopolitique, de la raréfaction de cette ressource, mais aussi du mode de gestion pratiqué par plusieurs pays de la région. Des exemples concrets de la rive sud-est méditerranéenne ont montré que le risque de conflit est d'autant plus fort que le pays le plus vulnérable du point de vue hydrique, situé à l'aval du bassin, est aussi le plus puissant sur le plan militaire. Ces pays vivent dans un climat de panique continue, voire dans une situation hydraulique obsessionnelle, avec la hantise

permanente que leur approvisionnement en eau puisse un jour être menacé.

Le partage équitable des ressources hydrauliques au Proche-Orient doit devenir un objectif global afin de répondre aux besoins actuels de la société et de préparer la satisfaction des besoins des générations futures. L'Union pour la Méditerranée (UPM) s'est engagée dans l'élaboration de la Stratégie méditerranéenne de l'eau, elle souligne le besoin urgent d'un engagement accru pour améliorer la gestion de cette ressource, réduire les inégalités et contribuer au développement des pays émergents.

L'UPM sera amenée à encourager les processus de démocratisation, à renforcer les capacités institutionnelles, à améliorer la gouvernance et à favoriser le processus de paix dans la région sud-est du bassin.

Dans un premier temps, cette démarche, qui est purement technique (première priorité) et politique (dans un second temps), pourrait faciliter l'application de la Gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin hydrogéographique dite Nouvelle masse d'eau comprenant à la fois les eaux conventionnelles et les eaux non conventionnelles.

Les pays du Proche-Orient doivent avoir recours à la gestion de leurs conflits sur une base permanente. Pour tous ces pays, le défi consistera à utiliser la stratégie du dialogue et de la coopération régionale comme une opportunité pour réaliser ensemble des progrès coordonnés dans les domaines du développement humain et économique, de la protection des ressources en eau et des avancées culturelles. La consolidation de la culture de l'eau pour la paix est essentielle pour les pays méditerranéens.

L'hydrodiplomatie

Définitions

- Consiste en l'application du concept de gestion par **coopération régionale**.
- Dynamique de développement économique au niveau d'un bassin transfrontalier.
- Les pays riverains seraient des « **catalyseurs pour la paix** ».

Quatre niveaux de bienfaits

- Niveau 1 : Bienfaits environnementaux.
- Niveau 2 : Bienfaits économiques directs.
- Niveau 3 : Bienfaits liés à la stabilité politique.
- Niveau 4 : bienfaits économiques indirects.

Objectif final :

« *Créer une organisation transfrontalière de bassin* »

Tous les États riverains du Jourdain doivent collaborer positivement dans le but d'assurer une véritable politique

Eau conventionnelle	
Bassin du Jourdain	1.8 Milliards m3/an
Eau non conventionnelle	
Canal (mer Rouge-mer Morte/mer Méditerranée-mer Morte)	1.0 Milliards m3/an
Eaux usées traitées	0.5 Milliards m3/an
Dessalement	0.3 Milliards m3/an
Source d'eau marine	0.2 Milliards m3/an
Apport mobilisé	4.0 Milliards m3/an

de gestion de l'eau de ce bassin qui soit basée sur un partage équitable et sur une utilisation raisonnable de la ressource. Cela implique également que la problématique de l'eau dans le bassin du Jourdain soit davantage technique que politique et que, par conséquent, tous les pays du bassin doivent avoir suffisamment d'eau pour assurer le bien-être social et la prospérité économique de leurs générations futures. Afin de satisfaire ces exigences et d'aboutir à une paix durable dans la région, ces nations doivent favoriser le concept de Gestion intégrée par bassin versant (GIBV) du cours du Jourdain en se basant sur les thèmes qui pourraient constituer un dénominateur commun entre ces nations, conformément aux principes des textes législatifs suivants :

- la Loi internationale sur l'eau ;
- la Convention des Nations Unies sur le partage des cours d'eau internationaux non navigables (1997) ;
- la Directive-cadre sur l'eau (DCE) de l'Union européenne ;
- la Stratégie de l'eau en Méditerranée de l'Union pour la Méditerranée.

Ce nouveau concept de Gestion intégrée par bassin versant (GIBV) devrait mobiliser dans la région une masse d'eau globale, conventionnelle et non conventionnelle, que nous nommerons « Nouvelle masse d'eau » (NME).

L'apport mobilisé serait donc d'environ 4 milliards de m³/an. Ce volume doit être partagé équitablement entre les pays du bassin afin de restituer aux pays arabes leurs territoires occupés depuis 1967, à savoir le plateau du Golan (pour la Syrie) et les hameaux de Chebaa (pour le Liban).

L'allocation de ce nouveau volume d'eau (de 4 milliards de m³/an) entre États riverains doit se faire selon le double concept du partage équitable et de l'utilisation raisonnable. Cette démarche doit se baser sur des critères techniques unifiés et bien définis afin d'éviter le gaspillage dans les secteurs d'exploitation suivants :

- le secteur de l'eau potable

- 200 l/j/personne (en incluant les fuites dans les réseaux qui ne doivent pas dépasser un taux de 25 %). Un effort collectif doit être réalisé pour augmenter le rendement des réseaux d'eau potable. Pour cela, une stratégie de réhabilitation des réseaux de distribution doit être lancée. De plus, les infrastructures de stockage du bassin du Jourdain, telles que les barrages d'Ibl Saki et d'al-Wehda, sont indispensables pour la régulation de la

gestion amont du système.

- Une politique tarifaire équitable pour les usagers eu égard à la nature conventionnelle ou non conventionnelle de la ressource. Les régions dans lesquelles les réseaux de distribution présentent une efficacité de rendement supérieure à 75 % auront droit à des tarifs dégressifs.
- L'installation de compteurs d'eau sur tous les réseaux de distribution est une nécessité.

- le secteur de l'eau pour l'irrigation

- Le volume d'eau optimal pour irriguer une parcelle d'un hectare devrait être au plus de 7 000 m³/ha.
- L'utilisation de nouvelles méthodes d'irrigation (aspersion et goutte-à-goutte) et de fertilisation doit s'imposer en vue d'une meilleure gestion de l'eau.
- L'amélioration du rendement des réseaux d'irrigation et l'adoption d'un système de contrôle qualité pour l'eau d'irrigation.
- La mise en place d'Associations des utilisateurs des eaux d'irrigation (AUEI) pour la gestion des projets de moyenne et petite dimensions.
- L'utilisation d'eaux usées retraitées pour l'irrigation.
- La réduction des espaces verts, qui consomment un important volume d'eau.

- la préservation de l'environnement

- Application du principe « pollueur-payeur » aux pays riverains qui polluent les cours d'eau internationaux.
- Préservation des écosystèmes des cours d'eau et mise en place d'un système de contrôle technique (*monitoring*) veillant en permanence sur la non-dégradation des rivières.
- Installation de stations de traitement des eaux usées pour protéger la qualité de l'eau des rivières.

L'Organisation de Gestion régionale de Bassin (OGRB) constitue un mécanisme permettant d'assurer un environnement adéquat pour la mise en place de la GIRE et l'exécution des fonctions suivantes :

- une répartition équitable de l'eau entre les pays riverains ;
- la planification intégrale des projets d'infrastructure ;
- la formation des collectivités au niveau régional ;
- la définition des stratégies de gestion des ressources naturelles et des programmes de réhabilitation des sols et des cours d'eau dégradés ;

- la mise en place d'un programme de formation à la résolution et à la gestion des conflits ;
- la constitution d'une banque de données régionales fiables et accessibles pour regrouper les données relatives aux ressources en eau sur les plans quantitatif et qualitatif. Le système euro-méditerranéen pour l'Information sur l'eau (SEMIDE) pourrait mobiliser une antenne régionale dans le but d'assurer le suivi de cette institution ;
- cet organisme régional de gestion pourrait être mis en place sous l'égide de l'Union pour la Méditerranée et sa gestion confiée à des représentants des cinq pays riverains, avec une présidence tournante entre ces pays ;
- application de la bonne gouvernance : texte de la Stratégie méditerranéenne de l'eau de l'UPM ;
- des centres d'Information et de formation aux métiers de l'eau : au Liban, en Palestine...

Cette démarche constituera une solution durable pour pallier la pénurie d'eau et offrir aux générations futures arabes et israéliennes une paix durable dans leur région. L'eau serait alors un moteur pour l'entente et l'instauration d'une Culture de la paix au Proche-Orient. Enfin, Arabes et Israéliens devront faire des choix très douloureux entre un présent basé sur la culture de la haine et un futur consolidé par une paix durable.

Conclusion

Malgré le fait que la COP21 se soit principalement attachée aux questions liées à l'énergie, les engagements

des associations non gouvernementales ont voulu se placer dans le cadre plus général du Nexus « eau-énergie-alimentation ». C'est dans cet esprit que la Conférence des Parties a mené ses travaux lors de la COP22, à Marrakech. Il est à noter que dans un monde où la population continue à s'accroître rapidement, les questions liées à l'alimentation et à l'évolution des consommations alimentaires auront inévitablement une incidence non négligeable sur la gestion des ressources naturelles et sur le changement climatique.

De plus, en raison des enjeux complexes du développement durable dans la région méditerranéenne et des défis majeurs qui pèsent sur la région du Moyen-Orient, il est important de lancer l'Observatoire méditerranéen du développement durable (OMDD) dans le but d'anticiper et d'évaluer l'implémentation de plans et de programmes nationaux et régionaux proposant des solutions liées à l'eau, au développement et à la diffusion des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et de la sécurisation de l'alimentation.

Cette initiative essentielle et bénéfique pour la sécurisation des générations futures devrait rassembler un groupe d'experts et un Conseil stratégique dans le but de piloter l'OMDD afin d'exécuter les recommandations de la COP21 et de la COP22.

Water and Climate Change Policy: A Brief History for Future Progress ⁽¹⁾

By Maggie WHITE and John H. MATTHEWS

Alliance for Global Water Adaptation (AGWA)

Karin LEXÉN and Sofia WIDFORSS

Stockholm International Water Institute (SIWI)

and Diego J. RODRIGUEZ

The World Bank Group

For most of the water community today, it seems self-evident that sustainable freshwater resource management is critical to tackling climate change. Reducing greenhouse gas emissions through cleaner energy sources, sequestering carbon from the atmosphere, and enabling effective climate-impact adaptive mechanisms for agriculture, ecosystems, cities, and energy systems cannot succeed without taking into account freshwater resources. In turn, it is also understood that many aspects of climate policy have direct impacts on water management decisions, including national and regional energy and water sharing policies, investment and finance strategies for water, and how water projects and their purposes are framed. Historically, water and climate change have been poorly integrated institutionally, partially due to a lack of appreciation by both the climate and water communities of how deeply the two facets are entwined. In truth, much has been accomplished: institutions and roles in both communities have been evolving, and the outline of a new synthesis is emerging. This article describes in three parts how the water community has evolved over the past two decades in its articulation of water-climate policy and its engagement with the climate change community.

For most of the water community today, it seems self-evident that sustainable freshwater resource management is critical to tackling climate change. Reducing greenhouse gas emissions through cleaner energy sources, sequestering carbon from the atmosphere, and enabling effective climate-impact adaptive mechanisms for agriculture, ecosystems, cities, and energy systems cannot succeed without taking into account freshwater resources. In turn, it is also understood that many aspects of climate policy have direct impacts on water management decisions, including national and regional energy and water sharing policies, investment and finance strategies for water, and how water projects and their purposes are framed. Historically, water and climate change have been poorly integrated institutionally, partially due to a lack of appreciation by both the climate and water communities of how deeply the two facets are entwined.

“The language of water is the language of climate change.”
Carter Roberts, WWF-US.

The water community’s movement towards a consensus that water and climate change are inextricably linked began around the year 2000 while a shared water-climate

vision with the climate change community gained momentum in just the last few years. Neither group’s development of a shared vision has been well documented or described in the literature, so both sides lack a sense of progress in the 21st Century. In truth, much has been accomplished: institutions and roles in both communities have been evolving, and the outline of a new synthesis is emerging. The most recent global climate change policy conference in November 2016 – the 22nd Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC COP22) – marked notable actions towards blending water within climate policy. But how did progress towards shared water-climate policy emerge, and where might these forces be moving?

This article describes in three parts how the water community has evolved over the past two decades in its articulation of water-climate policy and its engagement with the climate change community. These relationships have been uncertain and occasionally troubled, but 2015 and

(1) This article was initially published by the Global Water Forum, February 2017.

2016 have shown dramatic advances in coherence within the water community and its level of sophistication in how to engage the climate change community – alongside the UNFCCC – and how to build on this history for the future.

The First Synthesis: Defining Problems and Players

International cooperation around water and climate change policy issues dates back only to the early 2000s; notable early initiatives, such as the Cooperative Programme on Water & Climate (CPWC), embraced this partnership. Organized and led by the Netherlands between 2004 and 2010, the CPWC focused on policy issues within the UNFCCC and the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and on technical engagement dimensions among practitioners through groups such as the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and the IPCC. Utilizing this dual focus in most regions of the world, CPWC heralded a new, progressive linkage between water and climate change.

By 2010, awareness of the severity and intensity of realized and potential climate impacts on water began to seep into technical and political circles not just from early initiatives but also from publications. Three publications played transformative roles: “Stationarity Is Dead: Whither Water Management?” [1] (MILLY and *al.*, 2008), the IPCC’s technical report on climate change and water led by Bates and colleagues (2008) [2] and “Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses” [3] (SADOFF and MULLER, 2009). The major emphasis during this period and in these voices was the fundamental linkage of water to climate adaptation. Sadoff and Muller wrote, “Water is the primary medium through which climate change will impact people, ecosystems and economies” [3]. These observations have become central to how the water community now frames the importance of water to climate adaptation.

Broader trends also influenced how policy makers saw water as an expression of national and global development and sustainability policies. The 2011 “Water-Energy-Food Nexus” conference in Bonn played a strong role in promoting the fundamental role of water in the economic and sustainable development of agriculture and energy even when water was relatively hidden from agriculture and energy investors and decision-makers. This “nexus” conference reoriented many development discussions around the systematic need for water (and water management) to achieve energy and food security; key issues in the Climate arena.

However, throughout this period it was still mostly the water community that was highlighting the connection. Water played a very limited role within the 2010 UNFCCC negotiations, which overwhelmingly targeted climate mitigation issues and largely avoided any connection of water and climate mitigation or of freshwater management and climate adaptation. For instance, the World Bank and the Mexican Water Commission (CONAGUA) organized a ma-

ior event during Cancun’s COP16 in 2010 around water and climate change policy and practice, but the event was unofficial and located far from the COP venue [4]. While the event served as an important milestone to publicly engage the water community on the need to integrate water in the UNFCCC agenda, it did not effectively engage the UNFCCC negotiators, and that left those present from the water community frustrated by the difficulty to engage within the formal UNFCCC settings.

COP16 provided a clear signal to the water community that it needed to adopt different communication strategies to successfully engage with the climate change community about the interconnected nature of water and climate change. A number of groups began to catalyze action. Earliest among them was the Water & Climate Coalition (WCC), an advocacy and policy group of NGOs and governments working to influence the UNFCCC. Led by the Stockholm International Water Institute (SIWI) and Stakeholder Forum for a Sustainable Future, the WCC made significant early strides with policy makers and national parties in the UNFCCC around water and climate issues. Up until 2012, the CPWC and the WCC activated several dozen NGO and government organizations and marked a significant transition in how the water community viewed climate change policy – especially in relation to adaptation – as well as serving as early ambassadors for the water community in its engagement with the climate community.

Ultimately, the 2000-2010 decade demonstrated to the water community the need for a new technical-policy synthesis to be developed within the water community; that could integrate with global policy processes, as well as develop a more robust ability to translate water language into climate issues that could persuade negotiators. These ideas continue to resonate today, and their articulation and acceptance within the water community marks a transition to the second, current period of water and climate cooperation.

A Second Entry into Global Policies: Water Flows Indoors

While the first period of international cooperation (roughly 2000-2010) emphasized the connection between water and climate adaptation, the second period (2012-2016) has been a transition towards viewing water as essential to both climate mitigation and climate adaptation and to the acceptance of water as a specific focus area within the UNFCCC. The second period of international cooperation saw the water community building up stronger interlinkages and showcasing the interdependencies of water and climate and the need for both communities to interact more; many state governments started to recognise and appreciate that linkage.

Inspired by the WCC and CPWC efforts, the Alliance for Global Water Adaptation (AGWA) emerged in 2010 with a focus on identifying technical and analytical approaches for incorporating climate risks into water management and investments. A network of NGOs, governments, de-



Photo © Peter Tvårborg/SIWI

Entrance of World Water Week organised by the Stockholm International Water Institute (SIWI), August 2015.

“Led by the Stockholm International Water Institute (SIWI) and the Stakeholder Forum for a Sustainable Future, the Water & Climate Coalition (WCC) made significant early strides with policy makers and national parties around water and climate issues.”

velopment banks, and private sector entities from around the world, AGWA initially focused on developing a suite of best practices for robust water resources management through the leadership of its practicing members. AGWA’s organizers, originally Water Partnership Program at the World Bank and the World Wildlife Fund (WWF-US), have expanded over time; in 2014 Stockholm International Water Institute (SIWI) joined the World Bank as an AGWA co-chair. SIWI had ended the WCC in 2012 to focus more on working with AGWA, which, by then was shifting its focus from a technical and practitioner orientation (exploring knowledge synthesis, decision support systems, and capacity building) to integrate technical and policy programs focused on influencing UNFCCC processes, programs, and actions. Since then, advocacy and strong communications for non-water audiences have become increasingly important over time as well, and in 2015 AGWA helped start the #ClimatelsWater initiative, which coordinates water community messaging and advocacy around global meetings. #ClimatelsWater is presently coordinated by the World Water Council (WWC) and led by a steering committee of twelve organisations. AGWA, SIWI, French Water Partnership, and INBO are leading members of that steering committee.

A critical first step to helping the climate community appreciate the water and climate linkage was to ensure wa-

ter was not viewed as a siloed issue by central climate change actors. The water community chose to engender this shift in outlook using the UNFCCC process. While the UNFCCC had traditionally viewed water as a “sector” on par with other sectors (agriculture, energy, cities, forests, ecosystems), groups such as AGWA argued that water is a cross-cutting theme for effective adaptation and mitigation, and as such freshwater (and adaptive water knowledge) is essential to meet goals within other UNFCCC sectors. As was put at a 2012 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) workshop: “water is a connector, not a sector.” A holistic vision of the relationship between economic development and sustainable freshwater resources has therefore subsequently underscored the water-food-energy nexus introduced at the 2011 Bonn conference.

This integrated view is now a critical element in global discussions on green growth and low-carbon development. The UNFCCC’s Nairobi Work Programme on Impacts, Vulnerability, and Adaptation to Climate Change (NWP) organized a substantive event focused on water and adaptation in Mexico City in 2011. This effort contributed to the decision at a UNFCCC inter-sessional meeting in Bonn the following year to recognise freshwater as an official thematic area of the NWP. NWP then produced a report for the 2013 Warsaw COP on the cross-cutting

role of water in meeting adaptation goals and surveying the state-of-the-art management of adaptation and water [5]. This inclusion of water by those in the climate change community was a significant shift.

Global policy efforts for water-climate policy cooperation show both continuity and expansion through increased engagement by state governments and multilateral organizations. Germany organized the Frankfurt Water Symposium in 2013 to link policy and technical perspectives on water and climate change. The Netherlands and Mexico led early policy efforts and remain significant contributors. Peru, South Africa, France, and Morocco have been especially effective and vocal in recent years following their leadership in their respective COPs. The OECD published a signal report on the economic implications of water and adaptation [6]. SIWI explored the need for integrating water into climate mitigation policy [7], a topic which the World Bank's *High and Dry* report further articulated [8].

These global efforts have resulted in raising UNFCCC awareness and in integrating water within and across the UNFCCC, as of 2015. While water is not mentioned at all in the Paris Agreement, it does appear in governments' proposed Nationally Determined Contributions (NDCs) for climate mitigation. NDCs are the implementation guides for countries to achieve the high-level goals for the Paris Agreement over time. It is in these, that majority of the adaptation sections address and prioritize water. The high level recognition for adaptation measures in the Paris Agreement and the underlying necessity of implementing water strategies, policies and programs to attain successful adaptation measures at the national level, have enabled water to be recognised as an underlying factor for the successful implementation of the Paris Agreement.

Water was also very visible at the COP21 with Paris dedicating a specific slot for water under a "Resilience Day" and the government of France sponsoring a "Water Day" filled with events and a dedicated official event with country representatives to collect and highlight alignment with the water community. Ministers of Environment of France and Morocco (Ségolène ROYAL and Hakima EL-HAITE, respectively) pledged full recognition of the essential role that water plays in adaptation and mitigation measures at a press conference.

The Water Day at COP21 also spurred the #ClimatelsWater initiative as well as events led by private companies like Arup and global organizations like the World Bank. Three alliances were also launched at Paris's COP21: the Paris Pact on Water and Adaptation to the Effects of Climate Change in the Basins of Lakes, Rivers, and Aquifers; the Business Alliance for Water and Climate Change; and the Megacities Alliance on Water under Climate Change. These alliances mobilized to show negotiators the depth and breadth of the recognition that water is central to climate mitigation and adaptation at different levels. They also highlight the full engagement of other stakeholders that are willing to contribute to the successful implementation of the Paris Agreement. COP21 underscored how both the water and climate communities begun to reco-

gnize their need to collaborate to achieve economic and sustainable development.

COP 22: A New Hope?

The preparation and follow-through of COP22 in November 2016 moved water even closer to the centre of the climate policy dialogue. In July 2016, the government of Morocco organized an international conference in Rabat on water security for climate justice, with strong African representation and almost 700 global attendees. The goal was to articulate a common vision across the water community in preparation for COP22, which became the "Blue Book on Water and Climate" [9]. The conference, attended by more than 20 African ministers of water and the environment, launched a plea and a new alliance named "Water for Africa."

At COP22 itself, an official non-state arena for policy dialogue emerged that had previously been incarnated as the Global Climate Action Agenda (GCAA) and the Lima Paris Action Agenda (LPAA). The new platform, launched at COP22, as the Marrakesh Partnership for Global Climate Action or "Action Agenda," has proven an important vehicle for the development of new partnerships. Fulfilling the Paris Agreement and implementing the NDC's relies on the recognition and mobilisation of non-state actors and thus the platform's purpose has been to coordinate state and non-state stakeholders and their work. The water community is strongly engaged in this platform in order to demonstrate how water sustains both climate mitigation and adaptation measures.

UNFCCC's formal recognition of the role of freshwater as an enabling mechanism became more evident at COP22 as well. Mobilisation of the water community through AGWA and #ClimatelsWater as well as efforts by France and Morocco resulted in specific days dedicated to water in the official "blue zone", with amongst others an official Water Action Day, and the Moroccan civil society "green zone". For the Water Action Day, a "dialogue" between non-national parties (including UN agencies, multilaterals, NGOs, and intergovernmental groups) was organized by Morocco and UNFCCC to create an "Outcomes Document" describing how the water community and the UNFCCC should work together going forward [10]. These outcomes are an important complement to global ambitions and local and national activities. A key recommendation to come out of COP22 is that COP23 replicate Morocco's effort of organizing a between-COP conference to align and coordinate the water community, similar to the 2016 Rabat conference, and maintain an official Water Action Day.

The Paris Agreement that came out of COP21 was ratified just before COP22 began in Marrakesh, which reoriented attention to the agreement's implementation. One of the key questions that therefore emerged was how the NDCs linking water and climate will transition from aspirational goals to actual projects that utilize water management best practices. In a potentially significant development, an NDC Partnership was launched at COP22 to facilitate

this transition, as well as help deliver on the Paris Agreement and on results linked to the 2030 Sustainable Development Agenda and the Sustainable Development Goals (SDGs). A coalition of countries and international institutions and donors are working together to provide technical and financial support for countries to achieve their ambitions. With freshwater as a dedicated goal for the 2030 Agenda and a cross-cutting theme for many SDGs, the SDGs and UNFCCC are becoming more aligned. Water will almost certainly be critical in these discussions.

Conclusion – Flowing Forward: COP23 and Beyond

The past two decades have shown that the water community must engage and collaborate with the climate change community. The water community has demonstrated resilience and flexibility in finding new channels for communication and has achieved significant progress in engaging the climate community as evidenced by the progress of incorporating water in the UNFCCC process and in policy more broadly as shown by the 2030 Agenda. Where might the current of policy take the water community in the near future?

The water community must continue to attend to NDC details for sustainable implementation and to pay close attention to climate finance arrangements and institutions. Both may prove to be important mechanisms for mainstreaming best practices for freshwater resource management into projects, particularly concerning investments initiated by non-state actors such as cities, the private sector, development banks, and civil society. Such a transition from broad policy to policy implementation will demand a much closer integration between technical and policy wings of the water community.

Perhaps the next opportunity for this integration will be COP23, to be hosted by Fiji Island in November 2017 in Bonn, Germany. Fiji has significant experience with adaptation relating to both marine and freshwater in a shifting climate. Combined with its proven record on water and climate policy, Germany's leadership role with the NDC Partnership and within the G20 could be powerful sources of leverage on both climate mitigation and climate adaptation and the role freshwater plays in both. The planned inter-COP water and climate conference described in COP22 "Outcomes Document"[10]. UNESCO-International Hydrological Programme (IHP) events and Stockholm World Water Week (focused on climate policy with special attention to wastewater management) may also prove significant pacing events for COP23.

Strategically, the water community is complex, diverse, and diffuse; additional advocates may yet come into play beyond those already discussed. In 2016 UN secretary-general Ban Ki-moon and World Bank Group President Jim Yong Kim launched a "High-Level Panel on Water"[11]. While the High-Level Panel is oriented towards the SDGs, especially water supply and sanitation issues, its work includes finance and the enabling aspects of water for implementing a wide variety of SDGs. The High-Level

Panel could articulate the interdependence of the SDGs and the UNFCCC for long-term sustainability, particularly concerning resilience and reducing the impacts of water-related disasters.

Water and climate policy have the potential for broadly integrating roles across a wide range of conventions and issues. This integration will benefit all involved and ensure the long-term efficient use and provision of resources in the face of climate change. Because of actions undertaken by the water community since 2000, the water community is now well connected to many in the climate community who share value in the connection. The message that sustainable freshwater resource management is critical to tackling climate change continues to grow and develop through persistence, flexibility, and learning. These qualities must stay strong to foster further collaboration in the future.

If the statement that 'all rivers flow to the sea' is commonly used that is because there is a need to converge to a greater arena. 2015 was an extraordinary year where countries and their leaders decided that a better world must be left for the future generations. They laid the foundations through the Sendai Risk Disaster Framework, the Addis-Ababa Financing for Development Conference, the 2030 Transformative Agenda and the Paris Climate Agreement for goals that should be tackled in order to take action. Water flows through all these agreements and by embracing that, recognising its role and promoting its interconnected value, future generations might look back with relief and thankfulness, and not contempt.

References

- [1] MILLY (P.), BETANCOURT (J.), FALKENMAK (M.), HIRSCH (R.), KUNDZEWICZ (Z.), LETTENMAIER (D.) & STOUFFER (R.), "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?", *Science* 319, 2008, pp. 573-574, <http://doi.org/10.1126/science.1151915>
- [2] IPCC, *Climate Change and Water*, BATES (B.), KUNDZEWICZ (Z), WU (S.) & PALUTIKOF (J.) (Eds.), Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland: IPCC Secretariat, 2008.
- [3] SADOFF (C.) & MULLER (M.), *Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses*, Stockholm, Sweden: Global Water Partnership, 2009.
- [4] CONAGUA, *Diálogos por el Agua y el Cambio Climático Llamado a la Acción. Mexico Ciudad, MX*: Comisión Nacional del Agua de México, 2011.
- [5] UNFCCC, *Water and climate change impacts and adaptation strategies*, Geneva, Switzerland: UN Framework Convention on Climate Change, 2011 – <http://unfccc.int/resource/docs/2011/tp/05.pdf>
- [6] DOMINIQUE (K.), *Water and Climate Change Adaptation: Policies to Navigate Uncharted Waters*, n°WPBWE(2013)2/REV1, Paris, France: OECD Publishing, 2013, 121 p.

[7] LEXÉN (K.), MATTHEWS (J.) & ERIKSSON (M.), “Reducing Greenhouse Gases While Building Resilience – Cooperation towards Climate Mitigation and Adaptation Coherence”, in JÄGERSKOG (A.), CLAUSEN (T. J.) & HOLMGREN (K.) (Eds.), *Cooperation for a Water Wise World: Partnerships for Sustainable Development*, Stockholm, Sweden: Stockholm International Water Institute (SIWI), 2013.

[8] World Bank, *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*, Washington, DC, ©World Bank, 2016 – <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665>

[9] Kingdom of Morocco, Republic of France, World Water Council, *Water and Climate Blue Book*, Rabat, Morocco: Kingdom of Morocco, 2016 – http://www.worldwater-council.org/fileadmin/world_water_council/documents/publications/20161124_blue_book.pdf

[10] UNFCCC, *COP22 Outcome Document of the Action Event on Water*, Rabat, Morocco: UN Framework Convention on Climate Change, 2016 – http://unfccc.int/paris_agreement/items/10038.php

[11] <https://sustainabledevelopment.un.org/HLPWater>

Risques environnementaux et risques sanitaires liés à la contamination des eaux

Par Yves LÉVI

Faculté de Pharmacie, Université Paris Sud, UMR 8079 CNRS, Agro-ParisTech

L'Homme a toujours confié à l'environnement la fonction (gratuite) de faire disparaître ou d'éloigner ses rejets indésirables. Cette situation pouvait être envisagée tant que ces rejets étaient (bio)dégradables. Malheureusement, les progrès considérables réalisés par la chimie depuis les années 1950 ont généré une diversité considérable de molécules, dont certaines, quasi indestructibles, ont largement pollué tous les flux d'eau sur notre planète. Les traitements curatifs montrant leurs limites, c'est la protection et la restauration de la qualité des ressources en eau qui doivent désormais être érigées en priorités fondamentales, non seulement pour instaurer un environnement qui soit à même de retrouver une dynamique de vie, mais aussi pour protéger la santé publique.

Les ressources en eau sont très largement contaminées

Les eaux continentales captent la plupart des déchets générés par les activités humaines. Indispensable à l'hygiène et à l'assainissement, l'eau contribue à nettoyer grâce à ses propriétés de solvatation. En contrepartie, elle entraîne et diffuse tous les résidus biologiques et chimiques dont l'humanité cherche à se débarrasser.

Misant sur les propriétés épuratrices des milieux naturels, l'Homme a toujours confié à l'environnement la fonction (gratuite) de faire disparaître ou d'éloigner les indésirables qu'il rejette. Cela pouvait être une solution valable tant que les rejets étaient (bio)-dégradables...

Malheureusement, les progrès considérables réalisés par la chimie depuis les années 1950 ont généré une diversité considérable de molécules, dont certaines, quasi indestructibles, ont largement pollué tous les flux d'eau sur notre planète. Très clairement, les ressources hydriques sont dégradées à des degrés variables sur tous les continents, du fait de contaminants de toutes natures.

Les dangers physico-chimiques et biologiques sont donc présents de manière ubiquitaire. Facteur aggravant, des pompages excessifs des eaux souterraines ont également déplacé certains contaminants d'origine naturelle, qui exposent les populations utilisatrices de ces eaux à des risques sanitaires parfois très graves comme au Bangladesh ou au Vietnam, avec la présence d'arsenic dans l'eau.

Les progrès impressionnants accomplis par les méthodes de la chimie analytique ces vingt dernières années, notamment grâce aux couplages des chromatographies avec la spectrométrie de masse, ont révélé la présence, à l'état de traces, de très nombreuses molécules auparavant indétectables.

À côté de contaminants bien connus (pesticides, polluants persistants, hydrocarbures, solvants...) apparaissent ainsi de longues listes de nouveaux micropolluants dits « émergents » : plastifiants, résidus de médicaments, retardateurs de flammes, imperméabilisants perfluorés..., et certains ont même une origine naturelle comme les toxines de certaines cyanobactéries.

Grâce à ces nouvelles techniques, l'on analyse également de plus en plus de métabolites et de produits de dégradation dits « pertinents », car ils sont en mesure d'induire des effets biologiques indésirables au même titre que leurs molécules mères...

Cette connaissance de plus en plus fine des dangers auxquels nous sommes exposés conduit à établir des listes de plus en plus fournies de molécules détectées à de faibles, voire à de très faibles niveaux de concentration dans les ressources en eau.

Il en va de même pour la microbiologie : en effet, les apports de la biologie moléculaire permettent de détecter la présence dans l'environnement des génomes de très nombreux microorganismes, mais sans qu'il soit possible d'affirmer la viabilité et l'activité métabolique des mi-

croorganismes concernés et, par conséquent, leurs réels risques sanitaires.

Chaque nouvelle étape franchie permet de faire progresser nos connaissances sur la diversité et la nature des polluants présents dans l'eau, rendant encore plus délicate et complexe la question des effets et des risques qui leur sont liés ainsi qu'à leurs mélanges. En effet, un danger chimique ou biologique potentiel n'induit un risque réel qu'à partir du moment où il génère un effet aux doses rencontrées ou cumulées dans le temps et où des organismes vivants y sont exposés.

L'eau est un élément fondamental de la vie sur la planète : ce qui explique, *a contrario*, qu'une ressource en eau de qualité dégradée impacte obligatoirement la qualité sanitaire de la chaîne alimentaire jusqu'au prédateur suprême, l'Homme.

Il est donc indispensable de garantir le bon état écologique et chimique des milieux qui sont récepteurs de nos déchets et rejets, de protéger la santé de toute la population quelle que soit la fragilité de ses membres (immunodéprimés, enfants en bas âge, personnes âgées...) et de protéger les ouvrages et réseaux de distribution d'eau des situations de dégradation (corrosion, constitution de biofilms, entartrage...). Le coût de ces mesures de prévention est très important. Mais ne rien faire induirait des coûts environnementaux et sociétaux tout aussi importants, sinon supérieurs.

Il faut indiscutablement faire baisser la pression anthropique que nous exerçons sur les hydro-systèmes, et ce d'autant plus que le changement climatique va, notamment, induire des épisodes de sécheresses et des périodes d'étiage plus prononcés. Il est donc fondamental de bien connaître les dangers et de mieux quantifier les risques pour pouvoir nous assigner des objectifs ambitieux de prévention, de protection et de gestion.

Une gestion optimisée de l'assainissement des eaux usées et de l'alimentation en eau potable nécessite de bien quantifier les risques

Les effets indésirables observés sur le métabolisme des organismes biologiques sont, pour une grande part, la résultante d'expositions aux divers dangers environnementaux. C'est pourquoi se développent, depuis quelques années, de grands programmes internationaux de recherche sur « l'exposome ». Il s'agit de mesurer toutes les expositions cumulées à des dangers physiques, chimiques et biologiques, et de les placer en regard des principales pathologies connues afin de pouvoir établir les liens existant entre eux, et de prendre des mesures de gestion qui soient adaptées.

Tous les organismes internationaux en charge de l'élaboration des normes de qualité environnementale ou de qualité des eaux destinées à la consommation humaine s'interrogent sur les risques environnementaux et sanitaires liés aux mélanges de polluants apparaissant à des doses individuelles allant de quelques nanogrammes à

quelques centaines de microgrammes par litre. Dans le cas des composés organiques, il s'agit de pesticides, de plastifiants, d'hydrocarbures, de solvants, de résidus de médicaments et de cosmétiques, de biocides, etc.

Le calcul des risques repose sur la connaissance du danger, sur l'identification de son (ou de ses) effet(s), sur le calcul de la relation dose-effet et sur la mesure des expositions. Ce calcul est rendu particulièrement complexe lorsqu'il s'agit de mélanges de contaminants tels que ceux observés dans les eaux.

De nombreux effets peuvent être induits sur les organismes, tels que la génotoxicité, l'immunomodulation ou les perturbations endocriniennes. Mais il apparaît aussi des effets environnementaux, comme l'eutrophisation et la diffusion de l'antibiorésistance. Pour chaque danger, l'évaluation du risque implique de disposer d'une connaissance approfondie de son effet biologique indésirable.

C'est pourquoi, en complément d'une évaluation basée sur l'analyse chimique, se sont développées des batteries d'essais biologiques, qui permettent d'évaluer les impacts toxiques des mélanges de polluants. Encore faut-il que les résultats de ces essais soient interprétables au regard des objectifs attendus (santé de l'environnement, santé humaine), qu'ils soient reconnus au niveau international et qu'ils couvrent la plus large gamme d'effets possible.

L'évaluation quantitative des risques est réalisée par des comités d'experts indépendants, qui croisent les informations fournies par les publications scientifiques des revues à comité de lecture et par les rapports des grandes agences publiques internationales spécialisées.

Poursuivre et amplifier les actions de gestion

Les grands investissements dans le traitement des eaux sont fondamentalement destinés à éviter les effets toxiques et éco-perturbateurs des rejets d'eaux usées sur la faune et la flore, à protéger les ouvrages de transport et de stockage de l'eau contre la corrosion et l'entartrage, à éliminer les nuisances organoleptiques associées (couleurs, odeurs, saveurs) et à n'induire aucune pathologie pour les humains – quels que soient les types d'eau qu'ils consomment et les usages qu'ils en font.

Il n'est plus possible d'arguer simplement du fait que les doses de contaminants seraient « trop faibles pour induire des risques » : en effet, les mélanges sont complexes, les expositions sont chroniques, les concentrations sont variables et les cibles de toxicité sont multiples. Cela implique donc de fixer des valeurs limites de rejets, qui garantissent un impact négligeable et n'altèrent pas la capacité de remédiation des milieux naturels, en tenant compte, bien entendu, de leur fragilité et de leur diversité.

Il est donc désormais exigé des stations d'assainissement des eaux usées (STEU) qu'elles réalisent une épuration extrêmement complexe. En effet, elles ne doivent plus « seulement » éliminer les matières en suspension, le carbone, l'azote et le phosphore, elles doivent également extraire une large gamme de molécules aux polarités al-



Photo © Laurent Grandguillot/REA

Usine de traitement des eaux du Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP).

« Il est donc désormais exigé des stations d'assainissement des eaux usées (STEU) qu'elles réalisent une épuration extrêmement complexe. En effet, elles ne doivent plus "seulement" éliminer les matières en suspension, le carbone, l'azote et le phosphore, elles doivent également extraire une large gamme de molécules aux polarités allant de faible à forte. »

lant de faible à forte. De plus, ces toxiques doivent avoir été éliminés des boues utilisées en épandage agricole. Au regard de la multitude des dangers chimiques présents et sans attendre les avancées des recherches sur la toxicologie des micropolluants et les analyses de risques, certains acteurs ont décidé d'implanter dans leurs STEU des étapes de traitements complémentaires afin d'assurer une épuration particulièrement poussée, grâce à des technologies déjà utilisées dans les filières de production d'eau potable (ozonation, charbon actif, filtration membranaire).

Du bassin versant jusqu'au robinet, la procédure de gestion de l'eau doit être globale car, outre son impact sur la biodiversité, une ressource fortement dégradée conduira à des risques sanitaires via l'eau de consommation, l'irrigation, les loisirs nautiques ou l'alimentation. Une priorité, en matière de santé publique, est de fournir aux populations une eau de consommation garantie potable et de procéder à l'éloignement des eaux usées, avant de les restituer au milieu naturel, après épuration. Ce sont là des enjeux fondamentaux, en toutes situations, pour la survie des communautés.

En ce qui concerne les pollutions diffuses issues des eaux pluviales et de déversements volontaires ou accidentels de contaminants à risques, seule une gestion préventive et active de la structure, des activités et des pratiques

des bassins versants est susceptible de conduire à une amélioration. Le faible succès des actions passées en matière de réduction des impacts environnementaux liés aux intrants agricoles illustre l'ampleur des politiques qu'il reste à mener pour lutter contre les molécules issues des autres secteurs d'activité. Le développement de l'utilisation d'eaux usées traitées ou d'autres eaux non potables auquel nous assistons actuellement est le signe d'une humanité qui consomme désormais ses déchets, ce qui n'augure rien de bon du point de vue sanitaire.

Les systèmes de production et d'adduction des eaux destinées à la consommation humaine sont de vastes réacteurs chimiques et biologiques qui sont indissociables des ressources et qui sont donc, de ce fait, influencés par la qualité de ces dernières. Il s'agit non seulement des dangers microbiologiques, mais aussi des mélanges de polluants et des matières organiques précurseurs de sous-produits toxiques résultant des opérations de désinfection.

Les traitements curatifs montrant leurs limites, c'est la protection et la restauration de la qualité des ressources en eau qui doivent désormais être érigées en priorités fondamentales non seulement pour instaurer un environnement qui soit à même de retrouver une dynamique de vie, mais aussi pour protéger la santé publique.

La gestion de bassin s'impose partout dans le monde pour organiser l'adaptation au changement climatique

Par M. Roberto RAMIREZ DE LA PARRA

Directeur général de la CONAGUA et président mondial du Réseau international des organismes de bassin (RIOB)

Dans de nombreux pays du monde entier, le changement climatique affecte d'ores et déjà (et affectera de plus en plus) la quantité et la qualité de l'eau douce et les écosystèmes aquatiques, du fait, notamment, de l'intensité et de la fréquence croissante des événements hydrologiques extrêmes, tels que les inondations et les sécheresses. Dans cette perspective, les bassins des fleuves, des lacs et des aquifères sont les territoires naturels où l'eau s'écoule, en surface ou dans le sous-sol : c'est bien à cette échelle particulièrement appropriée que la gestion des ressources en eau et l'adaptation au changement climatique doivent être organisées.

Le Réseau international des organismes de bassin (RIOB), qui a été créé en 1994 au cours de l'Assemblée constitutive d'Aix-les-Bains (France), a pour but de promouvoir la gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant des fleuves, des lacs et des aquifères, notamment dans le cadre de l'adaptation aux effets du changement climatique.

La charte du Réseau a été adoptée pendant sa première Assemblée générale de Morelia (au Mexique) en 1996.

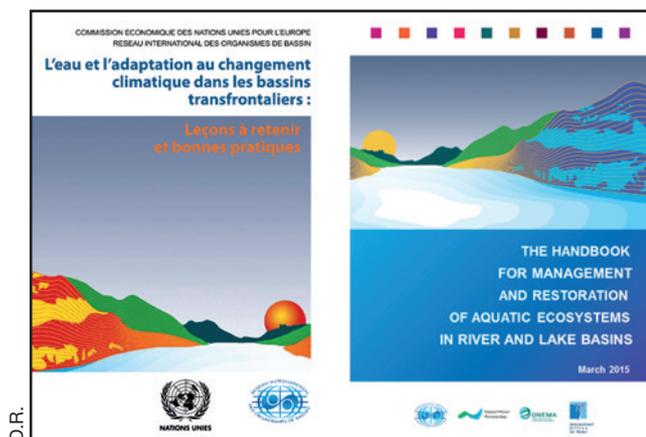
Le Réseau tient ses assemblées générales mondiales en moyenne tous les trois ans. Celles-ci ont eu lieu à Valence (Espagne) en 1997, à Salvador (Brésil) en 1998, à Zakopane (Pologne) en 2000, à Québec (Canada) en 2002, à La Martinique (France) en 2004, à Debrecen (Hongrie) en 2007, à Dakar (Sénégal) en 2010, à Fortaleza (Brésil) en 2013 et à Mérida (Mexique) en 2016. Le RIOB regroupe aujourd'hui 192 organismes membres répartis dans 87 pays.



D.R.

La dernière en date des Assemblées générales mondiales du Réseau (la 10^{ème}) s'est tenue au Mexique. Ses travaux se sont concentrés sur les quatre grands thèmes d'actualité que sont l'adaptation au changement climatique dans les bassins, les mandats, la composition, le rôle et les moyens des conseils et comités de bassin, la gestion durable des bassins (planification et financements) et, enfin, la participation des secteurs économiques et des citoyens.

Mais c'est bien le thème de l'adaptation au changement climatique qui est une priorité du RIOB depuis le début des années 2010.



D.R.

L'eau douce est en effet une des premières victimes du changement climatique et ce problème planétaire majeur se manifeste par l'intensification des sécheresses, des pluies, des ouragans, par l'intrusion d'eau salée dans les aquifères, par son impact sur la disponibilité et la qualité des ressources en eau entraînant des changements dans la production agricole, avec des impacts socio-économiques majeurs et des effets néfastes pour la santé humaine (parmi beaucoup d'autres conséquences).

Le Mexique est de ce point de vue un exemple des questions qui se posent pour assurer une gestion efficace des ressources en eau, aujourd'hui et dans le futur : il possède 1 471 bassins hydrographiques présentant une grande diversité dans leurs tailles (allant de plusieurs milliers de km² à un kilomètre carré) et ne coïncidant pas avec les limites politico-administratives. Cette situation a conduit à regrouper ces bassins versants physiques en 37 régions hydrologiques, lesquelles sont à leur tour intégrées dans 13 régions hydrologico-administratives. Le Mexique est aussi divisé en 653 aquifères. Les mesures hydrologiques y sont réalisées au moyen de 4 008 stations hydrométriques et climatologiques.

La variabilité du climat a été l'un des principaux enjeux de la coopération entre la CONAGUA (Commission nationale mexicaine de l'eau) et le RIOB depuis plus de 20 ans, laquelle a été récemment renforcée par la signature du « Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins ».

En effet, dans le cadre du « Plan d'Action Lima-Paris », le Pérou, appuyé par la France, a organisé le 2 décembre 2015 une journée officielle sur le thème « Eau et adap-

tation au changement climatique » dans le cadre de la COP21 de Paris. C'était la première fois, dans l'histoire de la Convention-cadre des Nations Unies sur le climat (CCNUC), que les enjeux de l'eau douce étaient ainsi officiellement abordés.

Porté par le Réseau international des organismes de bassin (RIOB), « Le Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins des fleuves, des lacs et des aquifères » a été présenté à l'ouverture de cette journée.

Le Pacte de Paris vise la mobilisation à l'échelle mondiale des organismes de bassin et de tous les autres acteurs impliqués - organisations multilatérales et internationales, administrations gouvernementales, autorités locales, entreprises et tous les secteurs économiques, ainsi que la société civile - pour engager sans délai les actions indispensables pour adapter la gestion de l'eau douce aux effets du changement climatique : tous les organismes impliqués dans la gestion intégrée par bassin ont été invités à signer ce Pacte.

« Le Pacte de Paris est le premier engagement concret de la COP21. J'appelle tous les acteurs de l'eau à le rejoindre (...). Le Pacte de Paris est un engagement concret. Ce pacte va donner un coup d'accélérateur et peut être considéré comme un instrument innovant », a déclaré Mme Ségolène Royal, ministre française de l'Environnement en signant elle-même officiellement le document au côté du ministre de l'Environnement du Pérou et de Mme Charafat Afilal, ministre chargée de l'Eau du Maroc, pays organisateur de la COP22, à Marrakech (en 2016).

À ce jour, plus de 359 organismes de 94 pays ont déjà signé le Pacte de Paris, ce qui montre bien que, partout, celui-ci mobilise fortement tous les acteurs de la gestion des ressources en eau, car il faut agir rapidement - avant qu'il ne soit trop tard !

Le Pacte de Paris comporte deux composantes : la première partie décrit le contexte et fournit des principes généraux pour l'adaptation au changement climatique dans les bassins, et la deuxième partie énumère les engagements que doivent prendre les signataires pour organiser l'adaptation au changement climatique et engager les actions appropriées.

L'action des organismes de bassin et de tous les autres acteurs impliqués est essentielle pour renforcer la résilience de nos sociétés aux risques pesant sur leurs ressources en eau dans le contexte du changement climatique.

La table ronde organisée pendant cette journée sur le thème de « l'eau et l'adaptation » a permis de présenter des exemples concrets de projets d'adaptation dans différents bassins fluviaux en Chine (bassin du fleuve Hai), en Inde (gestion des aquifères), au Mexique (Vallée de Mexico), en Amérique du Sud (projet Eco Cuencas), du fleuve Sénégal (OMVS), du fleuve Niger (ABN), du fleuve Congo et de ses affluents (CICOS) et au Maroc (ABH), ainsi que la plateforme de bassins pilotes permettant de tester les mesures d'adaptation animées par la CEE et l'ONU, le secrétaire de la Convention sur l'Eau de 1992,

et le RIOB : ces projets démontrent que l'on peut agir vite, dès lors que les acteurs se mobilisent !

C'est pourquoi ces championnes du climat que sont Mme l'Ambassadrice Laurence Tubiana et la ministre déléguée à l'Environnement du Maroc, Mme Hakima El-Haite, ont invité le RIOB à organiser avec elles l'événement d'action et de dialogue sur l'eau qui a eu lieu le 9 novembre 2016 pendant la COP22 de Marrakech. Les résultats de ces événements ont alimenté un événement de haut niveau qui s'est tenu le 17 novembre 2016 en la présence du Secrétaire général des Nations Unies.

Nos deux championnes ont ainsi écrit : « Le Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation animée par le Réseau international des organismes de bassin est une initiative cruciale sur l'eau et le changement climatique. Nous ne pouvions pas penser à un meilleur animateur que le RIOB pour l'organisation des événements d'action liés à l'eau de la COP22 ! ».

La Journée officielle d'Action pour l'Eau de la COP22 organisée désormais dans le nouveau cadre du Plan Mondial d'Action sur le Climat (*Global Climate Action Agenda* – GCAA), qui s'est tenue à Marrakech le 9 novembre dernier, a appelé l'attention des gouvernements et de tous les partenaires concernés sur l'importance stratégique de l'eau dans le contexte du changement climatique et elle a proposé des solutions concrètes pour la mise en œuvre de l'Accord de Paris.

Dans 93 % de leurs contributions nationales (INDC), les pays membres des Nations Unies ont identifié l'eau comme étant la clé de l'adaptation. Comme l'eau est essentielle pour la santé humaine, la sécurité alimentaire, la production d'énergie, la productivité industrielle, le tourisme, la navigation fluviale, la biodiversité, en plus de la satisfaction des besoins humains fondamentaux, sécuriser les ressources en eau signifie assurer la sécurité dans tous ces domaines du développement économique, social et environnemental face à la rapide croissance démographique qui se localise désormais principalement dans les centres urbains.

De plus, l'eau est essentielle à l'atténuation du changement climatique, car de nombreux efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre dépendent d'un accès fiable aux ressources en eau.

Il est donc essentiel de relever systématiquement ces défis si nous voulons nous adapter au changement climatique, limiter à la fois l'empreinte carbone des services d'eau et l'empreinte « eau », d'une manière générale, et réduire les effets négatifs des catastrophes liées à l'eau.

Deux manifestations officielles ont été organisées le 9 novembre 2016 à la COP22 de Marrakech : le matin, une « Vitrine de l'Eau » (*Water Showcase*) consacrée à la promotion d'initiatives concrètes et, l'après-midi, un « Dialogue sur l'eau », construit comme un débat de haut niveau autour des grands problèmes de la politique de l'eau et du climat.

Quatre « Alliances » ont joué un rôle essentiel dans cette journée. Bien entendu, l'Alliance des 357 signataires du

Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins des rivières, des lacs et des aquifères qu'anime le RIOB, l'Alliance des Entreprises pour l'eau et le changement climatique (BAFWAC) qui a été lancée par le « *Carbon Disclosure Project* – CDP », le « *CEO Water Mandate* », le Conseil mondial des affaires sur le développement durable et SUEZ, qui compte aujourd'hui 44 organismes membres, dont 30 entreprises de premier plan, l'Alliance des mégapoles pour l'eau et le climat animée par l'UNESCO, ICLEI, le SIAAP et Arceau-IDF, regroupant 16 mégapoles (soit une population totale de plus de 300 millions d'habitants) et l'Alliance du dessalement.

Ces quatre « Alliances » des bassins, des mégapoles, du dessalement et des entreprises créées en 2015 à la COP21 de Paris et fortement engagées dans l'action pour l'eau et le climat se sont en effet conjointement engagées, à cette occasion, dans une déclaration commune, à mobiliser leurs partenaires, à identifier et à diffuser les bonnes pratiques et à soutenir le développement de nouveaux projets par des acteurs de terrain impliqués dans l'adaptation au changement climatique et dans la résilience du secteur de l'eau.

Ces « Alliances » ont notamment présenté lors de la « Vitrine de l'eau » les progrès positifs réalisés par les projets phares sur l'adaptation de l'eau lancés à la COP21, tels que le système d'information hydrologique du fleuve transfrontalier Congo, la gestion intégrée du fleuve Hai, en Chine, le renforcement du nouvel Organisme métropolitain de Mexico pour le drainage pluvial urbain ou le projet de coopération « *Eco Cuencas* » sur l'adaptation au changement climatique entre pays européens et pays andins – mais aussi la réalisation, dans une quinzaine de mégapoles, d'un état des lieux de l'état des ressources et des services de l'eau, de l'impact attendu du changement climatique sur ceux-ci et d'une revue des stratégies et des solutions innovantes imaginées par ces mégapoles pour lutter contre ces effets négatifs et, si nécessaire, pour s'y adapter.

Elles ont également annoncé lors de cette Journée sur l'eau de la COP22 de nouveaux projets d'adaptation, comme la gestion du fleuve Sebou, au Maroc, la création du Centre de formation sur l'adaptation de l'eau au climat de Brasilia, la coopération entre les agglomérations de Paris et de Manille, le lancement d'une plateforme euro-méditerranéenne d'information sur l'eau ou encore l'utilisation future du satellite SWOT pour les observations hydrologiques de la Terre (notamment).

« *Ceci s'inscrit parfaitement dans la COP22, qui s'efforce d'être une COP pour l'action !* », a déclaré, lors de la cérémonie de signature de cette déclaration des Alliances, Mme Charafat Afilal, la ministre déléguée chargée de l'Eau du Maroc. « *Maintenant, nous devons réaliser ce qui est en jeu, puisque l'insécurité de l'eau conduit à plus de conflits, à des tensions entre les populations et [puisqu'elle] provoque également des migrations qui menacent la stabilité mondiale* ».

« *Les villes sont là où la bataille pour le développement durable doit être gagnée. Les nouveaux Objectifs de dé-*



D.R.

M. Roberto Ramirez de la Parra (à droite) (lors de la COP21).

veloppement durable des Nations Unies, et en particulier l'objectif numéro 6 sur l'accès universel aux services d'eau et d'assainissement, ne pourront être atteints qu'avec l'implication des plus grandes villes du monde. C'est pourquoi la création d'une plateforme d'échange d'expériences et de savoir-faire, pour les mégapoles, sur les sujets relatifs à l'eau, est si essentielle aujourd'hui », a rappelé Mme Flavia Schlegel, sous-directrice générale (ADG) pour les sciences exactes et naturelles de l'UNESCO.

Mme Frédérique Denis, vice-présidente du Syndicat interdépartemental de l'assainissement de l'Agglomération parisienne (SIAAP), a souligné que « l'Alliance des mégapoles devient effective, avec un engagement politique fort des municipalités et la signature d'accords de coopération entre grandes agglomérations, par exemple entre l'agglomération de Paris et celles de Pékin, Manille ou Mexico ».

« En moins d'un an, l'Alliance des entreprises pour l'eau et le climat a regroupé plus de 40 organisations signataires, dont 30 entreprises mondiales représentatives des 5 conti-

nents et représentant un chiffre d'affaires cumulé de 680 milliards de dollars, autour d'engagements de mesure et de réduction de leur empreinte eau. Elle s'est fixé l'objectif d'atteindre 100 signataires représentant 1 000 milliards de chiffre d'affaires annuel en 2018 », a expliqué M. Bertrand Camus, coordinateur de l'Alliance des entreprises pour l'eau et le climat et directeur général de Suez Eau France.

En ma qualité de président du Réseau international des organismes de bassin, je me réjouis de cette volonté clairement manifestée d'une action conjuguée des quatre Alliances, car l'adaptation des ressources en eau au changement climatique doit s'organiser au niveau naturel du bassin (national ou transfrontalier, des rivières, des lacs et des aquifères), où l'eau s'écoule de l'amont vers l'aval, et mobiliser tous les acteurs de terrain, notamment les autorités politiques, les secteurs économiques et la société civile, pour obtenir, à travers la concertation et en temps utile, une vision commune pour faire face aux défis du changement climatique.

L'adaptation au changement climatique au centre d'une coopération franco-chinoise pour la gestion de l'eau par bassin

Par Chao LIN

Directeur du bureau de la Protection des ressources en eau de la Commission de conservation du fleuve Hai (Chine)

et Gwendal LE DIVECHEN

Chargé de projet Chine à l'Office international de l'Eau

La Chine est confrontée à une sérieuse crise de l'eau que les effets du changement climatique ont d'ores et déjà tendance à aggraver.

Le bassin du fleuve Hai (318 000 km²) est, avec ses 130 millions d'habitants, une des zones économiques les plus développées de Chine. Mais une forte urbanisation et une industrialisation croissante entraînent de fortes pressions sur les ressources en eau de cette région du nord-est de la Chine.

Afin de prévenir une crise liée à la raréfaction de ces ressources et à une dégradation rapide de leur qualité, le gouvernement chinois a mis en place de nombreuses coopérations internationales dans le but d'améliorer ses méthodes de gestion de l'eau.

C'est dans ce cadre que le ministère chinois des Ressources en eau et le ministère français chargé de l'Écologie et du Développement durable ont signé, en décembre 2009, un accord de coopération prévoyant la mise en place d'échanges d'expériences entre les deux pays et un renforcement des compétences de la Chine en matière de gestion intégrée et de protection des ressources en eau dans le bassin du fleuve Hai.

Un premier projet pilote portant sur le sous-bassin de la rivière chinoise Zhou (2 100 km²) a vu la mise en place d'un groupe de coordination opérationnel (associant experts chinois et experts français) et la production d'un état des lieux des ressources en eau, d'un plan de gestion de celles-ci ainsi que d'un programme de mesures permettant de répondre aux grands enjeux du sous-bassin considéré. Cette coopération franco-chinoise franchit aujourd'hui une nouvelle étape en s'étendant à une échelle plus significative, celle du bassin du fleuve Luan (55 500 km²).

Contexte et historique du projet

La Chine doit subvenir aux besoins de 20 % de la population mondiale avec seulement 7 % des ressources en eau douce de la planète. Or, l'écart se creuse entre demande en eau (en hausse dans un contexte de forte croissance économique) et ressources disponibles (baisse des précipitations sous l'effet du changement climatique). Au nombre des conséquences, on compte un grave déficit hydrique et l'assèchement progressif des fleuves, des

lacs et des rivières : entre 1990 et 2011, près de la moitié des cours d'eau du pays se sont ainsi « évaporés ».

Le défi d'une gestion durable des ressources en eau est par ailleurs compliqué par une inégale répartition géographique de la ressource et par des besoins en eau croissants induits par une urbanisation galopante. Le Nord du pays concentre les deux tiers des terres arables et plus de 40 % de la population, mais seulement 15 % des ressources en eau. Près de 400 des 668 principaux centres

urbains chinois sont concernés par de sérieuses difficultés dans leur approvisionnement en eau.

Au nord-est de la Chine, les deux mégapoles du bassin pilote de la coopération franco-chinoise – Pékin (la capitale administrative du pays, 21 millions d'habitants) et Tianjin (la cinquième ville du pays, 14 millions d'habitants) – sont confrontées à une situation de stress hydrique comparable à celle de la Jordanie ou de la Palestine, avec seulement 200 m³/an/habitant (quantité inférieure au seuil de pénurie absolue, tel que défini par les Nations Unies). Leurs nappes souterraines, qui couvrent jusqu'à 75 % de leur approvisionnement en eau, sont surexploitées : dans certaines zones, le niveau des nappes les plus sollicitées s'effondre d'1,5 mètre par an.

Afin de desserrer l'étau de la rareté de l'eau dans les régions septentrionales, le gouvernement chinois a lancé le chantier pharaonique du Transfert Sud-Nord. La réalisation de ce projet, qui s'étale de 2002 à 2020, vise à détourner près de 45 milliards de m³/an de la vallée du fleuve Yangtze à destination des terres arides du bassin du Fleuve Jaune et à Pékin *via* trois canaux (ceux de l'Est, du Centre et de l'Ouest), sur une longueur totale d'environ 2 700 kilomètres. Par ailleurs, il mène d'ambitieux politiques de maîtrise de la demande (tarification selon le principe du pollueur-payeur, efficacité hydrique dans l'irrigation et dans l'industrie) et de développement de l'offre (dessalement, réutilisation des eaux usées).

En Chine, la crise de l'eau est également qualitative. Les cours d'eau du pays sont gravement pollués. L'édition 2013 du Rapport annuel du ministère chinois de l'Environnement sur l'état de l'environnement indique ainsi que les sections de fleuves et de rivières contrôlées sont polluées au point d'être rendues impropres au seul contact humain, voire aux simples usages industriels et agricoles, dans respectivement 28 % et 10 % des cas. Les progrès se font attendre : en deux ans, ces deux indicateurs n'ont respectivement diminué que de 1,3 % et 1,2 %. En 2015, plus de 60 % des eaux souterraines analysées étaient de qualité médiocre ou mauvaise, ajoutant encore à la précarité quantitative de cette ressource.

La situation est encore plus dramatique dans le Nord. Le bassin pilote du fleuve Hai est d'ailleurs le plus pollué de Chine et sa situation ne s'améliore pas : en 2015, 58 % de ses sections contrôlées sont impropres au contact humain, dont 39 % sont impropres aux usages industriels et agricoles, des taux similaires à ceux de 2013. Cette situation s'explique notamment par la concentration d'importants sites industriels dans le bassin de ce fleuve, notamment dans la Province du Hebei (qui ceinture la mégapole de Pékin), et par la difficulté que rencontrent les autorités centrales à faire respecter les lois et les standards environnementaux par les collectivités locales (provinces, municipalités autonomes, municipalités et districts).

Mais, en Chine, la crise de l'eau est avant tout un enjeu de gouvernance, en raison notamment d'une division des responsabilités entre les approches quantitative (ministère des Ressources en eau) et qualitative (ministère de la Protection de l'environnement) et d'une coordination/coo-

pération limitée, voire de relations de concurrence entre ces deux ministères, ainsi, de manière générale, qu'entre l'ensemble des ministères ayant une responsabilité sur un secteur en lien avec les ressources en eau (industrie, agriculture, développement urbain, etc.). Un manque de coordination que l'on retrouve à l'échelle locale, les mécanismes de gestion trans-secteurs étant presque inexistant, ce qui freine la mise en œuvre de la volonté politique du gouvernement central.

Néanmoins, le gouvernement central chinois se dote depuis plusieurs années d'une politique ambitieuse en termes de développement durable et de protection de l'environnement, notamment en ce qui concerne les ressources en eau. Parmi les initiatives et textes les plus importants, nous pouvons citer :

- les « trois lignes rouges » de 2013, qui fixent des objectifs pour la consommation totale d'eau, l'efficacité dans son utilisation et sa qualité générale avec des cibles établies jusqu'en 2030, cibles qui sont ensuite subdivisées au niveau provincial, puis au niveau des districts ;
- le plan d'action et de prévention contre la pollution des eaux (« *Water Ten* ») de 2015, qui établit 10 mesures générales pouvant être divisées en 38 sous-mesures, des délais d'exécution et des ministères de tutelle ayant été identifiés pour chaque action. Ce plan couvre les quatre grandes actions suivantes :
 - le contrôle des rejets polluants,
 - la promotion des innovations technologiques et le recours aux mécanismes du marché,
 - un renforcement de la gestion et de la protection de la ressource,
 - la clarification des responsabilités et la participation du public ;
- le 15^{ème} Plan quinquennal de 2016, qui fixe les grandes orientations de la politique chinoise pour la période 2016-2020. Ce plan quinquennal, qui reprend de nombreux points énoncés au « *Water Ten* », devrait permettre d'améliorer sensiblement la situation de la ressource en eau dans le pays.

Si la Chine veut atteindre les objectifs ambitieux qu'elle s'est fixés (70 % des eaux de surface de qualités moyenne à bonne en 2020, collecte de 100 % des eaux usées municipales, réduction des eaux souterraines en mauvais état à 15 %, etc.) et résoudre sa crise de l'eau, cela suppose pour ce pays la mise en œuvre d'une politique efficace de gestion intégrée de ses ressources en eau (GIRE).

Sur la base de ces postulats, le projet de coopération franco-chinoise vise à renforcer les capacités de la Chine en matière de GIRE afin de protéger des ressources en eau du pays et d'en développer une utilisation durable et de travailler sur ses capacités d'adaptation et de résilience au changement climatique. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'accord de coopération de 2009 conclu entre le ministère chinois des Ressources en eau et le ministère français chargé de l'Écologie et du Développement durable, qui a été confirmé lors du Forum mondial de l'eau de 2012 et de la COP21, en 2015.



D.R.

Mme Ségolène Royal, ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, et M. Chao Lin, directeur du bureau de la Protection des ressources en eau de la Commission de conservation du fleuve Hai (Chine) signant l'accord d'extension de la coopération pendant la COP21 de Paris en 2015.

Dans le cadre de cet accord, la France et la Chine ont lancé conjointement en avril 2011 un projet pilote de gestion intégrée du bassin du fleuve Hai. Il s'agit de tester l'application en Chine de certains outils de gestion des ressources par bassin versant, de lutte contre la pollution des eaux et de protection des écosystèmes mis en pratique en France dans les années 1960. Les recommandations formulées dans le cadre du projet visent à renforcer les objectifs et les standards environnementaux appliqués dans le grand bassin du fleuve Hai, et plus largement en Chine.

Outils et méthodes

La phase d'appui technique a permis d'apporter un support aux partenaires chinois de la commission du fleuve Hai, les autorités de l'eau des villes de Tianjin et de la région du Hebei, ainsi qu'aux acteurs locaux du bassin de la rivière Zhou pour le développement et la rédaction d'un premier diagnostic et d'un plan de gestion des ressources en eau à l'échelle d'un bassin versant, en l'occurrence le sous-bassin pilote de la rivière Zhou. Ce type de modèle de gestion par bassin n'avait été jusque-là que rarement mis en œuvre, en Chine, à l'échelle d'un sous-bassin versant. Il s'agit donc d'une réelle évolution dans la méthode de gestion des partenaires chinois, qui sont aujourd'hui à la recherche des meilleurs outils de gestion pour pallier les problématiques actuelles non seulement quant à la qualité

de la ressource en eau, mais aussi quant à sa distribution entre les différents usagers.

Nouvelle en Chine, cette vision vient en complément de ses précédents efforts qui étaient centrés majoritairement sur l'apport de réponses techniques et technologiques aux problématiques liées aux ressources en eau du type « l'eau est polluée, il faut trouver les moyens les plus efficaces pour la rendre plus propre » ; « il y a un manque d'eau dans le nord de la Chine, il faut transférer de l'eau depuis les provinces qui connaissent un " excédent " ». Le gouvernement central prend dorénavant mieux en compte les besoins en gouvernance et en outils institutionnels permettant de régler les problèmes existant autour de cette ressource vitale, et donc stratégique.

Au vu de son expérience de plus de 50 ans dans la gestion par bassin versant, la France a été choisie pour apporter son expertise internationalement reconnue dans le domaine de la gestion des ressources en eau. Le projet est donc étroitement suivi par les services du ministère des Ressources en eau (MWR) et par les instances centrales, le projet se situant de surcroît dans la zone de développement prioritaire de « Beijing-Tianjin-Hebei », qui doit devenir le nouveau poumon économique de la Chine du Nord. La dimension stratégique de cette coopération apparaît donc de plus en plus clairement et cela devrait pouvoir conduire, dans le cas d'un renforcement des activités sur les plans technique et technologique, à une valorisation de la gestion intégrée des ressources en eau.

Sur le plan de la coopération institutionnelle, durant cette phase d'appui technique, le cœur de l'action a consisté à développer un plan de gestion et, dans le même temps, son programme de mesures associées. Ce travail s'est principalement basé sur deux des premiers résultats obtenus :

- le premier état des lieux et la caractérisation du sous-bassin de la rivière Zhou ont été réalisés et présentés en septembre 2014,
- la création et la tenue régulière d'un comité de coordination élargi, du côté chinois, dans lequel sont représentés les principaux acteurs du projet, mais aussi des acteurs locaux et des acteurs ne relevant pas de la stricte compétence du MWR, le ministère de tutelle du projet pour la Chine.

D'une part, ces éléments ont permis de dresser une cartographie de l'état des ressources en eau dans le sous-bassin et d'identifier les principales sources de pollution. D'autre part, la connaissance des acteurs locaux et leur implication dans le groupe de coordination élargi ont permis d'identifier les responsabilités au niveau local et les travaux qui allaient être entrepris dans le sous-bassin de la rivière Zhou.

Sur cette base, grâce aux missions d'experts français qui jalonnent cette coopération, les échanges ont porté sur le contenu des plans de gestion français et sur la manière de répliquer, en adaptant, la méthode française au contexte spécifique chinois (malgré une connaissance de la ressource encore éloignée des standards français actuels).



D.R.

Session de formation technique dans les locaux de la Commission de conservation du fleuve Hai, à Tianjin : exposé sur l'organisation des bassins versants en France.

Dans ce contexte, l'appui des experts de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) et leur connaissance des processus de gestion locaux et participatifs ont permis de dégager rapidement les grands enjeux du sous-bassin de la rivière Zhou et de proposer les meilleures solutions pour y arriver, ces solutions étant présentées dans un programme de mesures. De son côté, l'appui du Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP) a permis de mettre en avant les thématiques liées à l'assainissement, qui revêtent une importance majeure aux yeux des partenaires chinois.

Résultats

Au terme de la première phase d'appui technique (2012-2016), les partenaires chinois ont ainsi intégré l'ensemble des éléments et des procédures à effectuer pour parvenir à l'élaboration d'un diagnostic, d'un plan de gestion et de son programme de mesures associées à l'échelle du bassin versant, c'est-à-dire à la mise en application du concept de GIRE.

Il est important de noter que ce plan de gestion et son programme de mesures ne sont que les premières étapes d'un processus cyclique beaucoup plus long qui permettra, à terme, d'atteindre un état satisfaisant des ressources en eau (tant quantitativement que qualitativement) dans les bassins versants de la rivière Hai. Les partenaires chinois en sont désormais conscients et la vision de la gestion par cycles semble être désormais acceptée (cela tient no-

tamment au fait qu'elle est susceptible d'être superposée sans hiatus aux plans quinquennaux du gouvernement central, qui donnent les grandes orientations de la politique chinoise en matière de problématiques nationales).

Il est donc important de continuer à apporter dans les années à venir un appui aux partenaires chinois afin de s'assurer que les principes et méthodes présentés par les instances françaises seront correctement appliqués et, notamment, que les partenaires chinois se les sont bien appropriés afin qu'ils puissent les mettre en application de la manière la plus pertinente possible en tenant compte des spécificités du contexte chinois. Cela sera le garant d'une dissémination et d'un ancrage de la méthodologie de gestion intégrée par bassin à l'échelle du grand bassin de la rivière Hai, puis à l'échelle nationale chinoise.

À cette fin, une nouvelle phase d'appui technique (2016-2018) est en cours, qui vise à capitaliser sur les efforts déployés et sur les progrès accomplis lors des actions précédentes. L'extension de l'accord de coopération franco-chinois dans le cadre d'une nouvelle phase va permettre la poursuite des activités sur le bassin de la rivière Zhou (mise en œuvre et suivi du programme de mesures) et l'élargissement de la procédure de mise en place d'un processus de GIRE dans le bassin de la rivière Luan (d'une superficie de 55 500 km²), le tout dans un contexte d'adaptation au changement climatique dont les effets se font d'ores et déjà fortement ressentir dans le nord-est de la Chine.

Cela permettra de continuer, avec les partenaires chinois, de promouvoir et de mettre en place les outils de la GIRE à une échelle géographique plus importante et donc plus visible au niveau national, et de renforcer les liens (tant

institutionnels que techniques) déjà importants qui ont été noués entre les partenaires chinois et français dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau.



D.R.

Filtres plantés de roseaux en dérivation du lit principal d'une rivière, en Chine.

La gestion du risque inondation par l'État

Par Marc MORTUREUX

Directeur général de la prévention des risques du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

La France s'est dotée d'une politique de prévention et de gestion du risque inondation très structurée, qui mobilise l'État, ses établissements publics et les collectivités locales pour protéger au mieux les personnes et les biens.

L'enjeu est d'autant plus fort que le réchauffement climatique accroît le risque de catastrophes naturelles : la nécessité est désormais de nous adapter aux conséquences d'alternances plus marquées d'épisodes de fortes précipitations et de périodes de sécheresse.

La stratégie mise en place par la France en la matière met l'accent sur la prévention : l'ambition, ici, est d'éviter d'accroître l'exposition au risque d'inondation grâce à une politique adaptée en matière d'urbanisme et d'aménagement des territoires, au travers des plans de prévention des risques (PPR). Cette stratégie s'accompagne également de différentes mesures visant à réduire la vulnérabilité des territoires et à développer la culture du risque au sein de la population, c'est ce à quoi concourent les programmes d'actions pour la protection contre les inondations (PAPI). La France s'est par ailleurs dotée de moyens de surveillance et de vigilance météorologiques et hydrologiques performants pour pouvoir anticiper la survenue de crues et prendre les mesures nécessaires en situation de crise.

« Que d'eau, que d'eau ! », s'était exclamé le président de la République Mac Mahon visitant en 1875 des villes et des villages dévastés par la crue de la Garonne en colère. L'histoire de France est émaillée de tels épisodes exceptionnels de crues, qui sont l'illustration d'une certaine impuissance face aux catastrophes naturelles. La France s'est néanmoins dotée progressivement de dispositifs structurés de prévention, de surveillance et de gestion du risque inondation. Nous ferons ici état des avancées les plus récentes dans ce domaine.

Des enjeux allant en grandissant avec le changement climatique

Les rapports scientifiques établissent aujourd'hui un lien entre changement climatique et survenues de catastrophes naturelles. Ces dernières vont en s'aggravant dans le monde : depuis 1992, on déplore plus de 1,3 million de victimes et plus de 2 000 milliards de dollars de dommages.

Combinés au développement souvent peu maîtrisé des territoires et des villes (notamment de celles qui sont situées le long des côtes ou des fleuves), les risques de ce type de catastrophe vont s'accroître en lien avec les conséquences du réchauffement climatique que sont, en

particulier, l'élévation du niveau de la mer (qui pourrait atteindre un mètre d'ici à 2100) et l'augmentation, en fréquence et en intensité, des phénomènes météorologiques violents. De surcroît, ce sont les régions du monde et les populations économiquement les plus vulnérables qui seront le plus gravement touchées.

Quatre ans après la catastrophe de Fukushima et le tsunami de 2011 qui ont touché le Japon, 187 États se sont réunis, sous l'égide de l'ONU, à Sendai au Japon, en mars 2015, pour adopter un nouveau cadre international pour la réduction des risques de catastrophe portant sur la période 2015-2030. Ce cadre a été conforté par la signature, fin 2015, lors de la COP21, de l'ambitieux Accord de Paris sur le climat.

Le risque inondation en France

De façon schématique, le territoire français est soumis à trois grands types d'inondation :

- **les submersions marines**, le long des côtes, en cas de tempête associée à de forts coefficients de marée. Nous avons tous en tête la tempête de décembre 1999, mais aussi la tempête Xynthia (fin février 2010), avec dans les deux cas un lourd bilan humain et matériel,



D.R.

Tempête Xynthia (26 février 2010) : ces maisons de La Faute-sur-Mer (département de la Vendée) ont été noyées en seulement 11 minutes !

- des crues, lentes et progressives, de cours d'eau et de fleuves majeurs, suite à de fortes précipitations prolongées se concentrant sur un bassin hydrographique. Le dernier épisode marquant date de mai-juin 2016, avec un épisode de crue majeure des affluents du Cher et de la Seine dans le centre de la France et en Île-de-France. Le bilan financier de cet épisode de crue, qui a duré une semaine, avoisine le milliard d'euros,

des ruisseaux en de véritables torrents particulièrement dangereux.



D.R.

Inondation du centre-ville de Nemours (Seine-et-Marne), fin mai 2016.

- des épisodes de type « cévenol », dans les départements de l'arc méditerranéen, qui interviennent surtout à l'automne et qui sont liés à la rencontre de masses d'air chaud, venant de la Méditerranée, et d'air froid, descendant du Nord. Il s'agit de phénomènes violents et localisés, qui transforment en quelques minutes seulement



D.R.

La crue du Gardon à Alès (département du Gard) lors d'un épisode cévenol, en septembre 2014.

À cela s'ajoutent le ruissellement urbain et des remontées de nappes phréatiques – qu'il conviendra de mieux prendre en compte dans le futur.

La stratégie nationale de gestion du risque inondation

Pour s'adapter à ces menaces qu'amplifie le réchauffement climatique, le gouvernement a adopté en 2014 la Stratégie nationale de gestion du risque d'inondation (SN-GRI). Cette stratégie, en ligne avec le cadre international de Sendai, s'articule autour des quatre axes suivants :

- a) Développer les connaissances pour mieux comprendre les risques : des organismes de recherche

publique, comme l'IRSTEA ⁽¹⁾, le BRGM ⁽¹⁾, le CEREMA ⁽¹⁾, Météo France et le Service de prévision des crues du ministère de l'Environnement (SCHAPI), ou encore les Agences de l'eau sont fortement mobilisés au service de l'État et des collectivités locales pour mieux caractériser les aléas auxquels les territoires sont exposés et pour en évaluer les conséquences potentielles ;

- b) **Consolider la gouvernance des risques de catastrophe** en définissant clairement le rôle de chacun – État, collectivités locales, acteurs économiques, experts – et en articulant entre eux les volets prévention, surveillance, alerte et gestion de crise ;
- c) **Renforcer la résilience des territoires** en les rendant moins vulnérables aux inondations (protéger les lieux les plus sensibles et aménager les espaces en tenant compte du risque d'inondation), et en les dotant de moyens d'alerte précoce intégrés ;
- d) **Se préparer à la gestion de crise** et apprendre à mieux reconstruire durant la phase de relèvement et de remise en état, sachant que les différents types de menace (crue lente, épisode cévenol, submersion marine) nécessitent des modalités adaptées de gestion de crise.

Cette Stratégie nationale se décline en **plans de gestion des risques d'inondation (PGRI)** au niveau des grands bassins hydrographiques puis en **stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI)**, pour les territoires les plus exposés : à ce jour, 122 territoires à risques importants d'inondation (TRI) ont ainsi été identifiés sur le territoire métropolitain (voir la Figure 1 ci-dessous). Ces

dispositions s'inscrivent dans le cadre de la directive européenne sur le risque d'inondation, qui vise à harmoniser les politiques mises en place dans les pays de l'Union européenne au travers de cycles de six ans, selon le principe de l'amélioration continue.

La mise en œuvre concrète de cette politique s'articule autour de plusieurs outils déployés dans les territoires, à savoir, notamment :

- les **plans de prévention du risque d'inondation (PPRI)**, qui permettent à l'État de fixer des contraintes particulières en matière d'urbanisme pour les zones inondables ;
- les **programmes d'actions pour la protection contre les inondations (PAPI)**, élaborés par les collectivités territoriales pour définir et financer les mesures appropriées afin de réduire la vulnérabilité du territoire et de protéger les populations ;
- les **dispositifs de prévision des crues (Vigicrues) et de gestion de crise** (plans ORSEC inondation, plans communaux de sauvegarde) portés par l'État et les collectivités ;
- la **réforme GEMAPI** (gestion des milieux aquatiques et de la prévention des inondations), qui précise les compétences de chacun pour améliorer la gouvernance des risques de catastrophe naturelle.

Nous décrivons ci-après les objectifs poursuivis par ces outils, leurs modalités de mise en œuvre et leur cohérence.

Les plans de prévention du risque d'inondation

Les plans de prévention du risque d'inondation (PPRI) ou les plans de prévention des risques littoraux (PPRL) visent à restreindre, ou à interdire, les nouvelles constructions dans les zones les plus vulnérables aux inondations.

Ces plans sont pilotés par l'État (préfets et directions départementales des territoires), qui définit, en concertation avec les collectivités locales, et ce, pour chaque territoire exposé, l'événement majeur de référence pouvant survenir (ce que l'on appelle l'aléa, qui est basé sur l'événement (crue ou tempête) passé analogue le plus important – au minimum centennal. Sur cette base, l'État en évalue les conséquences pour le territoire affecté et définit des zones plus ou moins vulnérables au risque d'inondation (voir la Figure 2 de la page suivante).

Certaines de ces zones peuvent être déjà fortement urbanisées, notamment le long des fleuves ou du littoral. Là où le risque d'inondation est le plus fort, il est donc de bon sens de prendre sans délai des mesures pour éviter d'aggraver les risques, ce qui est l'objet des plans de prévention des risques. Ces PPRI et ces PPRL (génériquement appelés PPR), une fois approuvés par les préfets après

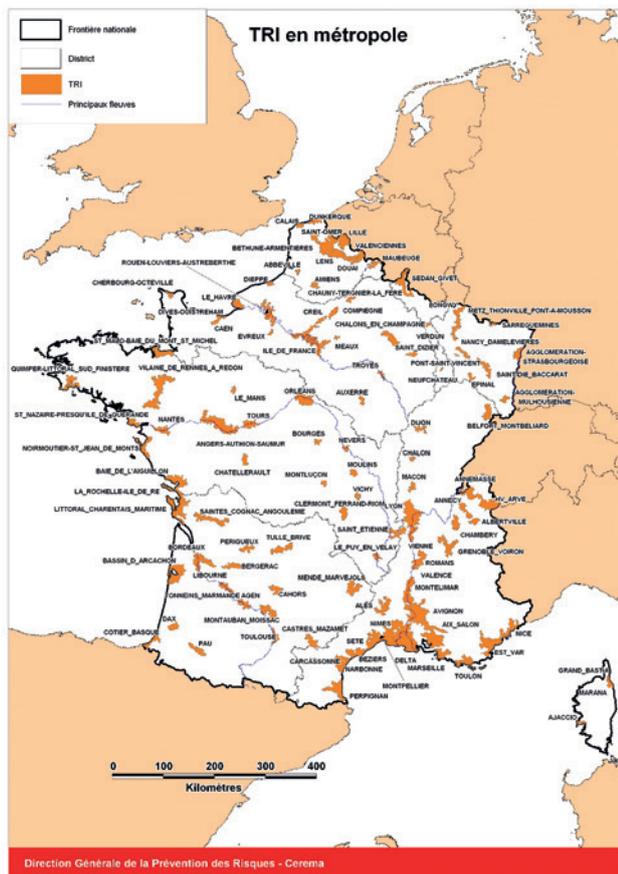


Figure 1 : Carte des 122 territoires français présentant un important risque d'inondation.

(1) IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.
 BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières.
 CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

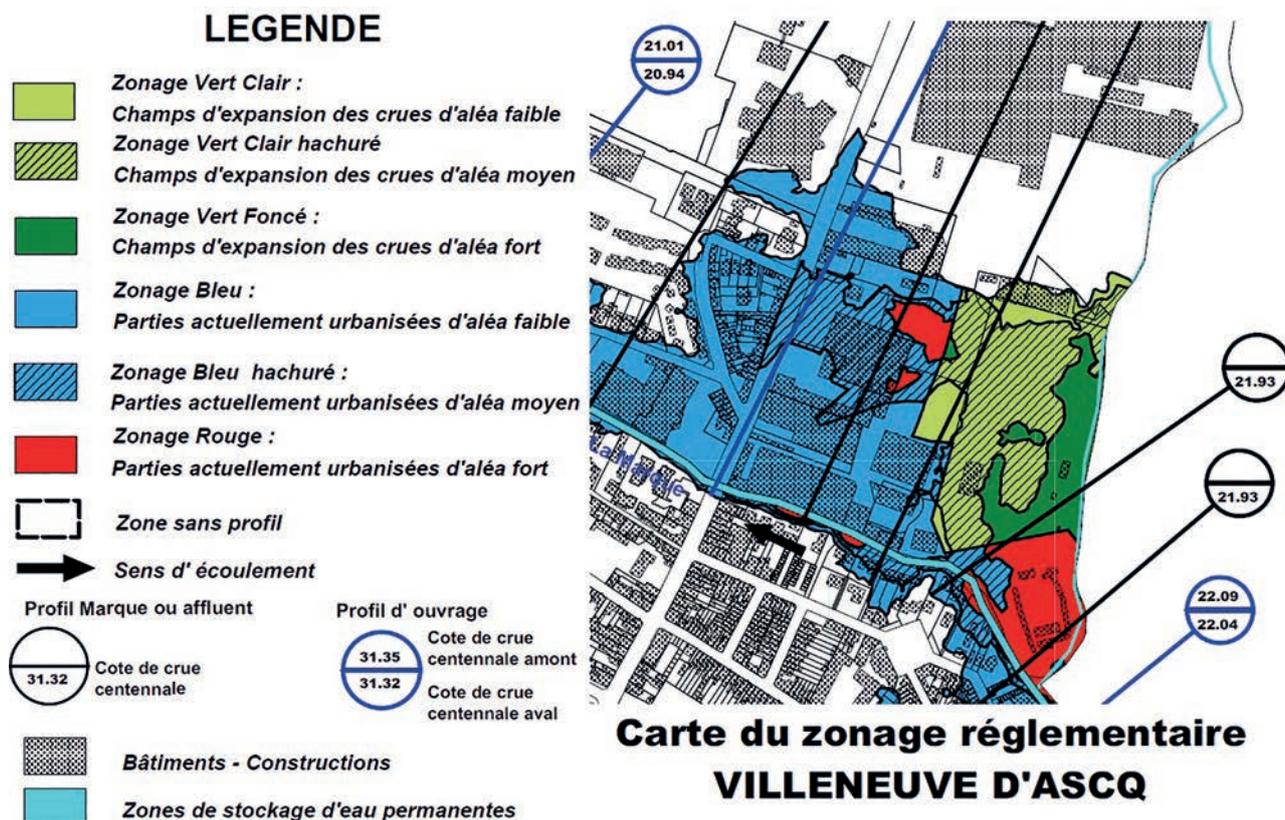


Figure 2 : Exemple d'un zonage établi dans le cadre d'un plan de prévention des risques (PPRI).

consultation du public, doivent être ensuite intégrés dans les plans locaux d'urbanisme des communes concernées.

Un très gros effort a été réalisé depuis une quinzaine d'années pour adopter des PPR et éviter une urbanisation croissante de zones à risques. Plus de 9 000 communes sont désormais couvertes par un PPR.

L'élaboration des PPR conduit parfois à l'apparition de fortes tensions entre les services de l'État et les collectivités locales, ces dernières pouvant considérer l'aléa retenu comme trop sévère, ce qui pénalise le développement économique de leur territoire. La détermination de ces aléas est un travail qui nécessite beaucoup de dialogue et la réalisation d'études précises et indiscutables sur le plan scientifique afin d'aboutir à un diagnostic qui soit partagé par toutes les parties prenantes. Mais la démarche nécessite également une grande détermination de la part de l'État pour conduire, dans la durée, une politique cohérente et adaptée à la réalité des menaces.

Les programmes d'actions pour la protection contre les inondations

Il ne s'agit pas seulement d'éviter d'aggraver les risques existants, il faut aussi les réduire lorsqu'ils apparaissent inacceptables. Ainsi, si l'on ne peut pleinement maîtriser les phénomènes naturels que nous subissons, nous pouvons *a minima* en réduire les conséquences en aménageant les territoires d'une manière qui soit adaptée au risque d'inondation, en construisant, si nécessaire, des ouvrages (digues, barrages, ouvrages de ralentissement

dynamique...) assurant la protection des zones le plus directement exposées.

C'est l'objet des programmes d'actions pour la protection contre les inondations (PAPI), élaborés sur un territoire donné par les collectivités concernées. Les PAPI doivent répondre à un cahier des charges précis élaboré par l'État, en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés. Ces programmes d'actions visent à mobiliser tous les leviers de la prévention en s'appuyant sur des diagnostics précis des risques auxquels sont exposés les territoires concernés.

Ces PAPI peuvent intégrer toute mesure pertinente de nature à rendre les territoires plus résilients au risque d'inondation. Outre la réalisation d'études complémentaires, pour mieux connaître les risques, les PAPI peuvent prévoir des actions d'information et de sensibilisation des populations à la culture du risque. Ils peuvent intégrer diverses mesures visant à réduire la vulnérabilité des territoires, comme la mise en place de batardeaux pour protéger le bâti existant et les espaces les plus sensibles, l'installation de clapets anti-retour ou encore la mise hors d'eau des installations électriques...

Un des axes majeurs de progrès, pour les années à venir, consistera à intégrer le plus en amont possible le risque d'inondation dans les projets d'aménagement, ou en cas de reconstruction, après un sinistre. Dans ce cadre, un **grand Prix d'Aménagement en zone inondable constructible** a été lancé par les ministères de l'Environnement et du Logement afin de promouvoir des approches innovantes.

Un nouveau quartier de la ville de Romorantin-Lanthenay (dans le département du Loir-et-Cher) a été distingué par la remise de ce prix : ce quartier a subi de plein fouet les inondations qui ont frappé le centre de la France en mai-juin 2016, mais l'impact de la crue a été minimal grâce à la conception innovante de ce quartier, dont le plan d'ensemble épouse le lit de la rivière qui le traverse et respecte le sens d'écoulement de l'eau.



D.R.

Inondation (en juin 2016) du nouveau quartier Romo-1 de Romorantin-Lanthenay (Loir-et-Cher) – sans conséquence majeure, grâce à une conception urbanistique intégrant le risque d'inondation.

L'autre grand volet des PAPI concerne la construction d'ouvrages de protection. Depuis fort longtemps, des digues ont été construites le long des grands fleuves (la Loire, le Rhône...), pour en protéger les rives, ou encore le long du littoral. De grands bassins de rétention et barrages-réservoirs ont également été construits afin de protéger, en aval, des zones densément urbanisées, comme la région parisienne. Ces actions viennent utilement en complément de mesures « douces », qu'il est indispensable d'encourager, comme le maintien ou la restauration de zones d'expansion des crues.

La construction ou la remise à niveau d'ouvrages hydrauliques constitue un investissement lourd, qui nécessite de répondre à des exigences précises, et ce, d'autant plus que ces ouvrages sont eux-mêmes sources de risques potentiels (en effet, une digue ou un barrage n'est jamais complètement infaillible et il est nécessaire d'intégrer le risque lié à l'apparition de brèches).

Les différentes mesures préconisées dans le cadre d'un PAPI font l'objet d'une validation par un comité rassemblant l'ensemble des parties prenantes et des experts, soit au niveau du bassin, soit au niveau national, dans le cadre de la commission mixte inondation (CMI). Une fois labellisées, ces mesures font l'objet d'un soutien financier du Fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM).

À ce jour, plus d'une centaine de PAPI ont été labellisés, pour un montant total de plus d'1,5 milliard d'euros et une participation de l'État de plus de 600 millions d'euros (via le FPRNM).

La prévision des crues et la gestion de crise

Le troisième volet de la Stratégie nationale concerne la prévision des crues et des inondations grâce au croisement des données météorologiques, des mesures de débits, des hauteurs des cours d'eau et de l'état des sols, ainsi que des travaux de modélisation pour passer de la prévision des crues à celle de l'étendue des zones potentiellement inondées.

Le dispositif Vigicrues, que pilote le Service de prévision des crues (SCHAPI) du ministère de l'Environnement, assure en temps réel la surveillance de 22 000 km de cours d'eau en France. Il permet d'en anticiper les crues par le déclenchement de différents niveaux de vigilance (vert, jaune, orange, rouge) pour pouvoir mettre en alerte l'ensemble des services et informer les populations, en cohérence avec les dispositifs de vigilance de Météo France.

La sensibilisation des populations s'appuie sur des actions de formation s'adressant aux plus jeunes, sur des campagnes de communication dans les zones les plus exposées (c'est par exemple le cas de l'arc méditerranéen, qui est particulièrement exposé aux phénomènes cévenols) et par des documents d'information élaborés par les communes concernées (DICRIM) et par l'État (documents départementaux relatifs aux risques majeurs, information des nouveaux acquéreurs et des locataires...).

La gestion de crise s'inscrit dans le cadre des plans communaux de sauvegarde (PCS), élaborés sous la responsabilité des maires, et des plans aux niveaux départemental, zonal et national établis par l'État (en particulier, le plan ORSEC inondation). Elle nécessite la réalisation régulière d'exercices pour se préparer à la survenue d'un tel événement. L'alerte des populations se fait soit par le déclenchement de sirènes, soit par des systèmes d'alerte recourant aux nouvelles technologies de l'information (applications *smartphones*, réseaux sociaux...).

La réforme de la gouvernance

Une réforme importante est en cours : elle vise à clarifier la responsabilité des différents acteurs dans la prévention des inondations. La loi de modernisation de l'action publique territoriale et l'affirmation des métropoles (MAPTAM) du 27 janvier 2014 attribue au bloc communal (à la commune, avec transfert à l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre) une compétence exclusive et obligatoire en matière de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI).

La création et l'attribution de la compétence GEMAPI aux communes, à compter du 1^{er} janvier 2018, clarifieront les responsabilités que les maires assument déjà partiellement en la matière et fourniront les outils juridiques et financiers nécessaires pour leur exercice. La mise en œuvre de la réforme concentrera entre les mains du bloc communal des compétences aujourd'hui encore morcelées. Celui-ci pourra ainsi concilier urbanisme (meilleure intégration du risque d'inondation dans l'aménagement

de son territoire et dans les documents d'urbanisme), prévention des inondations (gestion des ouvrages de protection) et gestion des milieux aquatiques (vérification de l'écoulement des eaux et gestion des zones d'expansion des crues).

Conclusion

Le réchauffement du climat va renforcer le phénomène d'érosion du trait de côte, augmenter le nombre et la violence des épisodes « cévenols » et accentuer l'alternance de périodes de fortes sécheresses et de précipitations intenses. L'Association française de l'assurance a chiffré à plus de 13 milliards d'euros l'impact projeté d'ici à 2040 du changement climatique sur le coût des dégâts causés par les aléas naturels.

Face à ces évolutions prévisibles, la prévention du risque d'inondation est essentielle. Elle est par nature complexe, car elle doit s'inscrire à différentes échelles géographiques (du bassin hydrographique au niveau local), elle implique de multiples acteurs (État, collectivités locales, experts scientifiques, assureurs, associations et grand public) et met en jeu des intérêts parfois contradictoires (développement économique immédiat, protection à long terme des populations).

Cette politique de prévention s'est néanmoins beaucoup développée ces quinze dernières années : elle a bénéficié de progrès scientifiques remarquables en termes de connaissance des risques et de qualité des prévisions météorologiques et hydrographiques. La pratique de retours d'expériences systématiques après chaque événement a également permis de bien progresser. La France apparaît aujourd'hui bien structurée, à l'échelle internationale, en matière de définition et de mise en œuvre de sa politique de prévention.

Si, historiquement, les digues et les barrages ont constitué le moyen privilégié de protection des populations, il apparaît aujourd'hui nécessaire de mettre davantage l'accent sur la culture du risque et sur la résilience des territoires, et d'apprendre à reconstruire différemment après un sinistre.

Enfin, l'érosion du trait de côte va constituer pour la France, dans les décennies à venir, un enjeu grandissant, pour lequel l'expérience des Pays-Bas pourrait être utilement mise à profit pour des côtes françaises (Vendée, Aquitaine...) présentant des caractéristiques approchantes.

La prévention du risque d'inondation : faut-il se protéger ou s'adapter ?

Par **Stéphanie BIDAULT**

Directrice du Centre européen de prévention des risques d'inondation (CEPRI)

Notre territoire national est très fortement exposé aux inondations. La politique de gestion de ce risque s'est longtemps focalisée sur la seule protection, chacun se pensant en totale sécurité derrière des digues. Changer d'approche et de perspective, tels sont les enjeux des prochaines années. Très fragiles, nos villes modernes doivent s'adapter au risque inondation pour acquérir plus de robustesse et être en capacité de se relever, au lendemain de prochains événements climatiques. Il faut apprendre à concilier entre eux tous les axes de notre politique de prévention, comme nous y invitent des outils tels que les programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI) et les stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI). Ce n'est qu'au prix de l'investissement de tous les acteurs, tant publics que privés, que nos territoires seront en capacité de faire face. État et collectivités territoriales doivent réfléchir et participer ensemble aux réflexions sur une ville de demain plus apte à faire face au risque d'inondation.

Même si la France n'a pas connu de phénomène d'inondation exceptionnel généralisé depuis plus de 70 ans, de grandes crues répétitives ont affecté de vastes territoires (en 1856 sur la quasi-totalité du pays et en 1940 sur les reliefs de l'est des Pyrénées). Depuis, un relatif « repos hydrologique » s'est accompagné d'un développement urbain conséquent dans des zones inondables. Couplée aux besoins en eau et aux usages de celle-ci par l'Homme (eau potable, usages industriels, axes de transport...), la confiance dans la solidité des digues a largement justifié l'extension de nombreux centres urbains et a permis la création de la plupart de nos villes actuelles.

En parallèle, une perte importante de la culture du risque de la part tant des pouvoirs publics que de la population s'est installée. Ce qui, autrefois, relevait du bon sens ou des règles de l'art a quasiment disparu. La notion de risque s'est progressivement effacée face à une confiance exacerbée dans l'action de maîtrise de l'aléa et à une forte politique de protection.

Le bilan actuel est sans appel : 17 millions de personnes sont potentiellement exposées en France au risque de débordement de cours d'eau (soit 1 habitant sur 4 et 1 emploi sur 3) et 1,4 million d'habitants le sont au risque de submersion marine. Cette évaluation ne comptabilise pas les personnes impactées par le risque de ruissellement, qui concernerait plus de 70 % des communes françaises. Ces chiffres peuvent paraître alarmistes : s'ils s'appuient sur des estimations volontairement extensives, ils démontrent néanmoins indiscutablement une très forte exposition de notre territoire national au risque inondation.

Les événements récents, même s'ils ont eu lieu sur des secteurs relativement localisés, illustrent cette vulnérabilité, avec des conséquences dramatiques en termes d'enjeux humains et de dommages économiques : la tempête Xynthia, en 2010 (47 morts et plus d'1 milliard d'euros de dommages) ; le département du Var en 2010 (25 morts et près d'1 milliard d'euros de dommages). Il est par conséquent difficile d'imaginer les conséquences de crues généralisées sur notre territoire avec son occupation humaine actuelle : les montants annoncés des dommages pour une seule inondation de la Seine du type de celle de 1910 pourraient atteindre de 30 à 40 milliards d'euros. Notre pays est-il véritablement capable de faire face à un événement d'une telle ampleur ?

Une politique de prévention du risque inondation étoffée, mais insuffisante pour répondre aux enjeux actuels

Notre politique de prévention du risque inondation reste toujours fondée sur l'idée que l'Homme, grâce à des infrastructures complexes et lourdes financièrement, peut réduire les effets des crues, voire les faire disparaître (création de digues, mesures structurelles diverses). La lutte contre les inondations reste une préoccupation forte pour les pouvoirs publics et une attente toujours importante de la part des populations.

Conjointement à cette politique de protection, les pouvoirs publics n'ont pas démerité, créant un arsenal juridique important depuis le début des années 1980.

Photo © F. Levallet/ANDIA



Vue aérienne des inondations des Marais de la Vire, dans le Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin, février 2016.

« La lutte contre les inondations reste une préoccupation forte pour les pouvoirs publics et une attente toujours importante de la part des populations. »

Ainsi, des dispositifs préventifs réglementaires adoptés en réaction à divers événements (en 1982, 1987, 1995, 2003, 2004, 2010...) se sont développés au coup par coup : très schématiquement, ils instituent une **politique de « culture du risque »** englobant l'information préventive des populations et comportant la constitution de dossiers départementaux sur les risques majeurs (DDRM), l'élaboration de documents d'information communale sur les risques majeurs (DICRIM), l'information des nouveaux acquéreurs et locataires (IAL), la pose de repères de crues, l'organisation de réunions publiques d'information..., une **politique de maîtrise de l'urbanisation** au moyen de l'élaboration de zonages du risque et de prescriptions particulières – plans de surfaces submersibles (PSS), plans d'exposition aux risques naturels (PER), plans de prévention des risques naturels (PPR), intégration de dispositions dans le Code de l'urbanisme –, une **politique de planification de la crise** – plans ORSEC, plans communaux de sauvegarde (PCS), dispositifs d'alerte – et, enfin, une **politique d'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles** (système CatNat). Ces outils sont diversement partagés entre l'État et les collectivités territoriales, chacun devant s'assurer de la sécurité de son territoire.

Créés au fil du temps, ces dispositifs ont été complétés, en 2002, par une politique plus incitative, une démarche volontaire et contractuelle. En réponse à un cahier des charges précis (nécessité d'actionner plusieurs axes de la politique de prévention du risque inondation, recours à

l'analyse coût/bénéfice pour justifier des mesures structurales lourdes financièrement...), elle permet aux porteurs d'un programme d'actions de prévention des inondations (dit PAPI) de bénéficier de cofinancements du Fonds Barnier (Fonds de prévention des risques naturels alimenté par un prélèvement sur le produit des primes et cotisations additionnelles relatives à la garantie CatNat figurant dans les contrats d'assurance et géré par la Caisse centrale de réassurance). Cette initiative s'efforce de mettre en cohérence l'ensemble des dispositifs de prévention tout en invitant les acteurs locaux à dépasser la seule politique de protection de leur territoire. Les PAPI marquent une nouvelle approche en initiant les territoires à la notion de réduction de la vulnérabilité.

Mais cette démarche rencontre des succès divers : en effet, certaines collectivités n'ont pas nécessairement perçu l'intérêt d'une telle approche, soit par déni, soit par absence de volonté politique locale, et d'autres continuent d'actionner principalement le levier de la politique de protection, soit par incompréhension du dispositif, soit en raison de difficultés rencontrées dans sa mise en œuvre. Les PAPI ne couvrent pas tous les territoires français, mais certaines expériences commencent à porter leurs fruits : ainsi, des zones très impactées, telles que l'Aude et la Somme, seront mieux en capacité de faire face à de futurs événements en raison des mesures prises dans le cadre de ces programmes.



Photo © Thomas Grabka/LAIF-REA

Brèche opérée dans un barrage pour éviter l'inondation de la ville de Bitterfeld, en Saxe-Anhalt, dans la vallée de l'Elbe, juin 2013.

« Aux lendemains des inondations à Prague, à Dresde et à Cologne entre 1990 et 2002, qui ont eu de graves conséquences (atteintes économiques et difficile retour à la normale), la Commission européenne s'est alarmée. »

Un contexte européen qui nous invite à une réflexion globale sur la gestion du risque inondation et à une recherche d'adaptation des territoires

Aux lendemains des inondations à Prague, à Dresde et à Cologne entre 1990 et 2002, qui ont eu de graves conséquences (atteintes économiques et difficile retour à la normale), la Commission européenne s'est alarmée. Elle a imposé une directive sur la prévention et la gestion des conséquences négatives des inondations par les territoires (directive européenne 2007/60 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation du 23 octobre 2007).

Ce texte précise que les inondations sont des phénomènes naturels qui relèvent du fonctionnement normal des écosystèmes et qui ne peuvent être systématiquement empêchés, ni même limités.

Ce ne sont pas les inondations en elles-mêmes qui posent problème, mais les conséquences dommageables qu'elles produisent sur des territoires mal préparés à les supporter. Une crue centennale est un événement de gravité moyenne et les territoires doivent se préparer à subir des événements plus graves au cours des prochaines années.

C'est une réalité et une chance : les grandes collectivités se sont en effet quasiment toutes construites en bord de cours d'eau ou en bord de mer, profitant de ce fait d'un cadre de vie de grande qualité. Elles en ont longtemps tiré leur richesse économique. En revanche, elles ont déjà été touchées par des inondations et le seront encore, la densification urbaine et le changement climatique obligeant.

Les enjeux sont là : préserver les vies humaines, ne pas saper les activités économiques et ne pas compromettre gravement le développement des territoires. Le défi est là : produire une ville durable résiliente au risque d'inondation.

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (transposant la directive européenne en droit français) est venue compléter notre dispositif réglementaire en créant de nouveaux outils à l'échelle territoriale, notamment les stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI), qui ont été arrêtées sur les 122 territoires présentant un risque important d'inondation (il s'agit de territoires qui ont été estimés prioritaires au regard de leur exposition à ce risque). Cet outil intégrateur permet, sur le modèle des PAPI, de partager un diagnostic de vulnérabilité et de bâtir une stratégie partenariale et collective. Ces SLGRI donneront corps à des programmes d'action (les PAPI, par exemple).

Malgré tout, force est de constater que les systèmes mis en place ne permettent pas, pour le moment, de répondre totalement aux objectifs fixés en matière de prévention. Le territoire national se trouve encore très souvent pris au dépourvu lors de la survenue d'un événement grave. Ainsi, les inondations qu'ont connues les régions Centre et Île-de-France en mai-juin 2016 ont été vécues comme un véritable coup de semonce : elles ont laissé percevoir l'incapacité des pouvoirs publics (État et collectivités territoriales) à être confrontés à un épisode plus important.

La stratégie de gestion du risque par celle de l'aléa et de la limitation de l'urbanisation en zone inondable, sans être inefficace, ne semble pas contenir les conséquences négatives des inondations. Une politique efficace doit s'accompagner d'une adaptation des territoires et de la culture des populations exposées.

Changer de perspective, de gouvernance et de pratiques : une ambition certaine dans une période charnière

La politique de prévention du risque inondation se construit en parallèle de politiques de décentralisation, et ce, dans un contexte politique et économique difficile.

Le 24 janvier 2014, une nouvelle loi portant sur la modernisation de l'action publique territoriale et l'affirmation des métropoles a instauré une nouvelle compétence dite de « gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations » (GEMAPI), dont seront détenteurs, en 2018, les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre, dont les périmètres d'actions correspondent à des bassins de vie.

Ils deviendront des acteurs incontournables de la protection contre les inondations, axe majeur de la politique actuelle sur le plan financier, alors qu'auparavant ils n'avaient aucune obligation particulière dans ce domaine. Même si la loi les autorise à transférer ou à déléguer cette compétence à des gestionnaires de bassin versant (établissement public d'aménagement et de gestion de l'eau (EPAGE) ou établissement public territorial de bassin (EPTB)), nous allons peut-être assister à un basculement vers une gestion du risque d'inondation à l'échelle du bassin de vie. L'instauration de cette compétence est une évolution non négligeable sur le plan institutionnel ; on peut la mesurer au tumulte qu'elle a généré au sein des acteurs de la gestion du risque. Cela déstabilise les acteurs en place, les oblige à se restructurer ou fera même disparaître certains d'entre eux. Cependant, la GEMAPI aura aussi probablement un impact significatif sur la gestion des territoires inondables en confiant celle-ci aux acteurs en charge de l'urbanisme. Cela permettra peut-être l'émergence d'une réflexion sur une ville de demain plus durable, car adaptée au risque inondation.

Une nouvelle dynamique doit être lancée. Elle nécessite de changer de point de vue. La mise en œuvre de ce nouveau cadre de gestion doit passer par :

- une révolution culturelle : la directive européenne parle autant de « bassins de risque » que de bassins versants.

L'aménagement du territoire doit être au cœur des réflexions, il faut inventer un développement durable qui soit compatible avec les conséquences d'inondations à grande échelle (notamment au travers des schémas de cohérence territoriale, les SCoT) ;

- une prise de conscience sur les conséquences dramatiques des inondations est nécessaire pour amener tous les acteurs à réaliser qu'ils ont un rôle à jouer ;
- l'occasion de sortir de la dualité État/commune : il faut réfléchir au rôle des autres collectivités, redéfinir les responsabilités pour être le plus opérationnel possible, se pencher sur les maîtrises d'ouvrage et sur leur financement, rappeler à chaque citoyen, à chaque entrepreneur à chaque gestionnaire la nécessité de son implication.

À chaque événement, les villes, totalement interdépendantes des réseaux, apportent la preuve de leur vulnérabilité croissante. Les années à venir seront donc décisives pour organiser les territoires autour d'un projet et sensibiliser les acteurs à de nouvelles pratiques.

La politique de prévention semble actuellement en plein questionnement. Du fait du changement climatique, des réflexions nouvelles apparaissent dans le domaine de l'adaptation et de l'aménagement du territoire. Les villes doivent muter et s'adapter aux risques pour être en mesure de répondre aux enjeux environnementaux futurs. Les PAPI et les stratégies locales de gestion du risque inondation s'avèrent être des initiatives intéressantes : elles amènent en effet les protagonistes à partager un diagnostic de vulnérabilité et à réfléchir ensemble aux moyens d'y remédier. Ces outils intégrateurs (dans les actions menées et dans la gouvernance) sont porteurs d'espoir pour l'avenir de la politique de prévention. Ils facilitent un travail partenarial entre l'État et les collectivités territoriales. Ils explorent l'ensemble du dispositif réglementaire, amenant les acteurs locaux à des évolutions de perception, et à une révolution d'approche (pour certains). La voie de la seule protection ne paraît plus constituer la seule réponse possible au risque d'inondation.

Sans relâcher les efforts, il faut soutenir les initiatives novatrices dans ce domaine (atelier national, grands prix d'aménagement national et locaux dans le domaine de l'architecture innovante, mais aussi concours en matière de sensibilisation des populations...). Beaucoup de territoires cherchent à sortir du seul cadre réglementaire pour expérimenter de nouvelles solutions, que ce soit en termes d'urbanisme ou de réalisation d'exercices de gestion de crise en grande nature. Les exemples novateurs se multiplient, il convient de les compiler. Des réflexions émergent, telles les solutions basées sur la nature (redonner une place à la nature dans les villes, redonner de la place à l'eau, reconquérir les berges des cours d'eau...). Une ère nouvelle se dessine, un rapport nouveau à la nature se fait jour qui peut aussi avoir un impact conséquent sur la perception des inondations.

Les collectivités en charge de l'aménagement doivent s'approprier tous les leviers existants pour tendre vers la ville résiliente. Ainsi, toute opération de renouvellement urbain doit être saisie pour inscrire la réduction de la vul-

néralité comme une priorité et permettre d'adapter la ville, de la rendre plus robuste face à l'inondation.

Aux côtés des collectivités, les aménageurs doivent s'impliquer en développant des démarches expérimentales innovantes. Cela demande aussi que l'on repense la gouvernance, au sens large, en incluant la place du citoyen dans les processus décisionnels. Les acteurs en charge de la gestion des ouvrages de protection doivent accepter les limites de leurs ouvrages et communiquer dans ce sens. Ce n'est qu'à ce prix que les populations se réapproprient ce sujet, en dehors des périodes de catastrophe.

Pour cela, il semble indispensable que les autorités publiques nationales s'impliquent dans le domaine et

qu'elles ne laissent pas, au motif d'une décentralisation débridée, les collectivités territoriales seules face à cette tâche immense.

Permettre à nos villes de se remettre le plus rapidement possible d'une inondation est une nécessité cruciale. Elle le sera encore plus au vu des impacts du changement climatique. Afin de n'avoir à regretter aucun des choix opérés, la gestion du risque inondation doit être l'affaire de tous. L'implication de l'ensemble des acteurs (citoyens, responsables économiques, assureurs, aménageurs, État, collectivités territoriales...) donnera à nos territoires la capacité de rebondir aux lendemains d'une inondation de grande ampleur.

Les services d'eau et d'assainissement en France : un modèle précurseur, aujourd'hui comme hier

Par Bertrand CAMUS

Président de la Fédération professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E)

Le modèle de l'eau à la française séduit à l'international : gestion locale, transparence des mises en concurrence, expertise, innovation et sur-mesure. En France, le modèle continue à se peaufiner afin de mieux répondre aux nouveaux enjeux des territoires et de gouvernance.

En France, les collectivités ont, pour la gestion de leurs services publics industriels et commerciaux, la liberté du choix entre une gestion directe (avec leurs propres ressources) ou une gestion déléguée à une entreprise. S'accompagnant d'une législation pertinente, cette dualité des modes de gestion a produit, au fil des décennies, un cadre concurrentiel sain et transparent, qui explique en grande partie le haut niveau de performance des services : la bonne qualité de l'eau potable dans son ensemble, son prix compétitif et le haut niveau d'expertise des opérateurs. On parle d'un « modèle français de l'eau » reconnu, et même envié, à l'international. Un modèle qui s'adapte aujourd'hui aux nombreuses mutations à l'œuvre, depuis les évolutions réglementaires européennes jusqu'aux enjeux écologiques et sanitaires, en passant par la recomposition administrative des territoires.

Un cadre législatif promoteur du modèle considéré

Dès 1993, la loi Sapin a donné un cadre clair à la passation des contrats de délégation de service public (DSP), qui garantit aux consommateurs transparence et règles strictes de mise en concurrence pour le meilleur rapport qualité/prix.

En 2014, la directive Concessions a mis en place, en Europe, des règles comparables, plus particulièrement en ce qui concerne l'assainissement, dans notre domaine de l'eau.

En avril 2016, la France a saisi l'opportunité de la transposition en droit français de cette directive pour moderniser la législation nationale en matière d'assainissement et d'eau potable. La notion de *concession de service public*

englobe désormais des formes de concession (au sens français du terme), comme l'affermage.

Les passations de contrats obéissent à deux procédures précises – la procédure allégée et la procédure ordinaire – qui dépendent de l'importance du contrat. Enfin, les conditions de la passation d'avenants aux contrats ont été précisées, ce qui facilite la prise de décision pour les autorités organisatrices, tout en apportant aux opérateurs et aux consommateurs une indispensable sécurité juridique.

Parallèlement, les outils de gestion innovent et se déclinent pour répondre aux attentes de certains élus en termes d'une plus forte implication de leur part dans la gestion de leurs services. Traditionnellement (majoritairement, dans le cadre de la délégation de services publics), le délégataire gère la totalité du service, emploie et forme le personnel, gère les investissements, assume les risques de gestion et met à la disposition de chaque service son expertise et ses ressources, au quotidien et en cas de survenue de crises (inondation, pollution...).

Divers modèles contractuels rénovés, résolument axés sur la performance, se développent. Par ailleurs, la DSP peut désormais être confiée à une société d'économie mixte à opération unique (SEMOP). La spécificité de ces dispositifs contractuels est de permettre, le temps d'une opération ou d'un contrat de délégation, d'associer l'autorité organisatrice et l'opérateur (au capital et à la gouvernance).

Parallèlement, les innovations en matière juridique (nouveaux modèles de contrats) et d'ingénierie tarifaire se développent dans le secteur de l'eau, dans le cadre de partenariats entre des autorités organisatrices plus puissantes et aidées par une maîtrise d'œuvre plus experte et des opérateurs à l'écoute des attentes de leurs clients.

La recomposition des territoires : une chance à saisir

Autre évolution majeure en cours, en France : la réduction drastique du nombre des services, en application de la loi NOTRe. Leur nombre est appelé à être divisé par dix, environ, pour se situer dans une fourchette allant de 3 000 à 4 000 services en 2020. Corollaire de ces regroupements, une augmentation significative de la population desservie par ces services redessinés. Le seuil minimal de la taille des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) devrait ainsi passer de 5 000 à 15 000 habitants.

Dans un premier temps, cette perspective de regroupements et de transferts de compétences a soulevé des incertitudes dans les territoires, qui ont pu engendrer un report des investissements dans des infrastructures.

Cependant, au fur et à mesure de sa mise en place, cette recomposition devrait porter ses fruits et stimuler une réflexion au sein de chaque autorité organisatrice, d'une part, sur la constitution de services à une plus grande échelle, notamment sur une mutualisation des moyens de nature à en accroître l'efficacité, et, d'autre part, sur l'établissement d'une véritable politique d'investissement à long terme.

Il faut en tous cas le souhaiter, car les infrastructures de l'eau sont en attente d'investissements, tant en ce qui concerne leur renouvellement que leur modernisation. En transférer la charge sur les générations futures aurait de lourdes conséquences sur les plans environnemental, financier et social.

Là encore, le modèle français de l'eau s'est donné les moyens de son efficacité, notamment grâce au principe « l'eau paie l'eau ». S'il est respecté, ce principe doit permettre aux autorités organisatrices de favoriser l'investissement en toute indépendance.

Ces dernières années, cependant, l'État a opéré des ponctions toujours plus lourdes sur les budgets des Agences de l'eau (175 millions d'euros par an) et de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) (80 millions d'euros).

Par ailleurs, de nouvelles priorités se sont dessinées dans le domaine de l'eau, qui se sont traduites par une réorientation d'une partie importante des financements qui étaient auparavant consacrés aux services d'eau et d'assainissement. Aussi, les collectivités devraient sans doute être amenées à recourir à des dispositifs dédiés et sanctuarisés existant au sein de la Caisse des Dépôts et Consignations, des Agences de l'eau, de l'Union européenne ou de banques privées.

Nos services de l'eau : une vitrine des savoir-faire français

Outre ce modèle de gouvernance efficace, les services de l'eau, en France, jusqu'au plus petit d'entre eux, peuvent bénéficier des savoir-faire d'entreprises françaises depuis longtemps expertes du domaine.

Rendre l'eau potable, cela fait appel à des technologies de pointe (en matière de filtration, de désinfection...) utilisées dans un processus plus ou moins complexe selon la provenance et la qualité de l'eau brute (de surface ou souterraine).

L'un des enjeux majeurs de santé publique est d'ailleurs la lutte contre les pollutions émergentes (présence dans l'eau de résidus médicamenteux, de métaux lourds, de rejets industriels...), pour laquelle les entreprises de l'eau développent des techniques d'analyse toujours plus affinées et ont d'ores et déjà mis au point des technologies efficaces à même de traiter de 80 à 90 % des micropolluants restants dans les eaux usées recyclées.

Par ailleurs, les consommateurs attendent des gestionnaires toujours plus d'informations sur la qualité de l'eau et des services toujours plus performants leur permettant notamment de mieux maîtriser leur consommation. Un tiers seulement des Français sont aujourd'hui équipés de compteurs d'eau intelligents et la réduction de cette disparité passe, localement, par des plans d'action volontaristes.

Par ailleurs, l'évolution des métiers et des compétences est un enjeu important pour les services de l'eau, auquel les entreprises du domaine s'adaptent. Par la technicisation accrue de leurs activités du fait de l'intégration de l'innovation technologique (notamment du numérique), elles accompagnent une véritable mutation des métiers de l'eau qui sont en train de devenir une composante centrale des *smart cities* de demain. Qui sait, par exemple, que le compteur d'eau télé-relevé est, en France, le premier objet communicant en termes de diffusion ? (voir sur ce point l'article de Lélia De Matharel, journaliste au Journal du Net : <http://www.journaldunet.com/economie/industrie/1180332-objet-connecte-france-compteur-d-eau/>).

Enfin, les enjeux écologiques de demain sont aussi ceux de l'eau et ils concernent chaque service. À ce titre, la protection des populations exposées à des risques majeurs d'inondation est un exemple de ce que les entreprises de l'eau peuvent apporter par leurs savoir-faire, tant en matière de prévention qu'en matière de gestion de crise.

Celles-ci sont également innovantes et performantes pour permettre le passage d'une économie linéaire à une économie circulaire, dans laquelle les déchets des uns deviennent les ressources des autres. De nombreuses applications en la matière ont vu le jour, en France et à l'international : valorisation des boues d'épuration, production de biogaz ou de bioplastiques à partir du traitement des eaux usées, ou encore production d'énergie renouvelable et mesures d'économie de la ressource.

Pour répondre à ces défis, les entreprises de l'eau investissent chaque année près de 120 millions d'euros dans des travaux de recherche et développement et mobilisent à ces fins près de 900 salariés.

Elles emploient en France 31 000 personnes dans plus de 500 points d'embauche répartis sur tout le territoire national.

Les chiffres clés de l'eau et de l'assainissement en France

Le nombre de services :

- 2015 : 35 000,
- 2020 (après la mise en œuvre de la loi NOTRe) : de 3 000 à 4 000.

Les entreprises de l'eau :

- approvisionnent les 2/3 de la population en eau potable,
- et assurent une prestation d'assainissement à plus d'1 habitant sur 2.

Les infrastructures de l'eau :

- 33 000 ouvrages de prélèvement d'eau,
- 1 400 000 km de conduites d'eau potable et de canalisations d'eaux usées,
- 16 000 châteaux d'eau,
- 17 000 usines d'épuration.

La filière française de l'eau :

- 900 entreprises (opérateurs, canaliseurs, bureaux d'études, équipementiers...),
- 120 000 personnes (tous métiers confondus), dont 31 000 dans les entreprises de l'eau.

Les investissements :

Près de 6 milliards d'euros sont investis par an, dont un peu moins d'1 milliard provient des entreprises de l'eau.

Le prix des services d'eau et d'assainissement dans les 5 plus grandes villes de France

Ils se situent 13 % au-dessous de la moyenne européenne.

La qualité de l'eau

84 % des Français sont satisfaits de l'eau du robinet.

Les entreprises de l'eau à l'international (hors France)

- 100 000 salariés dans le monde,
- 130 000 millions de personnes desservies en eau potable.

Les collectivités doivent continuer à bénéficier des expertises de ces professionnels sans cesse approfondies tant en France qu'à l'international. Il est essentiel, pour cela, que la commande publique française reste soutenue et s'attache à optimiser la performance de tous les services, et ce quel que soit leur mode de gestion. La commande publique devra également être soucieuse de se montrer résolument promotrice de l'innovation.

Sur ces différents sujets, l'ensemble des pouvoirs publics ont un rôle majeur à jouer : généraliser la mesure de la performance, encourager l'expérimentation au sein des territoires, permettre la mise en œuvre de l'innovation au moyen d'une réglementation ambitieuse, favoriser de nouveaux modes de financement et, enfin, et ce n'est pas la moindre des choses, promouvoir le modèle français sur la scène internationale.

L'eau douce dans le monde. Comment gérer un bien commun ? *L'action de l'Europe*

Par Michel DANTIN
Député européen

Question éminemment politique, l'eau est depuis longtemps un sujet d'intérêt au niveau de l'Union européenne. En plus de quarante ans, la construction européenne a fait émerger en faveur de la protection de l'eau une politique qui est la plus ambitieuse au monde, à l'échelle d'un continent. La Directive-cadre sur l'eau en est son instrument principal. Confronté aux enjeux du changement climatique et de l'intensification des activités humaines, l'approvisionnement en eau de qualité et en quantité suffisante est menacé dans les décennies à venir. Face à ces défis, l'action de l'Europe s'oriente sur trois objectifs clés : a) améliorer la mise en œuvre des législations européennes sur l'eau en favorisant la coordination entre les acteurs à tous les niveaux de gouvernance ; b) intégrer la politique de l'eau dans les différents domaines de l'économie qui ont un impact sur la qualité de la ressource ; et c) appliquer les principes de l'économie circulaire à l'eau afin d'encourager la prévention, le recyclage et la réutilisation des eaux usées.

Introduction

L'eau douce est une préoccupation à la fois mondiale et locale : chaque acteur, chaque individu est dépendant de cette ressource pour vivre et poursuivre ses activités. Depuis de nombreuses années, l'Europe agit en faveur de la protection des milieux aquatiques et d'une gestion durable de l'eau. Le changement climatique et l'impact des activités humaines sont des défis de taille pour les décennies à venir. La prise de conscience au niveau mondial est croissante. L'Accord de la COP21 est un pas historique qui engage l'ensemble de la communauté internationale à limiter à 2°C (voire à 1,5°C) le réchauffement climatique d'ici à 2100. Après les déclarations, le temps est désormais à l'action ! Comment l'Union européenne s'apprête-t-elle à mettre en œuvre l'Accord de Paris ? Quelle politique de l'eau défend-elle et quelles évolutions stratégiques peut-on entrevoir ? Pour répondre à ces questions, il est nécessaire, tout d'abord, de faire un retour sur le développement de la politique européenne de l'eau.

D'actions thématiques à l'émergence d'une politique globale de gestion de l'eau en Europe

Le développement de la politique européenne de l'eau a connu deux phases principales : une phase de multiplication des actes législatifs spécifiques dans le domaine de l'eau, puis une phase de définition et de mise en œuvre

d'une politique globale de gestion de l'eau, à partir des années 2000.

Au niveau européen, l'eau est depuis longtemps un sujet d'intérêt dans le cadre des actions menées en faveur de l'environnement. Dans les décennies 1960 à 1980, la reprise de l'économie européenne s'est accompagnée d'une industrialisation relativement polluante et de l'émergence d'une société peu avertie de l'impact de ses modes de consommation sur l'environnement. À partir des années 1970, mouvements sociaux, ONG et personnalités publiques sont les fers de lance d'une prise de conscience environnementale en Europe. En France, la création des Agences de l'eau en 1964 fut l'une des toutes premières mesures d'une politique dédiée à la protection de l'environnement.

Portée par ce courant, l'Union européenne n'a pas attendu l'attribution de compétences formelles pour agir, elle aussi, dans ce domaine. Souhaitant se prémunir des externalités économiques négatives d'un environnement dégradé ou pauvre, l'Union européenne a abordé ce sujet sous l'angle d'une prolongation de son marché intérieur. On observe, au cours de ces décennies, un bourgeolement de textes législatifs visant à lutter contre les multiples formes de pollution dans l'air, la terre et l'eau. Dans le domaine de l'eau, de nombreux textes européens ont été mis en œuvre, concernant les utilisations spécifiques de l'eau (qualité des eaux de baignade), la pollution marine

(navires, hydrocarbures), le rejet de substances dangereuses dans les eaux de surface et souterraines (nitrate, mercure), ou encore la gestion régionale de l'eau (gouvernance maritime en Méditerranée, Rhin, Danube). Durant cette première phase, la démarche de l'Union européenne s'illustre donc par des actions thématiques pour répondre à des défis spécifiques.

L'année 2000 marque une rupture dans cette approche. D'une initiative collective des directeurs de l'eau au niveau des États membres résulte l'adoption de la Directive-cadre européenne sur l'eau (DCE) qui a permis d'offrir au continent européen sa première politique globale de gestion de la ressource au niveau du grand cycle de l'eau. Véritable colonne vertébrale du dispositif sur l'eau, la DCE a pour mission de guider les actions de prévention au travers d'un objectif directeur, celui du « bon état de l'eau », et d'un cadre de gouvernance territoriale s'articulant autour des grands bassins. Ces districts permettent de prendre en compte les limites hydrographiques (qui, souvent, ne coïncident pas avec les périmètres administratifs). Symbole d'une gestion territoriale de la politique de l'eau, la DCE met en œuvre, au sein de chaque district, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), lesquels définissent pour les six années à venir une politique et un programme de mesures adaptés aux spécificités du territoire concerné.

En plus de quarante ans, la construction européenne a fait émerger une politique en faveur de la protection de l'eau la plus ambitieuse au monde, à l'échelle d'un continent. Elle affiche des résultats encourageants : ainsi, la qualité de l'eau potable est excellente dans l'Union européenne, comme l'indique l'Agence européenne de l'environnement (AEE). Les sites de baignade sont eux aussi jugés globalement propres. Pourtant, comme le suggère le rapport de l'AEE, 50 % des eaux de surface en Europe n'ont pas atteint les objectifs de qualité fixés par la DCE pour l'année 2015. Quelles en sont les causes ?

Les défis de l'eau

multiples, les causes de dégradation des milieux aquatiques sont liées entre elles. L'industrie, l'agriculture, le tourisme, la santé ou l'énergie sont autant de secteurs qui ont un impact sur l'état des eaux. Deux défis majeurs se doivent d'être relevés : celui du changement climatique et celui de l'impact environnemental des activités humaines.

Les conséquences du réchauffement climatique vont indéniablement peser sur cette ressource qui est au cœur de l'écosystème. Les études de l'AEE le démontrent : la biodiversité continue de se dégrader en dépit des nombreux efforts de l'Union européenne. Les phénomènes météorologiques exceptionnels s'accroissent, provoquant de plus en plus de stress hydrique. Déjà, en Europe, des régions souffrent d'inondations exceptionnelles et de périodes de sécheresse à répétition, dont le coût s'est élevé à près de 100 milliards d'euros en trente ans. L'agriculture est bien sûr en première ligne.

Couplé à l'intensification des activités humaines, l'accroissement démographique va, par ailleurs, renforcer la

pression sur la ressource à l'avenir. L'augmentation des besoins, notamment dans l'agriculture pour l'alimentation, devrait entraîner une hausse des prélèvements en eau et du nombre des sources de pollution. Le développement urbain est aussi une source de perturbation du cycle de l'eau et de pollutions multiples.

L'eau prend dès lors toute sa dimension stratégique : elle constituera dans les décennies à venir un facteur clé de compétitivité sur la scène internationale.

L'Union européenne : un rôle de coordinateur en faveur d'une meilleure application de la politique européenne de l'eau

Au terme d'une première période de quinze ans, un bilan de santé de la DCE doit tout d'abord être établi afin d'en juger l'efficacité. En l'état actuel des choses, je ne suis pas partisan d'une profonde réforme législative de la DCE, pour deux raisons au moins. D'une part, j'estime que, d'un point de vue réglementaire, elle offre un cadre efficace. Certes, des ajustements doivent être apportés, mais ils ne nécessitent pas de reprendre entièrement le texte et d'en détricoter les acquis. D'autre part, les acteurs de l'eau ont besoin de stabilité juridique. Rappelons que l'eau est un secteur extrêmement fragmenté qui implique la participation d'un large éventail d'acteurs. Si ce modèle est bien ancré dans notre territoire (la DCE ayant été pour partie inspirée de l'expérience française), il reste quelque chose de tout à fait nouveau pour nombre de pays européens. Pour eux, un temps d'apprentissage est donc nécessaire.

Pour ces raisons, je considère que nous devons concentrer le plus gros de nos efforts sur une meilleure application de la DCE, sur une meilleure articulation et une meilleure répartition des actions entre les différentes échelles de territoire et sur une interprétation unifiée de nos attentes vis-à-vis de ce texte. J'observe qu'à Bruxelles, les règles mises en œuvre dans les bassins (je connais bien leur mise œuvre dans le bassin Rhône-Méditerranée et Corse) sont interprétées différemment selon les États membres. La réduction de ces écarts passera par un dialogue renforcé au niveau européen.

Le rôle imparti à l'Union européenne est donc de **coordonner l'action de ces multiples acteurs** qui interviennent aux différents niveaux de gouvernance, de leur fournir un appui technique et de partager les bonnes pratiques. C'est dans cet esprit que la Commission européenne a lancé, en 2012, le « *Water Blueprint* », une ambitieuse feuille de route définissant une stratégie commune de mise en œuvre (SCM) de la législation européenne sur l'eau.

Plusieurs fois par an, la Commission réunit les directeurs de l'eau des États membres pour fixer les priorités politiques et le programme de travail des groupes thématiques. Ces groupes se réunissent régulièrement pour répondre à diverses problématiques rencontrées dans les territoires. Au niveau européen, le dialogue continue à se structurer et montre des résultats positifs. Pour autant, la volonté qu'ont les États membres de respecter les règles qu'ils ont approuvées à Bruxelles demeure un facteur clé

du succès de la politique européenne de l'eau. Cessons, par conséquent, de renvoyer la faute sur Bruxelles dès qu'un problème n'a pu être géré efficacement sur le terrain. Nous avons besoin de l'Europe pour fixer un cadre commun, des objectifs et des indicateurs partagés afin d'éviter des distorsions de concurrence et un *dumping* environnemental, mais ce sont bien les autorités régionales et les acteurs locaux qui doivent mettre en œuvre les actions retenues et qui jouent donc un rôle considérable dans l'atteinte de l'objectif du « bon état de l'eau ». Nous devons rendre les acteurs locaux responsables sur ce point. Mais il faut également étendre ce dialogue à tous les acteurs ayant une influence sur la qualité de la ressource, et ce dans tous les pays européens.

Autre action phare d'une meilleure mise en œuvre de la politique de l'eau, la Commission a également pour mission d'améliorer l'information disponible sur l'eau. Les nombreux rapports de l'AEE sur l'état des eaux en Europe ainsi que les analyses des Plans de gestion des bassins hydrographiques constituent la base de données la plus fournie au niveau européen. La création du système d'information sur l'eau en Europe (WISE) permet de rendre cette information accessible au plus grand nombre afin de faciliter la prise de décision.

Au-delà de la mise en œuvre de la politique existante, je considère que le cadre législatif européen doit s'adapter aux nouveaux enjeux du XXI^e siècle et mieux prendre en compte les conséquences du changement et des accidents climatiques, à la fois dans ses objectifs et dans ses outils. Deux objectifs me semblent primordiaux : il faut, d'une part, intégrer la politique de l'eau dans les différents domaines de l'économie ayant un impact sur la qualité de la ressource et, d'autre part, appliquer les principes de l'économie circulaire au domaine de l'eau.

Décloisonner la politique européenne de l'eau : vers une approche multisectorielle

Si les défis sont immenses, j'observe, ces dernières années, une volonté croissante de la classe politique d'agir dans le domaine de l'eau. Ce regain d'intérêt doit à présent se traduire dans les faits ! Les conclusions du Conseil de l'Union européenne du 17 octobre 2016, réunissant les ministres de l'Environnement des 28 États membres, font de la gestion durable de l'eau un objectif politique prioritaire au niveau européen. Sous la Présidence de Malte (de janvier à juin 2017), les ministres ont par ailleurs décidé de consacrer la réunion informelle du Conseil Environnement des 25 et 26 avril à l'adaptation au changement climatique, aux déchets marins et à la réutilisation des eaux usées. Le Parlement européen, par le biais de résolutions, s'est également exprimé en faveur d'une gestion durable de la ressource et a invité la Commission à faire des propositions en ce sens.

À ce titre, un constat est largement partagé. La politique de l'eau reste trop cloisonnée par rapport à celles concernant d'autres secteurs de l'économie, qui ont un impact sur la qualité et la quantité d'eau disponible. L'ac-

tivité agricole a un impact non négligeable sur l'eau, mais sans eau, il n'y a pas d'agriculture. Les excès d'engrais et de pesticides qui sont libérés dans les cours d'eau en sont un exemple. L'irrigation des champs pèse également sur la ressource. L'amélioration de la mise en œuvre de la DCE ne suffirait donc pas à atteindre, à elle seule, les objectifs fixés : il faut également adopter une approche multisectorielle de la politique de l'eau. La politique agricole commune devrait être en première ligne de cette stratégie, tout en prenant garde de ne pas faire des agriculteurs les ennemis de l'eau : celle-ci est une ressource dont ils dépendent pour garantir les rendements de leurs récoltes. L'Union européenne s'attache donc à engager un dialogue et à associer les agriculteurs à la recherche de solutions pratiques et répliquables sur tout son territoire. La Commission vient, par exemple, de créer une *task force* « eau et agriculture », qui réunit les services des directions de l'agriculture et de l'environnement. C'est un dialogue de ce type qui doit maintenant être reproduit dans d'autres secteurs, comme le tourisme ou l'industrie pharmaceutique. La Commission participe également à l'élaboration de documents d'orientation stratégiques qui défendent la protection des eaux dans les différents domaines d'activité.

Appliquer les principes de l'économie circulaire à l'eau

Le changement climatique est un défi de taille. Quelques chiffres particulièrement éloquentes suffisent à prendre toute la mesure de l'enjeu.

En 2030, selon l'OCDE, c'est 40 % de la demande mondiale en eau qui ne seront pas couverts (en l'état actuel des choses).

En Europe, les pénuries d'eau ont déjà touché 11 % des citoyens et 17 % du territoire en 2007. Les besoins en eau sont toutefois amenés à augmenter dans les décennies à venir. Nous devons, en Europe, réapprendre à économiser l'eau. Pour cela, un objectif me semble prioritaire : il faut intégrer l'économie circulaire à l'eau. Ses principes sont clairs : il s'agit de préserver, de réutiliser et de recycler les ressources que nous utilisons, en circuit fermé. Chaque déchet, une fois recyclé, est ainsi réintégré dans la chaîne en tant que matière première. Dans le domaine de l'eau, l'assainissement constituerait la clé de voûte de ce nouveau modèle. Sans attendre, les acteurs de l'eau se sont déjà engagés sur la voie de la transition vers une économie circulaire.

L'Union européenne s'engage elle aussi dans cette transition. La Commission s'apprête à publier une législation fixant un cadre commun pour la réutilisation des eaux usées (*reuse*), qui sera soumise à l'étude du Parlement et du Conseil européens en 2017.

L'enjeu est de taille : il s'agit de réduire les prélèvements nets, tout en assurant une restitution d'une eau d'une qualité améliorée au milieu naturel. Ces eaux recyclées serviront, par exemple, à l'irrigation (dans l'agriculture) ou à l'arrosage des espaces verts publics. Le potentiel de *reuse* est considérable. À titre d'exemple, en trente ans,

la réutilisation de 20 % des eaux usées permettrait de réduire de 20 milliards d'euros le coût induit des sécheresses.

Par-delà les retards de mise en œuvre, ce bilan de mi-parcours tend à démontrer que la DCE n'a pas libéré tout son potentiel. L'adoption d'une approche multisectorielle et l'intégration de l'eau à l'économie circulaire permettront, j'en suis convaincu, de lever les obstacles qui se dressent encore sur le chemin du bon état de l'eau. D'autres enjeux s'ajoutent également à l'agenda politique. Un récent rapport du Service de la recherche du Parlement européen met en avant le coût de l'absence d'action de l'Union eu-

ropéenne dans différents domaines (réutilisation des eaux usées, compteurs d'eau intelligents, traitement des résidus pharmaceutiques), celui-ci s'élève à plus de 25 milliards d'euros par an ! L'Europe devra jouer le rôle de la « Mère Courage » pour prendre des mesures qui soient à la hauteur des enjeux. Quand certains reprochent à l'Union européenne de trop en faire, je réponds que la politique de l'eau souffre, au contraire, d'un déficit d'Europe.

Tout l'équilibre tient en réalité dans la répartition des compétences et des responsabilités au bon échelon de gouvernance : des territoires jusqu'à « Bruxelles ».

Le Conseil Mondial de l'Eau : un enjeu mondial pour une ressource locale

Par Sophie AUCONIE

Gouverneure du Conseil Mondial de l'Eau, co-présidente du Cercle français de l'Eau

Le Conseil Mondial de l'Eau (CME) est une plateforme multi-acteurs ayant pour vocation de porter la voix des acteurs de l'eau au niveau international. Il co-organise les Forums mondiaux de l'eau, de grands rendez-vous internationaux, et il axe actuellement son programme d'actions sur le rapprochement des acteurs au travers d'une hydro-diplomatie active.

Aujourd'hui, le Conseil Mondial de l'Eau fait face à de nouveaux défis avec l'adoption des Objectifs de développement durable (ODD), le changement climatique et la multiplication des événements mondiaux dans le domaine de l'eau. Les Forums mondiaux ont permis de faire progresser les sujets de l'eau dans l'agenda international, mais le Conseil doit maintenir ses efforts afin d'augmenter la force politique de l'organisation.

Alors que les rencontres de haut niveau se multiplient, le CME doit veiller à ce que ses activités se concentrent sur la protection de l'eau, cette ressource vitale, et sur son intégration dans la mise en œuvre des ODD. Les impacts en termes d'accès à l'eau comme d'assainissement se font et se feront ressentir, à l'avenir, par les populations, directement sur leurs territoires.

L'année 1977 a vu la première Conférence intergouvernementale exclusivement consacrée à l'eau se tenir en Argentine sous la dénomination de « Conférence des Nations Unies sur l'eau de Mar del Plata ».

Trois ans plus tard, l'Assemblée générale des Nations Unies proclame la Décennie internationale de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement. Celle-ci avait pour objectif d'assurer aux populations, à l'horizon 1990, un approvisionnement en eau potable, de bonne qualité et en quantité suffisante, ainsi que des installations sanitaires de base.

En 1992, la Conférence des Nations Unies pour l'environnement et le développement de Dublin et le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro permettent de faire émerger l'idée de la création d'un « Conseil Mondial de l'Eau », dont la concrétisation juridique interviendra en 1996. En compétition avec Montréal et Stockholm, c'est finalement Marseille qui est choisie pour accueillir le siège de la nouvelle organisation.

Vingt ans après, il est intéressant de se pencher sur les missions du CME et de déterminer les défis qu'il doit désormais relever.

Actuellement, le CME s'organise autour d'une équipe permanente et de ses 330 membres originaires de plus de 50 pays, qui se réunissent lors d'une Assemblée générale.

Cette assemblée élit, parmi ses membres, le Conseil des gouverneurs. Ceux-ci désignent leur président, qui, à son tour, nomme un bureau.

Le CME s'est donné pour mission première d'encourager et de faciliter, à tous les niveaux, la préservation, la bonne gestion et l'utilisation raisonnée des ressources en eau – dans une perspective de développement durable. Aussi le Conseil cherche-t-il à mobiliser tout particulièrement les décideurs politiques et économiques. Il doit permettre de développer une vision commune des différents acteurs sur les principes à mettre en œuvre pour assurer une bonne gestion de la ressource et des services de l'eau, en jouant le rôle d'une plateforme de débats et d'échanges d'expériences. Par ailleurs, le Conseil organise, tous les trois ans, le Forum mondial de l'eau et apporte sa contribution aux autres grands rendez-vous internationaux.

Pour la période 2015-2018, le Conseil axe son programme d'actions sur le rapprochement entre les acteurs, à travers une hydro-diplomatie active, l'exploration de nouvelles idées et de nouveaux concepts et la discussion de divers sujets, et ce, tout en encourageant les échanges et l'extension et la consolidation d'un réseau.

Il axe ses travaux autour de quatre priorités : l'eau et la politique afférente, les questions relatives à la sécurité

hydrique, la co-organisation des prochains Forums mondiaux de l'eau (au Brésil en 2018 et au Sénégal en 2021) et le renforcement de l'organisation.

Le Conseil a ainsi pour vocation d'être le porte-voix des acteurs de l'eau au niveau mondial, notamment du fait de l'inexistence d'une agence onusienne sur ce sujet.

En 2003, ONU-Eau (*UN-Water*) est créée par le Comité de haut niveau des Nations Unies sur les programmes. Mais il s'agit uniquement d'un mécanisme inter-organisations visant à renforcer la coordination et la cohésion entre les différentes entités des Nations Unies s'occupant des questions relatives à tous les aspects de l'eau douce et de l'assainissement, notamment les ressources en eau de surface et en eau souterraine, l'interface entre l'eau douce et l'eau de mer et les catastrophes liées à l'eau. ONU-Eau n'a donc aucun rôle politique ou de coordination, en dehors des initiatives issues du système des Nations Unies.

De nombreux enjeux entourent cependant l'avenir du CME. Si celui-ci veut rester l'organe référence de l'eau dans le monde, il doit se montrer capable non seulement de se saisir à la fois de la problématique des Objectifs de développement durable (ODD) et de celle du changement climatique, mais également de faire face à la montée en puissance d'autres événements environnementaux globaux.

Le CME contribue à porter le sujet de l'eau au plus haut niveau international. Alors que les Objectifs du millénaire pour le développement avaient démontré une véritable difficulté pour définir l'accès à l'eau et l'assainissement, ils ont été prolongés par l'adoption des 17 Objectifs de développement durable (ODD), au mois de septembre 2015, par l'Assemblée générale des Nations Unies.

Désormais, ils concernent non seulement les pays en développement, mais aussi les pays développés. L'idée est de faire le lien entre la pauvreté et un développement durable dans l'acception la plus large de ce terme (sur les plans économique, social, etc.).

L'adoption d'un objectif Eau, le 6^{ème} ODD, est une avancée sans commune mesure, à l'échelle globale. Ce fut en partie le résultat concret de discussions, lors du Forum mondial de l'Eau de 2012, entre les différents ministres (avec la Déclaration de Marseille), ainsi que de celles qui ont eu lieu lors du sommet de RIO+20.

Cet ODD 6 représente également une avancée pour le système onusien lui-même, avec, pour la première fois, l'eau en tant que problème transverse et non pas uniquement en tant que problématique d'accès des populations à l'eau potable. L'eau est ainsi présente dans un objectif de développement durable qui lui est dédié, mais aussi au travers de cibles visées par d'autres objectifs (notamment ceux concernant le genre, la ville et l'océan). Les ODD permettront, en autres, d'évoquer les ressources en eau, les questions de quantité, de qualité, de gestion des eaux usées et les catastrophes liées à l'eau.

L'organisation des Forums est un des points centraux de l'action actuelle du CME. Il ne doit cependant pas se cantonner à celle-ci. Les Forums permettent des rencontres entre plus de 20 000 participants ; ils sont co-organisés

par le Conseil et le pays hôte. Ces forums sont des événements toujours utiles, dont les résultats ne sont jamais « écrits d'avance ».

A posteriori, les différents forums ont apporté de grandes avancées pour l'eau dans le monde à travers des engagements sur les thèmes de la gestion intégrée de l'eau (pour le Forum tenu au Maroc), du stress hydrique (pour celui organisé aux Pays-Bas), du financement de l'accès à l'eau (au Japon), du droit à l'eau et à l'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous (forums tenus au Mexique et en France), de l'assainissement (Turquie) et, enfin, des sciences et des technologies (pour le septième Forum, en Corée).

Le prochain Forum aura lieu, en 2018, au Brésil, il portera notamment sur un meilleur partage de l'eau.

Ces processus s'intègrent ainsi à la dynamique des activités du Conseil. Les débats se démarquent de par leur grande qualité, avec plus de 400 heures d'échanges, notamment lors de sessions thématiques.

On pourrait se satisfaire des progrès réalisés lors des Forums, qui permettent à des sujets émergents de prendre davantage de place, de débattre sur des thématiques en apparence moins importantes, car moins polémiques, ainsi que l'implication d'une nouvelle génération et une meilleure intégration des ONG dans les différents processus.

Mais l'une des difficultés qui demeurent réside, cependant, dans le suivi entre les Forums, qui doit être renforcé, et ce, d'autant plus que les engagements pris lors des Forums ne sont pas forcément très concrets, notamment au niveau politique. Certains grands pays (comme la Grande-Bretagne) n'y sont que peu ou pas représentés préférant privilégier leurs propres initiatives. La Déclaration ministérielle reste malheureusement trop peu connue du grand public et les engagements manquent de chiffres précis.

Les initiatives positives, comme le programme de l'OCDE pour la gouvernance de l'eau, doivent être davantage prises en exemple et démultipliées. Cela est d'autant plus important que ces dernières années ont vu l'émergence de rendez-vous internationaux sur l'eau, avec la Semaine mondiale de l'eau de Stockholm, celle de Singapour ou encore le Sommet de Budapest. Véritables lieux de rencontres multi-acteurs (même si leur force politique reste faible), la compétition est désormais rude pour les Forums du CME, qui devront rester les lieux de convergence de référence, si le Conseil souhaite garder son *leadership*. Leur originalité reste, bien entendu, les rencontres entre les ministres en charge de l'Eau et de l'Assainissement. Le Conseil doit renforcer ses liens avec les représentants politiques pour donner davantage de poids aux Déclarations ministérielles qui concluent ses Forums mondiaux de l'Eau.

Dans son analyse de l'architecture mondiale de l'eau, la plateforme multi-acteurs UNSGAB (*UN Secretary-General's Board on Water and Sanitation*) indique qu'il manque toujours une structure politique internationale qui permette aux gouvernements de se rencontrer régulièrement



Photo © COP22

Initiative pour l'adaptation de l'agriculture africaine (AAA) lancée en amont de la COP22, qui a eu lieu à Marrakech du 7 au 18 novembre 2016.

« Diffusé à l'issue de la Conférence internationale sur l'eau et le climat de Rabat, en juillet 2016, l'Appel "Water for Africa" plaide en faveur du dégagement de moyens pour financer la sécurité de l'accès à l'eau en Afrique, face au changement climatique. »

afin de discuter des questions liées à l'eau, en plus d'une structure scientifique qui pourrait être un GIÉC-Eau. La question se pose, alors, de savoir si le Conseil et le Forum remplissent complètement leurs rôles et s'ils répondent aux besoins de la communauté internationale. Les ODD devenant la référence non seulement en matière de politique internationale, mais également en matière de politiques nationales, la force politique du Conseil Mondial de l'Eau devra nécessairement passer par une réelle appropriation par celui-ci de la question des ODD, afin d'attirer les gouvernements et les décideurs politiques. Cependant, il doit veiller à conserver son rôle de plateforme multi-acteurs. Une de ses forces est sa capacité à rassembler ses membres issus des différents « collèges » : institutions intergouvernementales, gouvernements et autorités nationales et locales, entreprises, organisations de la société civile et associations de consommateurs, associations professionnelles et institutions académiques.

Cette diversité entre ses membres doit être concrétisée également au niveau du Conseil des gouverneurs, qui manque actuellement de pluralité en matière de genre, de générations, mais aussi, et surtout, de représentativité géographique. La participation des acteurs, notamment africains et asiatiques, à la fois aux instances du Conseil et aux Forums mondiaux de l'eau est primordiale pour la crédibilité de l'organisation.

La COP22 a permis de mettre en lumière la problématique de l'eau et son lien avec le changement climatique. Le fait

qu'elle ait été organisée au Maroc n'y est pas pour rien, avec les ministres marocaines de l'Environnement et de l'Eau qui sont toutes deux très sensibles à la question de l'eau.

Le 9 novembre 2016, la « Journée Eau » s'organisait autour de présentations et de débats entre acteurs de l'eau. Les liens avec la communauté du Climat devront être approfondis afin que la communauté de l'eau ne soit pas autocentrée et qu'elle puisse influencer sur les négociations officielles. Lors de la matinée de ce même jour, les trois Alliances lancées lors de la COP21 de Paris ont pu se présenter et évoquer les progrès réalisés au cours des derniers mois : le Pacte sur l'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins, les fleuves, les lacs et les aquifères, la *Business Alliance for Water and Climate Change*, l'Alliance des mégapoles pour l'eau et le climat. Ce fut également l'occasion de mettre en lumière l'Appel « *Water for Africa* ». Diffusé à l'issue de la Conférence internationale sur l'eau et le climat de Rabat, en juillet 2016, cet Appel plaide en faveur du dégagement de moyens pour financer la sécurité de l'accès à l'eau en Afrique, face au changement climatique.

Le Conseil mondial de l'eau a pris une part importante dans la Journée Eau de la COP 22, en y présentant deux initiatives.

Après l'adoption de l'Agenda post-2015 et l'Accord de Paris sur le climat, le Conseil et la communauté internationale de l'eau se sont rassemblés autour de l'initiative

#*ClimatelsWater* pour rallier la communauté climatique et veiller à ce que les débats sur le climat prennent sérieusement en considération la question de l'eau.

Par ailleurs, j'ai eu l'honneur de lancer le Réseau international des parlementaires pour l'eau, en tant que coordinatrice. Les cinquième et sixième Forums mondiaux de l'eau – organisés à Istanbul (2009) puis à Marseille (2012) – ont officiellement organisé un rassemblement de plus de 250 parlementaires, jugeant, qu'à l'échelle mondiale, ceux-ci devaient contribuer à la réflexion sur l'eau, pour trois raisons majeures :

a) leur rôle dans le vote du budget national de chaque pays : à ce jour, dans les pays en développement, jusqu'à 90 % des eaux usées s'écoulent, sans avoir été traitées, dans les rivières, les lacs et les zones côtières, menaçant ainsi la santé et la sécurité alimentaire,

b) leur rôle législatif : l'absence de mécanismes de coordination des décisions interministérielles, ainsi que d'articulation entre les interdépendances sectorielles constitue l'un des freins majeurs à une gouvernance nationale efficace de l'eau. Par ailleurs, la reconnaissance du droit à l'eau en tant que droit de l'Homme et les défis posés par sa traduction dans les législations nationales ont renforcé la nécessité d'impliquer les parlementaires dans les questions de l'eau,

c), enfin, leur rôle dans la ratification des traités internationaux, notamment ceux se rapportant à la coopération internationale en matière de partage des eaux ou encore à la prévention de pollutions transfrontalières.

Le besoin reconnu d'un cadre législatif adapté et de budgets dédiés aux politiques de l'eau a ainsi placé les parlementaires au cœur du processus des derniers Forums mondiaux de l'eau.

Lors de ces rencontres, les parlementaires ont été encouragés à anticiper, à se préparer, à se responsabiliser et à agir face aux différents défis que sont la décentralisation de l'autorité, les changements mondiaux, la gouvernance et la coopération transfrontalière. Le septième Forum mondial de l'eau, qui s'est tenu en Corée, a permis l'adoption de la Déclaration des parlementaires.

Les missions dévolues au Réseau international des parlementaires pour l'eau seront de :

- faciliter la consultation des législations relatives à l'eau à partir d'une source unifiée. Cette plateforme pourrait permettre d'accéder ainsi aux bases de données décentralisées ou à différents compendiums des meilleures pratiques et solutions afférentes à l'eau ;
- faciliter l'organisation de débats, d'échanges de travaux et d'analyses, de bonnes pratiques et les partages des connaissances au travers de rencontres nationales, régionales ou internationales ;
- apporter une aide personnalisée aux parlements et à leurs élus, en mettant à leur service un plateau d'experts consultables sur des demandes spécifiques ;
- enfin, produire des rapports et des *briefings* sur les politiques de l'eau et d'assainissement à destination des parlementaires, en fonction des ressources disponibles.

Le Réseau s'organisera autour de groupes régionaux et aura ainsi pour finalité d'organiser des rencontres lors des Forums mondiaux de l'eau, ceux-ci devant être, au-delà de lieux de dialogue, de véritables centres de décision politique.

L'exemple européen est assez significatif. Aujourd'hui, l'Europe ne place plus les thématiques liées à l'eau en haut de son agenda politique. L'intergroupe Eau du Parlement européen n'a plus de reconnaissance officielle et nous manquons de parlementaires experts sur la question. La révision de la Directive-cadre européenne sur l'eau et le nouveau Consensus européen sur le développement doivent être des occasions de replacer l'eau parmi les priorités de la Commission, du Parlement, du Comité des Régions et des États membres.

Tout comme le Conseil Mondial de l'Eau, l'Union européenne doit se saisir à nouveau rapidement de la question de l'eau, notamment en lien avec les objectifs du développement durable (ODD) et avec les changements climatiques, afin de jouer un rôle politique autour de ces nouvelles problématiques qui concernent tous les États membres, et qui les concerneront davantage encore dans les prochaines années.

L'International Water Association (IWA), l'association des professionnels de l'eau et de l'assainissement

Par Diane d'ARRAS

Présidente de l'International Water Association (IWA)

Née en 1999 de la fusion de deux grandes associations, l'AIDE (Association internationale des distributeurs d'eau) et l'IAWQ (*International Association on Water Quality*), l'International Water Association (IWA) est une association scientifique traitant de l'eau, de l'assainissement et des services associés. L'association compte environ sept mille membres : des associations nationales (qui ont le statut de « gouverneurs »), des membres « *corporate* » publics ou privés et des membres individuels. L'activité scientifique et technique de l'IWA est développée par ses membres au travers de 50 « *Specialists Groups* ». Elle est ensuite partagée grâce à IWA Publishing, maison d'édition reconnue dans le domaine scientifique, et lors de conférences de grande ampleur, telles que les « *World Congresses* » et « *Development Congresses* », ou de conférences plus régionales portant sur des thématiques davantage ciblées. À un moment où l'on constate (enfin !) une prise en compte des problématiques de l'eau sous tous ses aspects au travers de déclarations sur le « droit à l'eau », des « Objectifs du développement durable » et de la mesure de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau, l'IWA est l'un des acteurs clés de la mobilisation des professionnels de l'eau, pour apporter et partager les solutions de demain.

Née de la fusion, en 1999, de deux grandes associations, l'AIDE (Association internationale des Distributeurs d'Eau), et l'IAWQ (*International Association on Water Quality*), l'IWA est une association scientifique internationale comptant environ sept mille membres, elle bénéficie du statut de « *charity* anglaise » (<http://www.iwa-network.org/> – <https://iwa-connect.org/>).

Outre leurs statuts juridiques différents, ces deux associations avaient eu jusqu'alors des parcours différents : IAWQ, de par ses membres plus académiques, était clairement orientée recherche et AIDE était plus orientée vers les opérateurs de terrain (les « *utilities* »), les technologies appliquées et les bonnes pratiques. Les deux associations-mères avaient en commun de traiter principalement du monde de l'eau, de l'assainissement urbain et des services associés. Si la logique et la vision de la gestion intégrée des ressources en eau (*Integrated Water Resources Management*) ont toujours fait partie de l'ADN des deux associations, les sujets de la gestion par bassin et des modélisations de rivières et de nappes, qui ne constituent pas l'activité principale de l'IWA, sont

plutôt couverts par une autre association, l'IWRA (*International Water Resources Association*).

Les membres de l'IWA sont des associations nationales ayant des missions similaires à celles de l'IWA, des membres « *corporate* » publics ou privés (tels, par exemple, que la Compagnie des Eaux de Kampala, Suez ou l'Université de Singapour) et des membres individuels. Les associations nationales, qui ont le statut de « gouverneurs », ont un poids particulier dans la gouvernance générale de l'association, car seuls les gouverneurs votent lors des assemblées générales. Le principe est celui des grandes organisations onusiennes : « un pays = une voix ». Le « gouverneur » français est l'ASTEE (Association scientifique et technique de l'eau et de l'environnement). Les membres actuels viennent principalement d'Europe de l'Ouest, d'Europe Centrale, d'Asie et d'Australie et, enfin, d'Amérique du Nord. L'Amérique du Sud, l'Afrique et le Moyen-Orient sont encore, pour l'instant, sous-représentés. Environ 40 000 personnes participent physiquement chaque année aux événements de l'IWA (il s'agit généralement de conférences thématiques).

L'activité scientifique et technique de l'IWA est organisée autour d'une cinquantaine de « *Specialists Groups* » qui permettent d'instaurer et de favoriser les échanges sur des thèmes de recherche, d'innovation ou de partage d'expériences afin de développer la compétence de ses membres. Outre les réunions régulièrement organisées à travers ces « *Specialists Group* », de nombreuses manifestations (congrès, *workshops*, journées d'information) ont lieu chaque année dans les différentes parties du globe à l'instigation de l'IWA et à l'initiative de ses antennes régionales et de ses membres. Grâce à ce réseau de personnes, de connaissances et d'expériences internationales englobant nombre de spécialités, l'IWA est de plus en plus reconnue en tant que porte-parole des professionnels de l'eau et de l'assainissement auprès des grandes instances internationales et/ou politiques.

Pour assurer ses missions, l'IWA s'est très tôt appuyée sur une structure interne, *IWA Publishing*, qui est une filiale à 100 % de l'IWA. C'est une maison d'édition (publiant des livres et des revues) reconnue dans le domaine scientifique de l'eau. Forte d'environ une trentaine de revues régulières et de son savoir-faire d'éditeur, *IWA Publishing* se développe régulièrement grâce à son réseau, aux articles des membres de l'IWA et à la reconnaissance scientifique que leur procure la parution d'articles dans certaines de ses revues. Outre la mission de diffusion du savoir que permet un tel outil, *IWA Publishing* permet aux scientifiques du monde de l'eau de trouver les supports de publication de grand renom indispensables au monde académique. Outil fondamental par plusieurs aspects, en particulier de par les ressources financières qu'il apporte au fonctionnement de l'association, *IWA Publishing* ne publie pour l'instant qu'en langue anglaise (c'est là une lacune qu'il conviendrait de combler dans le futur).

Un domaine d'excellence en croissance

L'IWA est donc avant tout orientée autour du service de l'eau, de l'assainissement et des techniques et innovations gravitant autour de cette mission. Cependant, l'IWA élargit progressivement son domaine d'activité ; de plus en plus, sont traités non seulement les grandes thématiques transversales de l'eau (« *Cities of Tomorrow* », « *Smart Water Cluster* », « *Water, Climate and Energy* »), mais aussi des sujets plus « *soft* », tels que la gouvernance en matière d'eau, le *benchmarking*, la certification, en s'appuyant éventuellement sur des collaborations avec d'autres associations ou avec d'autres groupes d'intérêt travaillant sur ces sujets. Par exemple, ont été ainsi lancés récemment la « Charte de Lisbonne » sur le rôle et l'intérêt des régulations/régulateurs dans le domaine de l'eau et les « Principes » que devront satisfaire les « *Water Wise Cities* ».

Pour soutenir le développement de l'IWA et son rayonnement, les objectifs récents retenus ont été de développer l'axe géographique en organisant des implantations locales. Installée à l'origine à Londres (où elle a son siège officiel, grâce à la présence d'*IWA Publishing*), l'IWA a déménagé son siège opérationnel à la Haye, il y a de cela

environ 8 ans, et elle a ouvert des antennes à Pékin, à Nairobi, à Bangkok et (tout récemment) à Dakar.

Cette politique de développement a été supportée par un développement raisonné des recettes. Les sources de financement de l'IWA se sont diversifiées, avec un budget direct consolidé de l'ordre de 10 millions d'euros se répartissant entre les grandes masses ci-après :

- 4,5 millions d'euros pour *IWA Publishing*, dont les bénéfices (2,5 millions) sont remontés intégralement à l'association,
- 0,8 million d'euros pour les cotisations des membres : individuels, *corporate*, « *governing members* »,
- 1,5 million d'euros de recettes/dépenses pour prestations de services (réflexions, études, animations) dans son domaine de compétence,
- 2 millions d'euros de recettes/dépenses en moyenne annuelle, à travers ses deux gros congrès qui se tiennent en alternance tous les deux ans (*World Congress* et *Development Congress*).

En outre, des conférences et des *workshops* sont organisés régulièrement sur des thématiques plus ciblées par chacun des 50 *Specialists Groups*. On peut évaluer à une vingtaine par an les conférences de ce type, qui regroupent entre 400 et 1 000 personnes suivant leur thématique. Certaines de ces conférences ont des impacts importants, telle la « *Leading Edge* » qui, chaque année, traite des dernières avancées en matière de recherche et d'innovation ou la conférence du réseau Asie (IWA-ASPIRE), qui fédère ce continent. L'IWA est un partenaire régulier d'autres événements organisés autour de l'eau, tels que la « *Stockholm Water Week* », l'« *Amsterdam Water Week* » ou la « *Singapour Water Week* », et, bien sûr, le *World Water Forum*, qui se tient tous les trois ans et permet aux acteurs de l'eau (au sens très large) de partager leur vision.

L'influence grandissante de l'IWA est supportée par une équipe d'une soixantaine de permanents. En parallèle, le nombre d'acteurs potentiellement intéressés a beaucoup augmenté avec l'arrivée de nombre de nouvelles associations (ONG) à la taille et aux missions variables du fait de la prise en compte tant souhaitée des problématiques de l'eau, sous tous leurs aspects :

- déclarations sur le droit à l'eau,
- déclarations sur les Objectifs du développement durable (2015),
- prise en compte de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau et sur leur qualité dans le monde de demain (COP21 et COP22).

Cette mobilisation est une bonne chose pour les acteurs, mais elle appelle une réflexion devant permettre aux organisations de se recentrer sur les points les plus importants et sur leurs domaines de compétence en privilégiant les partenariats intelligents et complémentaires - au bénéfice des acteurs (et non des permanents de ces associations).

Un des défis actuels à relever pour les acteurs du monde de l'eau et leurs associations est de savoir limiter le nombre des organisations et des initiatives spontanées au profit d'un travail en commun.



Photo © Christophe Fouquin/REA

Le tsunami qui a frappé le 24 décembre 2004 les pays côtiers du Golfe du Bengale (l'Indonésie, le Sri Lanka, l'Inde et la Thaïlande).

« Le changement climatique fait courir un risque certain à nos ressources en eau. »

Dans ce contexte, l'IWA doit faire face à quelques défis

- L'IWA a pour ambition de rester « le » référent en matière de services relatifs à l'eau (potable, industrielle) et à l'assainissement avec toutes ses composantes : recherche/technique, exploitation, gouvernance, communes, industriels. Une réflexion est en cours sur sa stratégie de croissance (ouverture à de nouvelles thématiques scientifiques, évolution vers des sujets plus globaux et davantage politiques, positionnement au plus près des opérateurs), son mode de fonctionnement (centralisé / décentralisé) et sur les partenariats qu'il convient de mettre en place.
- Les thématiques de l'alimentation villageoise, de l'irrigation agricole, de la gestion amont des ressources et de l'eau dans l'industrie ne sont pas suffisamment à l'ordre du jour technique et scientifique de l'IWA. Il est souhaitable de changer de braquet et d'embrasser ces thèmes majeurs (en collaboration avec d'autres associations, si nécessaire).
- L'IWA n'a pas réussi à mobiliser suffisamment les opérationnels des « utilities » et leurs grands leaders. Les premiers sont trop souvent absents des congrès se tenant en dehors de leurs pays d'origine (en raison des thématiques des congrès, des problèmes de langue, des coûts de déplacement) et les seconds sont plutôt happés par des congrès plus orientés *business* tels ceux organisés par Singapour ou par la *Global Water Intelligence*. L'IWA doit compléter sa vraie compétence scientifique par un effort croissant vers les opérateurs de terrain et les grands décideurs publics. Les barrières linguistiques, d'abord, mais aussi culturelles ou économiques étant très fortes, l'IWA peut (et doit) capitaliser sur la présence des associations nationales (qui en sont par ailleurs les gouverneurs), sur ses membres *corporate* et sur les opérateurs locaux. Le rôle de chacun doit être d'autant plus précisé que l'IWA a dans chaque pays des liens directs avec beaucoup de ses membres individuels ou « corporate » : l'IWA doit pouvoir tirer profit de cette richesse. Espérons que le contexte politique actuel, en particulier avec des politiques de recentrage national (voire de discrimination envers certains pays), ne crée-

ra pas de barrières supplémentaires – ces barrières que l'IWA a depuis toujours essayé de lever.

- La position de l'IWA dans les pays en développement doit être *renforcée* pour faire face aux grands enjeux cités plus haut (droit à l'eau, objectifs du développement durable, adaptation au changement climatique). Si le « *Development Congress* » de l'IWA – qui a lieu tous les deux ans en alternance avec le Congrès international – est un lieu d'échanges de bonne facture, il n'y a pas assez, entre les congrès, de réunions régulières de groupes qui permettraient de développer efficacement un savoir-faire spécifique (par exemple, la distribution d'eau discontinue) et sa mise en application. Il est toujours tentant de penser que les pays en voie de développement doivent se contenter de copier les modèles qui ont « marché » dans les économies plus avancées. En pratique, les chemins peuvent être différents (et, encore plus étonnant, pour certains, les points d'arrivée aussi !).
- Les partenariats institutionnels avec les grandes institutions financières sont encore peu développés ; ils mériteraient d'être consolidés. Il en va de même pour les grandes ONG. Beaucoup d'organisations développent aujourd'hui des stratégies en matière d'eau en ayant des angles d'attaque qui leur sont propres, sans que l'IWA y soit réellement associée (voire sans qu'elle soit connue). Un effort de cartographie de ces interlocuteurs, avec la mise en place d'une stratégie structurée de l'IWA face à ceux-ci, pourrait donner de bons résultats pour le monde de l'eau en général.

Être à la tête de l'IWA, à un moment où le monde prend enfin conscience que l'eau est un bien précieux que nous devons savoir protéger et partager, est évidemment un grand honneur pour moi - et à travers moi pour tous les acteurs français de l'eau. Mais c'est surtout un joli défi que d'accompagner cette association pour qu'elle favorise le développement et le partage des solutions d'aujourd'hui et de demain ! Si le changement climatique fait courir un risque certain à nos ressources en eau, en mobilisant et en faisant travailler ensemble la communauté de l'eau, dont celle de l'IWA, nous pouvons trouver des solutions curatives ou palliatives, et les appliquer.

Le Partenariat français pour l'Eau : la voix des acteurs français de l'eau à l'international

Par Jean LAUNAY

Président du Partenariat français pour l'Eau

Dans le domaine de l'eau, la France justifie d'une longue histoire, ce qui lui donne une place éminemment reconnue au plan international. Sa culture d'une gestion de l'eau à la fois décentralisée au niveau des bassins versants et concertée avec l'ensemble des usagers intéresse depuis longtemps beaucoup de pays dans le monde.

En 2015, la communauté internationale s'est fixé 17 Objectifs de développement durable (ODD). Très ambitieux, ils visent à donner au monde un nouveau souffle d'ici à 2030.

Le sixième de ces ODD (« ODD6 », dans la suite de cet article) est consacré à l'eau.

Les États sont responsables de la mise en œuvre intégrée de ces objectifs ; c'est à eux qu'il incombe de mettre en place des politiques adaptées. Les décideurs locaux seront, quant à eux, les acteurs en charge de la réalisation des projets répondant à ces objectifs.

Ce contexte constitue une formidable opportunité pour la France, sur le plan de ses relations diplomatiques et plus particulièrement de sa diplomatie économique, de valoriser une expérience multi-acteurs unique dans le monde et riche d'innovations. C'est pour mieux se faire entendre à l'échelon international que les acteurs publics et privés français de ce domaine se sont regroupés au sein du Partenariat français pour l'Eau.

Un savoir-faire français à l'international basé sur une législation visionnaire

Le dynamisme des acteurs français de l'eau et leur reconnaissance au plan international sont fortement liés à la force de leur expérience dans le domaine considéré. Celle-ci doit beaucoup à une loi visionnaire, à l'époque de son adoption, la loi n°64-1245 du 16 décembre 1964 (relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution).

Cette loi a fondé la gestion décentralisée par bassin versant. La force de ce dispositif réside dans son financement sous la forme de redevances, lesquelles sont régulées par les établissements publics de l'État que sont les Agences de l'eau, et dans la préconisation d'une concertation multi-acteurs dans le cadre de Comités de bassin. La possibilité pour les collectivités locales de déléguer la gestion de leurs services d'eau et d'assainissement à des entreprises privées constitue également une expérience qui suscite un grand intérêt dans le monde entier.

Une organisation décentralisée qui préfigurait celle préconisée par la Directive-cadre européenne sur l'eau, qui a été adoptée 36 ans plus tard, en 2000.

L'expérience institutionnelle de la France dans ce domaine doit beaucoup aux nombreux échanges développés, depuis plusieurs décennies, dans le cadre du Réseau international des organismes de bassin (RIOB) que porte l'Office international de l'Eau (OIEau) avec l'appui de nombreux pays dans le monde.

Sur tous les continents, ce Réseau facilite dans les pays partenaires la mise en place d'une gestion par bassin adaptée à chaque contexte (ces bassins pouvant dépasser les frontières internationales, les grands fleuves étant le plus souvent transfrontaliers, et étant parfois eux-mêmes des frontières).

Une expérience reconnue qui fait néanmoins l'objet – en France – d'attaques récurrentes

On peut parfaitement comprendre qu'une telle organisation institutionnelle doive évoluer régulièrement pour s'adapter à un monde qui change de plus en plus rapidement. Mais si ce modèle fait l'objet d'attaques récurrentes, c'est pour de tout autres raisons.

En effet, certaines tendances re-centralisatrices d'une frange importante de l'administration française portent

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



Figure 1 : Les 17 Objectifs du développement durable des Nations Unies.

en elles un risque de rebudgétisation de la politique de l'eau. Les prélèvements récurrents opérés par l'État, ces dernières années, sur les fonds de roulement des Agences de l'eau, au motif (certes louable) du rétablissement des comptes publics, bafouent le principe « l'eau paie l'eau » (et seulement elle) qui constitue le pilier de notre expérience.

Dans un contexte où la France a su depuis longtemps valoriser fortement son expérience à l'international, ces attaques et ces tendances largement jacobines nuisent à notre image auprès de pays ou de partenaires qui ont mis en œuvre des politiques fondées sur nos principes directeurs.

Un contexte international très favorable à la mise en place de politiques de l'eau ambitieuses et à la valorisation de l'expérience française

Une véritable « révolution » décidée, en 2015, par la communauté internationale

La communauté internationale dans son ensemble (pays développés, pays émergents et pays en développement) s'est fixé, en 2015, des ambitions de très haut niveau, qui se trouvent regroupées dans un Agenda 2030 reposant sur 17 grands Objectifs de développement durable (ODD).

La communauté internationale s'est ainsi engagée d'ici à 2030 à en finir avec la pauvreté, à lutter contre les inégalités et l'injustice, à faire face au changement climatique conformément à l'Accord de Paris adopté lors de la COP21 et à répondre aux situations d'urgence en renforçant, notamment, la résilience de nos sociétés face aux catastrophes naturelles (Accord de Sendai).

Les ODD visent à éradiquer la misère et la faim dans le monde et à assurer à tous un accès aux soins, à l'énergie, à l'eau et à l'éducation. Ils prennent en compte les condi-

tions de vie et de travail, la prospérité économique et la réduction des inégalités sociales et de genre. Ils visent à limiter les migrations non choisies, favorisent l'avènement de sociétés pacifiques, justes et inclusives et intègrent une dimension environnementale en insistant sur la nécessité de préserver les écosystèmes terrestres et marins.

L'Agenda 2030 est un tout cohérent, dans lequel une bonne gestion de l'eau est un objectif fondamental pour l'atteinte de tous les autres ODD. Une approche intersectorielle et multi-acteurs est indispensable pour garantir une mise en œuvre coordonnée et intégrée des différents objectifs et d'en retirer les bénéfices croisés.

L'atteinte de l'ODD6 relatif à l'eau dépendra avant tout de notre capacité à lutter contre le changement climatique. Dans de nombreuses parties du monde, les changements climatiques rendent plus difficile l'atteinte des cibles ODD liées à l'eau : la raréfaction de l'eau due pour partie aux effets du changement climatique pourrait causer en 2050 la perte de 6 % des richesses nationales annuelles dans plusieurs régions du monde (source : rapport *High and Dry : Climate Change, Water, and the Economy* de la Banque mondiale, mai 2016).

Réciproquement, une bonne gestion de l'eau doit permettre de répondre aux enjeux climatiques (ceux de l'ODD 13). Il est nécessaire de placer l'eau au cœur de l'adaptation au changement climatique, comme cela a été souligné par 93 % des États dans le volet adaptation de leurs contributions nationales (*Nationally Determined Contributions* – NDC) à l'Accord de Paris (source : étude de juin 2016 réalisée conjointement par le PFE et l'ONG Coalition eau) – sans pour autant oublier le rôle qu'elle peut jouer sur le volet atténuation (amélioration de l'efficacité énergétique des services d'eau et d'assainissement, développement du transport fluvial, de l'hydroélectricité...).

Un mécanisme de rapportage des avancées réalisées par l'ensemble des pays est mis en place, et, dans un avenir proche, l'Organisation des Nations Unies établira régulièrement un classement des pays en fonction de leurs avancées.

Une nécessaire appropriation par tous les acteurs de l'Agenda 2030

La mise en œuvre de l'Agenda 2030 sous-entend une réelle appropriation et un engagement de tous (États, collectivités, entreprises, organisations de la société civile et citoyens).

En ce qui concerne les États, il s'agit de veiller à ce que leurs politiques publiques nationales actuelles permettent l'atteinte des objectifs internationaux. Comme les cibles mondiales sont généralement plus ambitieuses que celles retenues à l'échelle des pays, nombre de politiques nationales ont besoin d'être révisées, renforcées et/ou accélérées afin de décliner nationalement les ambitions internationales, et ce y compris aux niveaux français (notamment DOM-TOM) et européen.

De même, l'attention des États doit être appelée sur la nécessité de transcrire leurs contributions nationales (les « NDC » présentées lors de la COP21) dans leurs stratégies d'adaptation et d'atténuation au changement climatique. L'eau devra apparaître comme une priorité dans des politiques intégrant d'autres axes majeurs, comme l'énergie, la sécurité alimentaire, la santé et l'éducation. À cette fin, un appui non seulement financier, mais aussi technique, devra être fourni aux États par la communauté internationale.

Du côté des acteurs non étatiques, il s'agira pour eux de s'approprier ces nouvelles feuilles de route, d'évaluer de quelle manière leurs activités peuvent y contribuer, de limiter celles de leurs activités qui pourraient aller à l'encontre des objectifs internationaux fixés et d'inciter leurs gouvernements respectifs à adopter des mesures permettant l'atteinte de ces objectifs. Les décideurs politiques étant sensibles aux attentes de l'opinion publique, les acteurs non étatiques ont un rôle essentiel à jouer pour sensibiliser les opinions et les autorités publiques à l'importance des ODD, tout en contribuant eux-mêmes aussi largement que possible à leur atteinte.

Un contexte favorable à la valorisation de l'expertise française dans toutes ses dimensions

Les acteurs français du domaine de l'eau jouissent d'une image très positive à l'international. Ils y sont fortement présents, historiquement, sur les plans institutionnel (ministère de l'Environnement, Agences de l'eau, ONEMA/Agence française de la biodiversité, collectivités territoriales), financier (Agence française de développement, Agences de l'eau), technique et technologique (grands groupes, PME-PMI), scientifique (IRD, ISTEA, CNES, BRGM...) et social (ONG).

Leur force est liée à une culture du travail collectif qui s'est développée en France depuis de nombreuses années et qui s'étoffe, au niveau international, au fur et à mesure des avancées de la communauté internationale dans le domaine. Cette force collective constitue une valeur ajoutée qui est très appréciée par nombre de pays (même si elle peut encore être renforcée).

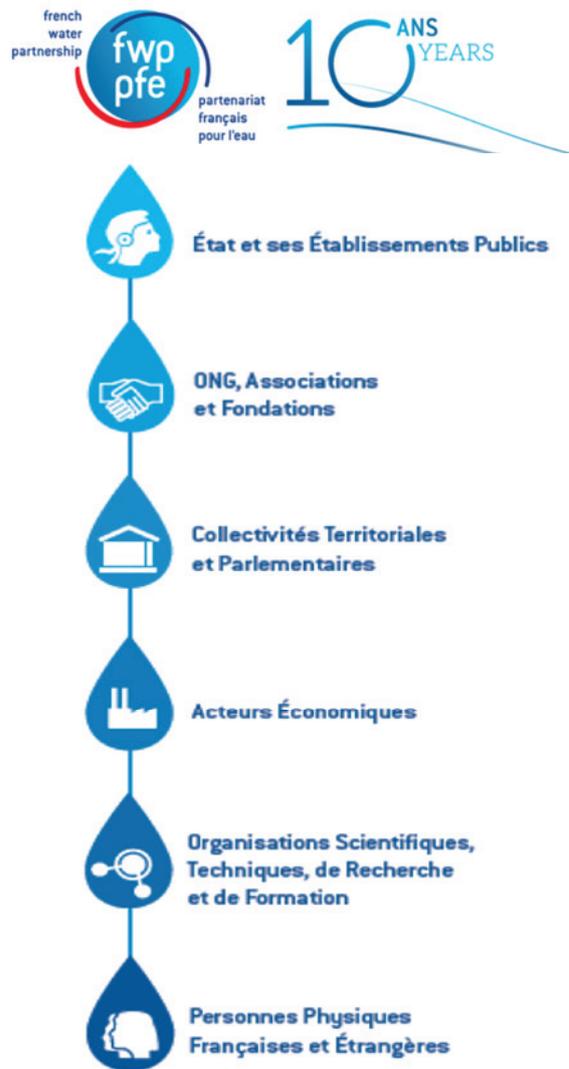


Figure 2 : Le Partenariat français pour l'Eau (PFE) (French Water Partnership – FWP) et les différents types de partenaires.

Les ambitions du Partenariat français pour l'Eau

Le Partenariat français pour l'Eau (PFE) est la plateforme multi-acteurs vers laquelle convergent tous les acteurs publics et privés français de l'eau engagés à l'international. Il est composé de 6 collèges et sa gouvernance et son financement sont équilibrés (sans aucune prééminence d'un collègue sur un autre).

Il est né, le 22 mars 2007, de la volonté de ses 32 membres historiques d'avoir un interlocuteur unique qui puisse rassembler les messages émis par le « paysage français de l'eau » à l'international.

Le PFE met en lumière l'expertise multi-acteurs française de l'eau en diffusant des messages représentatifs de la complémentarité et de la diversité de ses membres, portant ainsi la voix du collectif français lors d'événements et au sein des enceintes internationales.

En cohérence avec les ambitions portées par la communauté internationale, le PFE contribue au changement du monde en faisant en sorte que l'eau soit une priorité politique internationale, européenne et française, en sensibilisant l'opinion publique aux enjeux de l'eau et en intégrant celle-ci au sein des thématiques structurantes de notre

avenir, telles que la mise en œuvre des Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies et la lutte contre le changement climatique.

Suivant le triple mandat que lui ont confié ses membres (publics et privés), les priorités stratégiques collectives à moyen terme de ce Partenariat sont les suivantes :

- *Plaider*

La stratégie de plaider du PFE est prioritairement fondée sur des contributions opérationnelles susceptibles d'étayer des politiques (extérieures et internes) françaises, européennes et internationales s'inscrivant dans le cadre d'une gouvernance politique mondiale. La préservation de la biodiversité aquatique et des eaux littorales faisant partie de ces ambitions internationales, une extension progressive du plaidoyer du PFE à ces sujets sera débattue lors des prochaines réunions de notre bureau et de notre conseil d'administration.

Ces plaidoyers s'adressent aux Nations Unies, aux États chargés d'établir et de suivre les politiques nationales adaptées, à l'Union européenne, au gouvernement français, aux bailleurs de fonds et au grand public.

- *Échanger*

Le PFE agit pour faciliter les échanges d'expériences entre différents acteurs non étatiques (collectivités, entreprises, agriculteurs, ONG...) en travaillant avec les réseaux de ses membres, les Partenariats nationaux (Partenariat suisse, etc.), régionaux (notamment européens) et mondiaux de l'eau (Conseil Mondial de l'Eau, *Global Water Partnership*, *Northern Water NetWork – NOWNET*), les plateformes internationales professionnelles et scientifiques (*International Water Association (IWA)*, *International Water Research Association (IWRA)* (dont les présidents sont des Français), l'Office international de la francophonie, les Alliances mises en place lors des COP... Il facilite également les échanges entre acteurs français et étrangers lors de nombreux événements internationaux (Forums mondiaux de l'eau, Semaines mondiales de l'eau de Stockholm, COP...) ou en animant des comités nationaux français liés à des institutions internationales (Programme Hydrologique International de l'UNESCO).

Les différentes communautés sectorielles devant se rapprocher et échanger de plus en plus entre elles, le PFE agit de telle sorte que la communauté internationale de l'eau agglomère ses forces, parle d'une voix la plus unie possible et se rapproche des autres communautés d'intérêts (autour du climat, de la sécurité alimentaire, de l'énergie, de la santé...), ainsi que des agences onusiennes concernées, à l'image de la campagne #Climateiswater créée à son initiative.

La facilitation du travail collectif par le PFE se fait sur les plans national, européen et international.

- *Valoriser*

Le savoir-faire français a beaucoup évolué depuis quelques années (observations satellitaires, outils de gestion connectés, économie circulaire, production d'énergie, valorisation de la biodiversité aquatique, barrages multi-usages, hydroliennes...) et de nouveaux acteurs sont apparus (PME-PMI, *start-ups*...), qui rejoignent le PFE (30 % de nouveaux membres entre 2015 et 2016).

Le PFE agit donc pour valoriser ce savoir-faire collectif sans prééminence d'un type d'acteur par rapport à un autre. Il identifie les nouvelles dimensions de ce savoir-faire, valorise les nombreuses innovations françaises publiques et privées, et il les promeut auprès des services gouvernementaux de la diplomatie économique et lors des nombreux événements auxquels il participe. Le PFE travaille en ce sens non seulement avec le Comité stratégique de filière éco-industrie (COSEI) « Eau » et les têtes des réseaux d'acteurs, mais également avec l'Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement (ASTEE), avec laquelle il a créé la marque *Water Expertise France* (www.water-expertise-france.fr).

Le succès croissant de ce dispositif tient au fait qu'il répond au besoin réel qu'ont de petites structures publiques ou privées d'intégrer un collectif français qui puisse leur faciliter l'accès à l'international.

Un renforcement à confirmer du rôle de la France dans le domaine de l'eau au plan international

Sur le plan politique, la France a été active ces dernières années pour l'obtention de l'Agenda 2030 et la prise en compte de l'eau par l'un des Objectifs de développement durable. Elle a affiché une posture volontaire en présentant, lors du *High Level Political Forum* tenu au siège des Nations Unies, à New York, en juillet 2016, une revue d'étape de la mise en œuvre des ODD sur son territoire. Elle milite également avec d'autres États en faveur de la mise en place d'une gouvernance mondiale de l'eau à travers la création d'un Comité intergouvernemental au sein des Nations Unies.

La France est également particulièrement active dans le domaine du climat. Chef d'orchestre de la COP21, elle en a porté le succès, qui a mené à un accord universel conclu entre toutes les parties présentes. Elle a joué un rôle moteur dans l'entrée en vigueur très rapide (en moins d'un an) de cet Accord de Paris et mène une action afin de mettre en évidence la place de l'eau dans cet Accord, dans le cadre de la priorité donnée à l'adaptation au changement climatique.

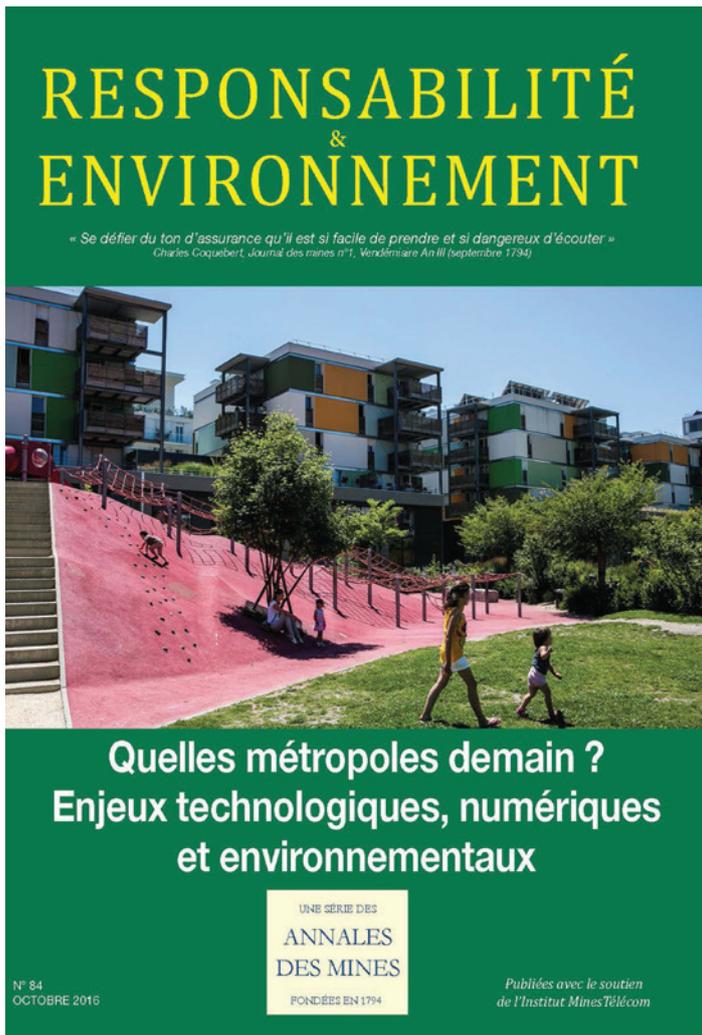
En matière de diplomatie économique, elle a commencé à mobiliser ses différents instruments financiers de soutien à l'exportation : prospection du marché (Assurance Prospection premiers pas – A3P, Fonds d'étude et d'aide au secteur privé – FASEP), développement et négociation d'appels d'offres, exécution des projets (par exemple, les prêts du Trésor ou ceux de l'Agence française de développement), Business France. Ces outils n'étant mobilisables que pour des montants importants, il est essentiel que de nouveaux outils soient mis en place pour favoriser les projets portés par des petites structures très novatrices, telles que nos TPE/PME et nos *start-ups*.

L'importance de l'ouverture à l'international doit conduire les entreprises françaises de la filière de l'eau (qui sont souvent concurrentes sur le marché français) à devenir des partenaires. Aujourd'hui, beaucoup d'entreprises ont du mal à sortir d'une logique d'opposition, ce qui joue en défaveur de l'ensemble de la filière. Un véritable chantier doit s'ouvrir pour trouver des solutions permettant de pallier ce problème.

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quelles métropoles demain ?

Enjeux technologiques, numériques et environnementaux



Introduction - Jean-Louis MARCHAND et Claude TRINK

Une nouvelle vision de la ville, de nouvelles attentes

La Smart Cité en 2040 : une utopie urbaine en deux fictions
Julien DAMON

La création du Grand Paris, ou la nécessité d'adopter un nouveau modèle urbain - **Jean-Louis MISSIKA**

L'amélioration de la sécurité des villes
David HARARI et Claude TRINK

Une ville intelligente et humaine
Nathalie BOULANGER et Hélène JEANNIN

Les grandes métropoles face au changement climatique
Laurence MONNOYER-SMITH et Anne CHARREYRON-PERCHET

De nouveaux outils

Les nouvelles techniques de construction - **François BERTIÈRE**

Eau, mobilités, énergies : vers un pilotage coordonné des réseaux
Jean-Christophe LOUVET

L'éco-conception des ensembles bâtis et des infrastructures
Bruno PEUPORTIER

Le *Big data* et l'*Open data* au service des collectivités
Pascal SOKOLOFF

Usages et progrès de la modélisation urbaine - **Gérard HÉGRON**

Quand la valeur de l'immobilier glisse vers l'aval : contribution à une réflexion sur les nouveaux modèles économiques urbains
Isabelle BARAUD-SERFATY et Nicolas RIO

Les apports de l'analyse prédictive des comportements humains à la création de villes plus agréables à vivre - **Raphaël CHERRIER**

« Rêve de scènes urbaines » : le démonstrateur industriel pour la ville durable implanté sur le territoire de Plaine Commune (Seine-Saint-Denis)
José-Michaël CHENU

Quelques exemples dans le monde

Le Grand Paris ? C'est la région Île-de-France ! - **Valérie PÉCRESSE**

Accompagner les métropoles sur la voie d'un développement soutenable : acquis et perspectives du *Global Lab on Metropolitan Strategic Planning* de la Banque mondiale - **Florence CASTEL**

La vision « Morgenstadt » – La ville de demain : des partenariats d'innovation pour un développement urbain durable
Volker TIPPMANN et Alanus VON RADECKI

Les enjeux du développement urbain en Chine - **Christian LÉVY**

Octobre 2016

Le dossier est coordonné par **Jean-Louis MARCHAND et Claude TRINK**

Pour plus d'information, nous invitons le lecteur à se reporter sur notre site :

<http://www.anales.org>

Les ressources minérales des grands fonds océaniques : des enjeux environnementaux majeurs

Par Denez L'HOSTIS

Président de France Nature Environnement (FNE)

Malgré des économies atones, ici et là, la demande mondiale en ressources minérales devrait connaître une très forte croissance dans les vingt ans à venir. Un certain nombre de ces ressources terrestres sont désormais rares ou difficiles à extraire dans des conditions économiques satisfaisantes ; certaines sont même entre les mains de quelques-uns (entreprises monopolistiques, États), sous des régimes parfois dictatoriaux et/ou instables (il en découle une sécurité d'approvisionnement problématique). De fortes tensions sont donc à prévoir pour des ressources qui sont essentielles au développement des économies et à la souveraineté des États. Il est clair que les potentialités sous-marines minérales révélées ces quarante dernières années suscitent un intérêt réel et croissant de la part d'un petit nombre d'acteurs, et ce, dans une très grande indifférence des opinions publiques.

Des ressources minérales terrestres parfois limitées et toujours plus chères

Les sociétés minières connaissent des coûts d'exploitation en hausse qui traduisent notamment des difficultés (d'ordre géologique) croissantes dans l'accès aux minerais. À cela s'ajoute l'inflation du coût des intrants (énergie), de celui de la main d'œuvre... Dans certaines régions (notamment en Afrique du Sud et au Chili), le secteur minier est particulièrement concerné par les problèmes de pénurie d'eau. Les gisements exploités actuellement n'ont plus les mêmes qualités que celles des gisements exploités dans le passé, en particulier du fait d'un taux de concentration en métal moindre.

De plus, l'industrie minière doit faire face à une pression politique et sociétale croissante qui l'oblige à limiter ses impacts sur l'environnement, même dans les pays où la réglementation est lacunaire, ou inappliquée.

Pour différents métaux stratégiques et certains métaux critiques, les spécialistes s'accordent sur leur passage prochain par un pic de production analogue au *Peak Oil* qu'a connu la filière pétrolière. Pour certains d'entre eux, les réserves sont estimées à quelques dizaines d'années de consommation, tout au plus : « Les ressources minérales profondes vont devenir un enjeu majeur. La France et l'Europe doivent se positionner rapidement » (François Fillon lors du Comité interministériel de la Mer en 2011).

Un premier constat s'impose : face à cette boulimie de matériaux très divers, aux effets environnementaux et sociaux souvent dévastateurs, il importe de définir des filières économiques **plus sobres** pour nous inscrire dans une véritable **économie circulaire** (recyclabilité, réemploi, réparation...). Pour s'en persuader, il suffit de prendre l'exemple des téléphones portables : il s'en fabrique chaque année entre 1,7 et 1,8 milliard dans le monde, alors que seuls un peu plus de 50 millions sont recyclés !

La concentration des ressources entre les mains de quelques-uns pose par ailleurs à nombre d'États un énorme problème d'approvisionnement. Si, en 1986, la Chine était le premier producteur mondial de « seulement » 5 matières premières minérales, elle l'est aujourd'hui de plus de 20 d'entre elles.

L'enjeu économique des ressources minérales marines est important non seulement pour la France, mais également pour l'Europe. L'économie européenne est largement dépendante, souvent à plus de 90 %, de ses importations de métaux. Toutes les prospections nécessaires ne pourront pas être menées par un seul pays.

« L'Europe devra se positionner du point de vue géopolitique par rapport aux autres grands pôles mondiaux, financer des recherches dans les eaux internationales et ne pas se restreindre à ses seules zones économiques exclusives (ZEE). C'est un enjeu majeur, si l'Europe veut conserver sa position de premier plan mondial du point de vue scien-

tifique et technologique et se positionner sur les enjeux économiques que constituent les ressources potentielles des grands fonds océaniques » (CNRS-Iframer).

Les promesses de l'océan profond : toutes les parts du gâteau pour quelques-uns ?

Au niveau international, face à la montée en puissance des projets d'exploration minière en mer profonde, le développement d'activités de recherche dans le domaine des grands fonds océaniques apparaît aujourd'hui primordial (notamment pour préciser le fonctionnement et la dynamique de ces écosystèmes particuliers), car les connaissances fondamentales concernant tant le biote que le milieu physique de l'océan profond sont encore très lacunaires. Les associations de protection de la nature (comme le mouvement France Nature Environnement) ne peuvent qu'être favorables à un développement en commun de ces recherches au plan mondial, la plupart des pays n'ayant pas, à eux seuls, la capacité de les mener. Cependant, le fait que ces recherches répondent à des intérêts privés, voire relèvent de la seule initiative privée, peut conduire à entourer d'une certaine confidentialité les informations acquises sur les ressources.

Autant des associations telles que la nôtre sont opposées au développement des recherches de nouvelles ressources énergétiques en mer (comme les hydrocarbures), autant il leur est difficile aujourd'hui d'avoir une position affirmée sur les recherches, puis sur l'exploitation des ressources minérales en mer. Les situations biogéologiques, les conditions même d'accès à ces ressources et de leur extraction, les impacts environnementaux à ce stade méconnus (même s'ils suscitent une certaine appréhension) – en un mot : une très grande diversité de situations potentielles – ne permettent guère, en toute franchise, d'avoir une position tranchée sur cette question, surtout pour des activités qui, pour l'essentiel, sont encore à venir, à des horizons plus ou moins lointains.

Un premier constat s'impose : les sociétés civiles (pour ne s'en tenir qu'à la France) sont peu ou très mal informées des enjeux liés à ces ressources. Au travers des associations ou des ONGE, la société civile devrait pouvoir accéder à des informations d'un niveau supérieur à celles qui sont aujourd'hui accessibles en rapprochant celles-ci, dans le cadre de structures *ad hoc*, des centres de recherche dévolus à cette activité. Surtout que l'extension du plateau continental français (de deux millions de km²) concerne avant tout nos outre-mers. Elle dessine pour ces territoires des opportunités de développement futur en termes de recherche, de retombées économiques, d'emplois et de formation, et donc d'intégration sociale. Associer les collectivités ultramarines à tous les niveaux décisionnels est une nécessité.

En Europe comme en France, la réglementation relative aux conditions d'accès à ces ressources dans les eaux sous souveraineté souffre d'un important retard. Notre Code minier, ici comme ailleurs, n'est pas adapté : il nous faut le réformer afin de l'adapter à la situation spécifique du pla-

teau continental étendu au sein des espaces maritimes. Comment, sans cela, pourrions-nous envisager une exploitation minière qui soit « propre et responsable » ?

Particulièrement lacunaire, la fiscalité en mer (et ses retombées financières potentielles – notamment pour les collectivités des « territoires adjacents ») n'offre aucune perspective claire. À ceux qui évoqueraient l'horizon lointain de l'exploitation de ces ressources, nous objecterons l'exemple de la taxe éolienne en mer, qui existe depuis plusieurs années déjà, alors qu'il n'y aura pas d'éolienne dans l'espace maritime français avant 2021 ou 2022 !)

Un encadrement juridique insuffisant au plan national et non encore stabilisé au plan international

Pour assurer un accès durable et équitable aux ressources minérales précédemment décrites, deux types de problème doivent être résolus. Des demandes de permis miniers ayant déjà été déposées pour des zones telles que le Pacifique occidental et des projets d'exploitation par grands fonds ayant, eux aussi, déjà vu le jour (notamment au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée), il est urgent de préciser la législation internationale sur ce point en veillant à tenir compte des droits des pays riverains et à ce que soit garanti à tous l'accès aux zones internationales.

C'est à l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) qu'il revient d'organiser et de promouvoir l'exploitation durable des fonds marins au-delà des limites des juridictions nationales (c'est-à-dire dans la « Zone ») et de protéger le milieu marin des effets préjudiciables de cette exploitation.

À ce jour, cette Autorité a émis les réglementations relatives à la prospection et à l'exploration des nodules polymétalliques dans la Zone (adoptées le 13 Juillet 2000, elles ont été mises à jour le 25 juillet 2013), les réglementations relatives à la prospection et à l'exploration des sulfures polymétalliques dans la Zone (adoptées le 7 mai 2010) et les réglementations relatives à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères (adoptées le 27 juillet 2012).

Ce faisant, l'AIFM a élaboré un véritable Code minier international, qui reste encore peu contraignant. Il n'en demeure pas moins que cette Autorité incite fortement les pays côtiers à s'inspirer de ce Code pour élaborer leur propre réglementation, ce que laisse entendre l'avis du 1^{er} février 2011 de la Chambre pour le règlement des différends du Tribunal international du droit de la mer. La France doit continuer à œuvrer au niveau international pour qu'un niveau de protection élevé des écosystèmes marins soit effectivement pris en compte dans les différents protocoles additionnels à la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM).

Les enjeux environnementaux

Les services écosystémiques qu'assurent les grands fonds marins commencent à peine à être connus, et donc reconnus. Cependant, le maintien et le fonctionnement de la biodiversité (parfois exceptionnelle, de par sa diversité et sa richesse) dans des habitats instables, fragiles

et fragmentés dépendent de processus géologiques mal connus : « *La connaissance scientifique reste encore partielle dans le domaine des processus géologiques, hydrothermaux et métallogéniques : la science n'est pas encore en situation de répondre quant à la vulnérabilité de ces systèmes ou leur capacité de résilience, et ainsi de contribuer efficacement à leur préservation* ».

(Source : Rapport 2014 de l'expertise scientifique collective Ifremer-CNRS sur « Les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources maritimes profondes » : <http://www.cnrs.fr/fr/pdf/inee/SyntheseESCo/pubData/source/SyntheseESCo.pdf>).

Par ailleurs, l'identification génétique des espèces est loin d'être complète. Il y a probablement sur place des espèces endémiques qui risquent d'être détruites par les activités d'extraction. L'essentiel de notre préoccupation est là : dans ces *hotspots* de biodiversité, nous ne comprenons pas bien les impacts que pourraient y avoir des activités minières.

Indéniablement, tous les processus miniers ont des impacts sur l'environnement. En ce qui concerne plus particulièrement les fonds marins : « *Ces impacts pourront être très localisés ou, au contraire, très étendus, d'une durée plus ou moins longue, et [ils] seront plus ou moins spécifiques selon la nature de la ressource exploitée, les spécificités des communautés biologiques associées à cette ressource, les caractéristiques de l'environnement, la vulnérabilité et les capacités d'adaptation des écosystèmes face à ces impacts. Si certains impacts ont été confirmés et précisés grâce à des simulations en laboratoire ou à des tests in situ à petite échelle, nombreux sont ceux qui restent à l'état d'hypothèses construites à partir des connaissances actuelles sur les technologies d'exploration (et surtout d'exploitation), ainsi que sur la biodiversité, les écosystèmes et les milieux associés aux ressources* » (Ibidem).

Bien sûr, les exploitants se veulent rassurants. Selon l'exploitant canadien Nautilus Minerals, il n'y a rien à craindre pour l'écosystème : ce sont en tout cas les conclusions de l'étude d'impact environnemental qu'il a réalisée. Toutes les précautions seront prises, assure la directrice de l'environnement de l'entreprise, Samantha Smith : « *De nombreux exemples ont montré que des environnements comme Solwara – en Papouasie-Nouvelle-Guinée – sont résilients aux perturbations, et même à des impacts causés par des tremblements de terre ou des éruptions volcaniques* ».

Comment envisager une compensation de l'impact de l'exploitation des grands fonds marins ?

Comment s'assurer que les exploitants pourront (ou voudront), par exemple, mettre en œuvre une démarche de type ERC (éviter, réduire, compenser), surtout là où les États sont peu regardants en matière de protection de l'environnement ?

Toute activité minière aura un impact négatif sur la biodiversité et sur les écosystèmes des sites exploités. Au-delà

de la question des retombées financières pour des acteurs nationaux ou territoriaux, nous sommes confrontés à la difficulté de la détermination de compensations claires et équilibrées de ces impacts (restauration écologique, accompagnement du post-mine...), qui soient équivalentes et homogènes à l'échelle planétaire, et ce quel que soit le site envisagé.

« *Nous avons développé plusieurs stratégies pour minimiser et compenser ces impacts* », insiste Samantha Smith. Par exemple, des robots sous-marins (drones) déplaceront les blocs de sédiments contenant la plus grande biomasse vers une zone refuge temporaire. Elle ajoute : « *Nous testons actuellement différents types de substrats artificiels, à Solwara, pour déterminer ceux qui seront les plus efficaces pour la relocalisation animale* ».

Mais, sur la base des connaissances actuelles, le milieu marin se prête encore plus difficilement que le milieu terrestre à la mise en œuvre de compensations non financières.

Trois types de milieu/ressource sont concernés

Un total de plus d'1,8 million de km² de fonds océaniques a déjà fait l'objet de dépôts de permis d'exploration, dont la moitié (sulfures hydrothermaux) concerne des activités dans les ZEE, qui ne dépendent pas de l'AIFM (celle-ci étant concernée prioritairement par les nodules présents dans la Zone).

Les nodules polymétalliques

Les modèles géologiques actuels attribuent une origine exclusivement sédimentaire aux nodules polymétalliques. Ceux-ci sont présents à une profondeur qui, d'un océan à l'autre, varie, généralement, entre 3 000 et 5 500 mètres. La taille de ces nodules se situe, en moyenne, entre 5 et 10 cm. Ils sont de formes diverses, souvent composites (par agglomération de plusieurs nodules) et présentent des répartitions hétérogènes sur le fond océanique qui impliquent un travail fin de cartographie et d'échantillonnage. Le taux de croissance des nodules est estimé entre 5 et 10 millimètres par million d'années. Les nodules mettant des millions d'années à se former, leur extraction et la destruction complète de leur épifaune entraînent des changements radicaux, à très long terme, dans l'écosystème benthique local.

À ce jour, l'exploitation des nodules n'a pas encore abouti, pour diverses raisons : incertitude sur la rentabilité de leur exploitation, coût des traitements métallurgiques, problèmes politiques liés au droit de la mer, fluctuations du cours des métaux et questions concernant l'impact environnemental de leur extraction sur de grandes surfaces.

Les encroûtements métallifères

À l'instar des nodules, les encroûtements métallifères sont essentiellement constitués d'hydroxyde de fer et d'oxyde de manganèse. Ils sont, en moyenne, trois fois plus riches en cobalt que les nodules et présentent souvent de fortes teneurs en platine et en tellure. Les encroûtements atteignent de quelques centimètres à vingt-cinq centimètres d'épaisseur et couvrent des surfaces de plusieurs

kilomètres carrés. Ils se déposent généralement sur des substrats indurés et on les trouve à des profondeurs variant entre 400 et 4 000 mètres.

De manière générale, ils sont associés à des zones à très faible teneur en oxygène qui sont présentes dans la plupart des océans. Ils résultent de la forte productivité biologique constatée en surface et d'un apport en matière organique aux eaux plus profondes. **Les récifs coralliens et les monts sous-marins sont connus pour être, en règle générale, des points chauds de biodiversité.** Mais l'ampleur de la perte de biodiversité liée à l'exploitation minière des encroûtements métallifères dépendra fortement de chaque site : elle ne saurait être extrapolée d'un site à l'autre.

Les dépôts (riches en cobalt et en platine) présentant le plus fort potentiel économique se situent en Polynésie. Contrairement aux sulfures hydrothermaux et aux nodules polymétalliques, peu d'études se sont focalisées sur le potentiel minier des encroûtements hydrogénétiques.

« Bien que toujours incertaines, les estimations de ressources qui ont été réalisées dans cette zone montrent que celle-ci renferme presque deux mille fois plus de thallium, quatre fois plus de cobalt et neuf fois plus de tellure que la totalité des ressources terrestres globales – directement exploitables et d'importance économique moindre – réunies. »

Les sulfures hydrothermaux

Même si l'inventaire est incomplet, plusieurs champs hydrothermaux présentent des dimensions et des teneurs de minéralisation similaires à celles de mines exploitées à terre (c'est-à-dire allant de plusieurs millions à plusieurs dizaines de millions de tonnes de minerai exploitable).

En revanche, la profondeur à laquelle se trouve la plupart des dépôts hydrothermaux d'intérêt économique potentiel est comprise entre 1 500 et 3 500 mètres de profondeur. Contrairement aux vastes zones exploitables de nodules polymétalliques, les gisements de sulfures hydrothermaux représentent typiquement des zones de moins d'un kilomètre carré. Les gisements matures inactifs (ceux dont la croissance est achevée) constituent les ressources principales

Les points de vigilance soulevés par l'exploitation de tels systèmes en conduite d'opérations normale sont nombreux. Il s'agit notamment :

- de la destruction du milieu (habitat et faune) provoquée par l'extraction dans la zone exploitée,
- de la mise en suspension dans l'eau de sédiments et de particules métalliques et de l'effet de leur re-déposition (par exemple, l'étouffement des organismes marins fixés) sur une zone très étendue,
- des vibrations induites par l'extraction : les impacts acoustiques (bruit occasionné par les moteurs, les pompes et autres systèmes d'exploitation) sur une partie de la faune (par exemple, un certain nombre de cétacés sont capables de descendre à plus de 2 000 mètres de profondeur pour y chasser leurs proies),
- des perturbations de la lumière dans la zone photique (allant de la surface jusqu'à 200 mètres de profondeur en haute mer),

- du possible impact d'une pollution électromagnétique,
- du transfert de masses d'eau ayant des caractéristiques physico-chimiques différentes,
- du rejet de particules fines (même après filtration de l'eau rejetée par les installations), qui sont encore plus dangereuses pour les espèces vivantes que les grosses particules,
- de la dispersion de minerais, en éléments de toutes tailles, depuis le navire (avec le risque de se retrouver dans une situation de fertilisation locale artificielle).

À ces points de vigilance s'ajoute le cas d'une dispersion accidentelle de minerai lors des transferts sur le navire, d'éventuelles ruptures ou fuites de l'unité de remontée, comme de pollutions chimiques diverses liées à des procédés d'hydrométallurgie et de pyrométallurgie.

En résumé, les caractéristiques des techniques d'exploitation restent encore mal définies ou confidentielles. **Pour ces diverses raisons, le rejet de déchets dans la zone photique est fortement déconseillé depuis plus de dix ans par la communauté scientifique.**

Les espèces migratrices pourraient aussi être confrontées à des pollutions électromagnétique et acoustique liées à l'introduction importante d'énergie au sein de l'écosystème par les engins de collecte et les dispositifs de remontée du minerai.

Pour le rejet des déchets miniers (eau de fond, sédiments, débris de minerai), une modification du pH, de la température et/ou de l'apport en nutriments entraînerait une modification de la production primaire, ce qui aurait une influence sur les cycles du carbone, du phosphore, des sulfures, de l'oxygène, et donc générerait des perturbations dans l'organisation des écosystèmes.

L'intégration de métaux lourds dans ces organismes profonds représente un risque potentiel de rendre impropres à la consommation des espèces commercialisables, en fonction des connectivités pouvant exister localement entre écosystèmes. L'augmentation potentielle des concentrations en métaux lourds et en autres composés toxiques dans les rejets auront aussi un impact sur la biodiversité de l'écosystème exploité.

Les connaissances manquent encore largement en ce qui concerne de nombreux compartiments, tels que la faune et la flore microbienne des environnements hydrothermaux anciens éloignés des zones actives ou la microbiologie des environnements de nodules et des encroûtements. L'effet cumulatif des différents impacts de l'exploitation minière et/ou leur synergie avec les impacts d'autres activités anthropiques ou de phénomènes climatiques nécessite également d'être étudié. Il faut également s'interroger sur les relations pouvant exister entre communautés à des échelles plus larges que les environnements directement ciblés par l'exploitation des ressources minérales, et sur la capacité des écosystèmes à répondre aux perturbations.

« Il existe toutefois des situations où la zone d'incertitude de l'évaluation est considérable, renvoyant à une situation d'ambiguïté. La décision ne pouvant s'appuyer sur une évaluation du risque, elle relève dès lors du régime de précaution ».

Prix du carbone et compétitivité ⁽¹⁾

Par **Fabrice DAMBRINE**

Ingénieur général des mines, conseiller d'État en service extraordinaire et président de la section « Innovation, compétitivité et modernisation » au Conseil général de l'Économie

et **François VALÉRIAN**

Ingénieur général des mines, rédacteur en chef des Annales des Mines et professeur associé de finance au Conservatoire national des Arts et Métiers

La France est en Europe, derrière le Luxembourg, le pays dont les émissions de CO₂ d'origine énergétique et industrielle rapportées au PIB sont les plus faibles. Or, un prélèvement financier sur les émissions carbonées diminue à la fois le profit et la production du secteur carboné impacté, ces effets étant d'autant plus marqués que l'accroissement du prélèvement et le degré de carbonation du secteur sont importants. L'exposition du secteur à la concurrence internationale amplifie ces effets tout en réduisant l'impact sur la réduction des émissions carbonées, cet impact pouvant même s'annuler ou s'inverser si les secteurs des pays dont proviennent les importations sont davantage carbonés. Si toutefois des prélèvements sur les émissions carbonées sont décidés pour satisfaire à des objectifs environnementaux, il convient alors de réinvestir dans l'économie l'intégralité des sommes prélevées afin de limiter les effets négatifs des prélèvements.

L'expression « prix du carbone » est trompeuse, car il s'agit en réalité d'un montant à acquitter pour avoir le droit d'émettre dans l'atmosphère du dioxyde de carbone ou d'autres gaz à effet de serre. Il est donc plus proche d'un prélèvement décidé par la puissance publique que du prix que l'on paie pour acquérir un bien.

Le sujet du prix du carbone suscite depuis plusieurs années des débats importants, les partisans d'un prix élevé y voyant le moyen principal de réduire des émissions qui, selon la communauté scientifique, sont la cause principale du changement climatique.

Il importe donc de réfléchir à l'impact économique des prélèvements opérés sur les émissions carbonées. Les économies des pays européens ne sont pas toutes dans la même situation par rapport aux émissions carbonées ; l'économie française, peu carbonée en termes relatifs, court néanmoins un risque de compétitivité, si des prélèvements carbone y sont décidés sans coordination avec les pays voisins. De plus, le réinvestissement des sommes prélevées dans l'économie est de première importance.

Les émissions carbonées et l'économie des pays

Le marché européen des émissions et les différents pays participants

Les secteurs couverts par le marché européen *Emissions Trading System* (ETS), dénommés ci-après « secteurs couverts », ont émis 1 776 Mt CO₂ éq. ⁽²⁾ en 2015, soit environ 45 % du total des émissions des 31 pays partici-

pants (UE 28 + Islande, Liechtenstein et Norvège). Il existe cependant une grande disparité dans les contributions des pays et des secteurs économiques aux émissions, comme l'illustrent les Figures 1 à 4.

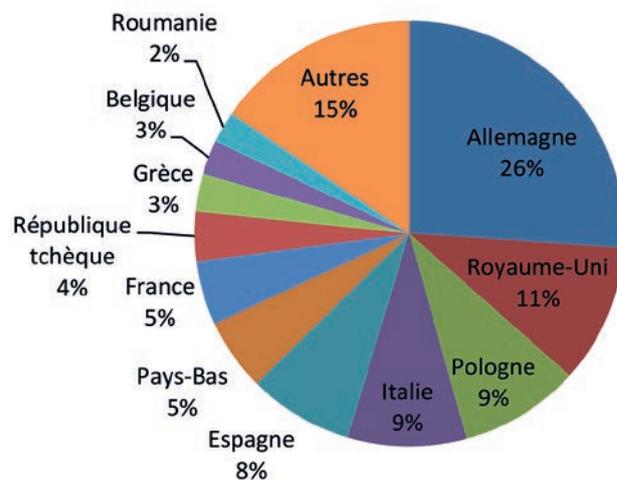


Figure 1 : Contributions des pays aux émissions vérifiées en 2015 dans les secteurs couverts par le marché européen des ETS. Sources : Agence européenne de l'Environnement, calculs auteurs.

(1) L'article présente les travaux réalisés par ses auteurs dans le cadre d'une mission confiée en 2016 par la ministre de l'Environnement à Messieurs Canfin, Grandjean et Mestrallet sur le prix du carbone. Une version résumée de ces travaux a été publiée en annexe du rapport de cette mission. Le présent article n'engage toutefois que ses auteurs.

(2) Les gaz couverts sont les suivants : le CO₂ de la combustion, des industries et de l'aviation, le N₂O de la chimie et les perfluorocarbones de la production d'aluminium.

2015 Emissions vérifiées en Mt CO2 eq.	Aviation	Combustion	Raffinage + coke	Métallurgie	Minéraux non métalliques (incl. ciment et chaux)	Papier	Chimie	Autres activités sous art. 24	Total	%
Autriche	1,005	7,514	2,804	12,174	4,238	1,644	1,004	0,114	30,497	1,72%
Belgique	1,272	20,341	10,255	1,355	7,455	0,784	4,440	0,074	45,978	2,59%
Bulgarie	0,262	17,070	0,007	0,054	1,796	0,094	0,000	0,000	19,281	1,09%
Croatie	0,154	3,270	1,320	0,023	2,255	0,457	1,519	0,000	8,998	0,51%
Chypre	0,003	3,023	0,000	0,000	1,346	0,000	0,000	0,000	4,372	0,25%
République tchèque	0,423	53,279	1,028	5,837	4,666	0,019	1,281	0,062	66,595	3,75%
Danemark	0,532	12,757	0,991	0,000	2,034	0,013	0,000	0,000	16,327	0,92%
Estonie	0,073	10,764	0,626	0,000	0,458	0,047	0,000	0,000	11,968	0,67%
Finlande	0,952	12,751	2,913	4,866	1,406	2,568	0,943	0,041	26,439	1,49%
France	3,873	38,619	10,179	12,206	15,048	2,055	4,975	0,000	86,955	4,90%
Allemagne	8,912	333,376	27,385	35,905	34,695	5,587	17,504	0,000	463,365	26,09%
Grèce	0,934	36,819	5,517	1,056	6,093	0,109	0,282	0,000	50,810	2,86%
Hongrie	0,000	11,317	0,022	6,450	1,226	0,230	0,239	0,000	19,483	1,10%
Islande	0,548	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,811	2,360	0,13%
Irlande	8,525	13,601	0,358	0,000	2,874	0,000	0,000	0,000	25,359	1,43%
Italie	1,976	95,413	18,989	11,177	20,426	4,000	5,690	0,453	158,125	8,90%
Lettonie	0,011	1,218	0,000	0,023	0,750	0,000	0,002	0,040	2,044	0,12%
Lithuanie	0,055	1,277	1,756	0,000	1,010	0,030	2,772	0,000	6,900	0,39%
Luxembourg	0,239	0,419	0,000	0,472	0,770	0,000	0,000	0,000	1,900	0,11%
Malte	0,245	0,890	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,135	0,06%
Pays-Bas	2,334	64,047	11,229	6,503	1,700	1,054	9,637	0,000	96,503	5,43%
Norvège	2,247	14,246	0,328	4,877	1,597	0,147	2,069	0,000	25,512	1,44%
Pologne	0,216	136,257	2,641	5,863	10,144	1,418	5,382	0,000	161,921	9,12%
Portugal	1,275	16,819	2,547	0,191	2,854	0,473	0,091	0,000	24,251	1,37%
Roumanie	0,571	33,699	1,201	0,880	6,218	0,122	0,272	0,000	42,963	2,42%
Slovaquie	0,021	14,519	1,146	0,658	3,287	0,131	1,440	0,000	21,203	1,19%
Slovénie	0,088	4,653	0,000	0,422	0,740	0,294	0,000	0,000	6,197	0,35%
Espagne	4,102	80,814	14,379	10,341	22,193	3,003	6,542	0,000	141,374	7,96%
Suède	2,786	4,533	2,865	5,290	3,337	0,644	0,853	0,061	20,370	1,15%
Royaume-Uni	10,978	127,501	16,433	12,610	11,842	1,483	5,642	0,271	186,761	10,52%
Total	54,613	1170,805	136,922	139,231	172,459	26,406	72,579	2,927	1775,943	100,00%
%	3,08%	65,93%	7,71%	7,84%	9,71%	1,49%	4,09%	0,16%	100,00%	

Figure 2 : Contributions des pays et des secteurs économiques aux émissions réelles vérifiées en 2015 dans les secteurs couverts par le marché européen des ETS.

Sources : Agence européenne de l'Environnement, calculs auteurs.

Note : La combustion recouvre, selon le texte de l'AEE, les centrales électriques et à chaleur « de plus de 20 MW », à l'exception des centrales municipales et des stations d'incinération de déchets dangereux. Au titre de l'aviation, on attribue à chaque pays toutes les émissions des opérateurs aériens auxquels il a accordé une licence et les émissions des opérateurs non européens qui attribuent au pays considéré la plus grande partie de leurs émissions européennes. Les émissions du Liechtenstein sont comptabilisées à zéro en 2015.

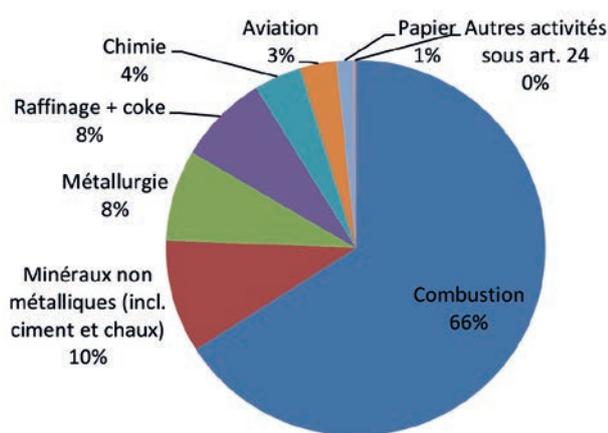


Figure 3 : Contributions des secteurs couverts par le marché européen des ETS aux émissions vérifiées en 2015.

Sources : Agence européenne de l'Environnement, calculs auteurs.

Situations relatives des pays par rapport aux émissions de CO₂ éq. dans les secteurs couverts

La situation est très différente d'un pays à l'autre du fait de deux facteurs :

- le poids des secteurs couverts dans le PIB du pays considéré ;
- le degré de carbonation⁽³⁾ des secteurs couverts dans le pays considéré.

Les Figures 6 et 7 illustrent cette diversité des situations nationales dans les principaux pays de l'ETS européen et les faibles émissions françaises par rapport à celles des autres pays.

Si l'on regarde plus en détail la situation française, on voit que les secteurs industriels couverts sont, à l'exception de la chimie et, dans une certaine mesure, de la combustion, stagnants ou déclinants en termes de chiffres d'affaires, et très exposés à la concurrence internationale (voir la Figure 5).

(3) Nous entendons par carbonation les émissions de CO₂ éq. rapportées au PIB dans le cas d'un pays ou d'un secteur, ou à une production particulière en volume plus loin dans le texte.

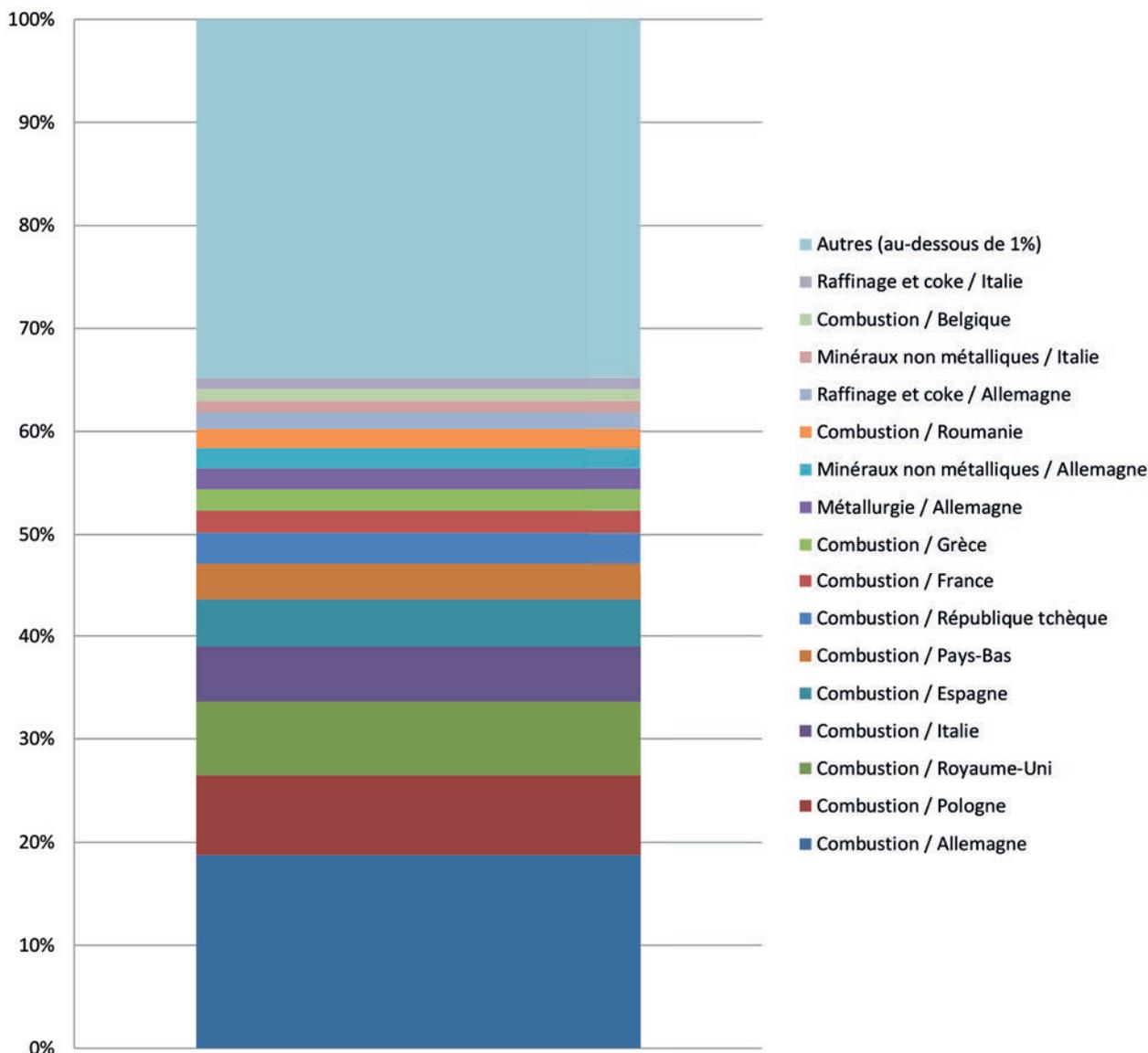


Figure 4 : Contributions des secteurs nationaux couverts par le marché européen des ETS aux émissions vérifiées en 2015. Sources : Agence Européenne de l'Environnement, calculs auteurs.

Secteur	TCAM 06-13 du PIB sectoriel	Degré d'ouverture internationale	kg CO ₂ émis par PIB sectoriel
Combustion	0,4%	3%	1,2
Raffinage + coke	0,0%	88%	5,4
Métallurgie	-0,9%	83%	0,5
Minéraux non métalliques (incl. ciment et chaux)	-1,2%	76%	2,0
Papier	-1,3%	56%	0,5
Chimie	2,4%	142%	0,3

Figure 5 : France, secteurs couverts (hors aviation) : taux de croissance annuel moyen 2006-2013, degré d'ouverture internationale (exportations+importations)/production domestique, taux d'émissions. Sources : Agence européenne de l'Environnement, Eurostat, KOLÉDA (Gilles), « Allègements du coût du travail : pour une voie favorable à la compétitivité française », La Fabrique de l'Industrie, 2015, calculs auteurs.

Les effets d'un prélèvement carbone accru sur la compétitivité économique

La modélisation des effets

Nous analysons dans cette partie, au travers de modèles simples, les effets d'un prélèvement carbone accru sur un secteur carboné industriel ou sur le secteur électrique.

Impact économique d'une taxe carbone ou du renchérissement de la tonne de carbone sur un secteur carboné industriel

L'analyse qui suit consiste en une modélisation de l'impact économique d'une taxe carbone ou d'un renchérissement de la tonne de carbone sur un secteur industriel, dont la production engendre des émissions carbonées.

On suppose un secteur à un seul produit (par exemple, de l'acier ou du ciment), avec une fonction de demande en

Degré de carbonation des secteurs couverts
(kg de CO₂ éq. émis par € de PIB des secteurs couverts)

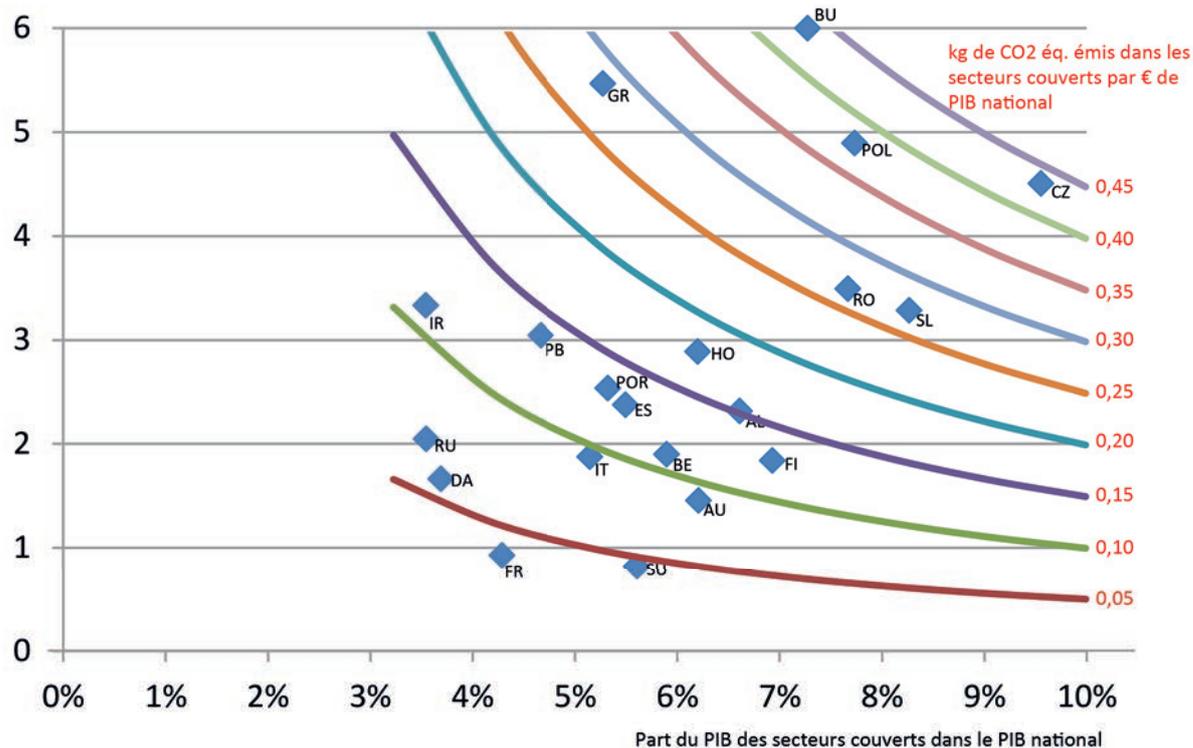


Figure 6 : Degré de carbonation des secteurs couverts, part des secteurs couverts dans le PIB national et émissions des secteurs couverts rapportées au PIB dans les principaux pays du marché ETS européen.

Sources : Agence européenne de l'Environnement, Eurostat, calculs auteurs.

Note : L'ordonnée « y » représente, pour l'ensemble des secteurs couverts, le rapport de leurs émissions de CO₂ éq. sur leur PIB sectoriel, exprimé en kg CO₂ éq./€ ($y = \text{Émissions}_{SC} / \text{PIB}_{SC}$) ; l'abscisse « x » représente le rapport du PIB des secteurs couverts sur le PIB national total ($x = \text{PIB}_{SC} / \text{PIB}_{\text{total}}$). Par exemple, pour la France, le PIB des secteurs couverts représente 4,3 % du PIB national (soit environ 90 Mds euros pour un PIB annuel d'environ 2 100 Mds d'euros), et leur intensité carbone est d'un peu plus de 0,9 kg éq. CO₂/€ de leur propre PIB.

Le produit xy représente donc le rapport des émissions des secteurs couverts sur le PIB national en kg CO₂ éq./€. Chaque courbe réunit les points pour lesquels ce rapport est constant et égal à q kg/€ (l'équation de la courbe est donc $xy = q$).

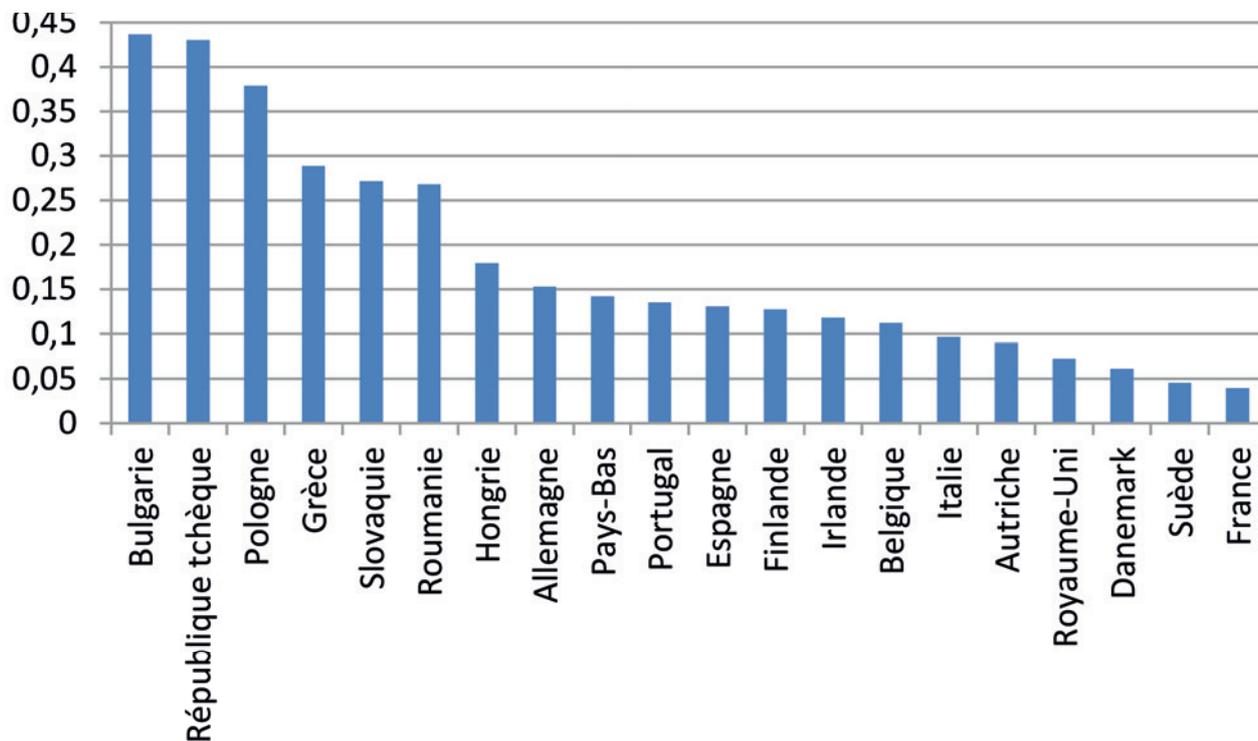


Figure 7 : Émissions des secteurs couverts en kg de CO₂ par euros de PIB dans les principaux pays du marché ETS européen.

Sources : Agence européenne de l'Environnement, Eurostat, calculs auteurs.

décroissance linéaire par rapport au prix et une fonction de coût des entreprises avec coûts fixes et coûts variables d'ordre 1 ⁽⁴⁾.

État 0 / Secteur sans prélèvement carbone et à l'abri des importations

- La courbe prix/demande $p(q)$ du produit, avec p le prix du marché et q la quantité demandée/vendue, est linéaire : $p(q) = a - bq$;
- le coût de production d'une quantité q est $c(q) = c_f + c_m q$ (c_f coût fixe et c_m coût marginal de production).

On suppose que le secteur compte un seul producteur. La maximisation du profit du producteur $p(q)q - c(q)$ se fait si et seulement si $qdp/dq + p - c_m = 0$ (annulation de la dérivée du profit exprimé en fonction des quantités vendues) :

Soit $a - c_m - 2bq = 0$, ce qui donne ⁽⁵⁾ :

$$q_0 = \frac{(a - c_m)}{2b} \text{ et } p_0 = \frac{(a + c_m)}{2}$$

Le profit ainsi maximisé Π_0 est égal à $p_0 q_0 - c_m q_0 - c_f$, soit :

$$\Pi_0 = \frac{(a - c_m)^2}{4b} - c_f$$

Si λ est le degré de carbonation du secteur, λ étant défini comme le nombre de tonnes de CO_2 éq. émises par unité de produit, le total des émissions du secteur dans l'état 0 est de :

$$E_0 = \lambda q_0 = \frac{\lambda (a - c_m)}{2b}$$

État 1 / Secteur avec prélèvement carbone et à l'abri des importations

On introduit un prélèvement carbone, dont le montant global est $e q$, e étant le prélèvement carbone par unité de volume produit, qui dépend du montant du prélèvement par tonne de CO_2 émise et du degré λ de carbonation du secteur selon la relation :

$$e = \tau \lambda$$

Le coût marginal de production passe donc de c_m à $c_m + e$ et l'on obtient en maximisant à nouveau le profit du producteur une production moindre, un prix plus élevé et un profit moindre que dans l'état 0.

$$q_1 = \frac{a - c_m - e}{2b} \text{ avec } \Delta q = \frac{(-e)}{2b}$$

$$p_1 = \frac{(a + c_m + e)}{2}$$

$$\Pi_1 = \frac{(a - c_m - e)^2}{4b} - c_f$$

La variation négative de profit est alors égale à :

$\Pi_1 - \Pi_0 = \frac{-e(2a - 2c_m - e)}{4b}$ négatif et d'autant plus grand en valeur absolue que e est élevé (e reste inférieur à $a - c_m$, faute de quoi il n'y aurait aucun intérêt à produire, le coût marginal de production devenant supérieur au prix de vente).

Le prélèvement carbone permet de réduire les émissions, la variation négative des émissions étant de :

$$\Delta E = E_1 - E_0 = \lambda(q_1 - q_0) = \frac{-\lambda e}{2b} = \frac{-\lambda^2 \tau}{2b}$$

$$\text{Avec } E_1 = \frac{\lambda(a - c_m - \lambda \tau)}{2b}$$

On peut donc conclure de l'état 1 les points suivants :

- la diminution de profit est d'autant plus grande que le taux de prélèvement à la tonne de CO_2 est élevé ;
- la diminution de profit est d'autant plus grande que le degré de carbonation du secteur est important ;
- la diminution de production est d'autant plus grande que le taux de prélèvement à la tonne de CO_2 est élevé ;
- la diminution de production est d'autant plus grande que le degré de carbonation du secteur est important ;
- la réduction des émissions est proportionnelle au taux de prélèvement à la tonne de CO_2 et au carré du taux de carbonation du secteur (le taux de carbonation a un double effet, à la fois sur les émissions évitées par unité de produit et sur la diminution de la production).
- enfin, tous ces effets sont d'autant plus élevés que la sensibilité de la demande au prix est forte (b faible).

État 2 / Secteur avec prélèvement carbone et exposé aux importations

On suppose désormais que la hausse des prix provoquée par le prélèvement carbone permet à des importateurs, au-dessus d'un certain prix p_i tel que p_i est supérieur à p_0 , mais inférieur à p_1 , de prendre une part de marché ρ qui est une fraction du marché total.

$$\text{On a donc } \frac{(a + c_m)}{2} < p_i < \frac{a + c_m + e}{2}$$

On suppose que les importateurs sont dans une perspective de conquête du marché et donc qu'ils n'optimisent pas leur profit, mais s'emparent de la part de marché ρ dès que le prix de marché atteint p_i qui est égal à leur coût marginal de production. Le prix du marché reste alors égal à p_i et s'impose aux producteurs domestiques comme une variable exogène. De ce fait, ils ne peuvent non plus jouer sur la quantité et prennent ce que leur laissent les importateurs. On a donc :

$p_i = a - bq$, avec $q = q_2 + q_i$, où q_2 est la production domestique dans l'état 2 et est égale à $(1 - \rho)q$

$$q_2 = \frac{(1 - \rho)(a - p_i)}{b}$$

$$\Pi_2 = \frac{(p_i - c_m - e)(1 - \rho)(a - p_i)}{b} - c_f \text{ et est inférieur à } \Pi_1 \text{ qui maximise } \frac{(p_i - c_m - e)(1 - \rho)(a - p_i)}{b} - c_f \text{ en fonction de } p_i$$

Π_2 est d'autant plus faible que la pénétration ρ est importante. Il est d'autant plus faible que le prix p_i , auquel se font les importations est peu élevé (cas d'un secteur de commodités très exposé à la concurrence internationale). Les émissions domestiques dans l'état 2 sont $E_2 = \lambda_d \frac{(1 - \rho)(a - p_i)}{b}$, où λ_d est le taux de carbonation des producteurs domestiques.

(4) Supposer un terme d'ordre 2 dans la fonction de coût ne changerait pas les conclusions, mais alourdirait les calculs.

(5) a est supérieur à c_m , faute de quoi il n'y aurait pas de production.

La variation négative des émissions domestiques entre l'état 0 et l'état 2 est de :

$$\Delta E = E_2 - E_0 = \frac{\lambda_d(1-\rho)(a-p_i)}{b} - \frac{\lambda_d(a-c_m)}{2b} = \frac{\lambda_d[a+c_m-2p_i-2\rho(a-p_i)]}{2b}$$

négatif car $p_i > p_0 = \frac{a+c_m}{2}$

Cette variation négative s'accompagne cependant d'une variation positive des émissions liées aux importations. Ces émissions sont égales à :

$$\Delta E_i = \frac{\lambda_i \rho (a-p_i)}{b}, \text{ où } \lambda_i \text{ est le taux de carbonation des importateurs.}$$

On peut ainsi définir entre l'état 0 et l'état 2 un taux de fuite carbone

$$F_{2/0} = - \frac{\text{(émissions produites par la hausse des importations)}}{\text{(émissions évitées par la baisse de la production domestique)}} \\ = \frac{-2\lambda_i \rho (a-p_i)}{\lambda_d [a+c_m-2p_i-2\rho(a-p_i)]}$$

$F_{2/0}$ est d'autant plus grand que la pénétration ρ des importations est importante, et que le prix auquel elle se fait est faible.

$F_{2/0}$ est d'autant plus grand que le rapport λ_i/λ_d de la carbonation importée sur la carbonation domestique est important.

Si le taux de carbonation λ_i des produits importés est inférieur ou égal au taux de carbonation domestique λ_d , $F_{2/0}$ est toujours inférieur à 100 %.

Par contre, le taux de fuite peut être supérieur à 100 % si le taux de carbonation λ_i des produits importés est supérieur au taux de carbonation domestique λ_d .

On peut donc conclure de l'état 2 les points suivants :

- un accroissement des importations provoqué par un prélèvement carbone diminue le profit des producteurs domestiques ;
- la diminution de profit est d'autant plus importante que le secteur est exposé à la concurrence internationale, avec des importations potentiellement massives (part de marché) et aisées (faible barrière de prix) ;
- ces importations causent des fuites d'émissions carbonées, le taux de fuite étant d'autant plus important que les productions importées sont carbonées par rapport aux productions domestiques, et que la pénétration des importations est massive et aisée.

Enfin, comme on le voit dans l'état 1, la possibilité pour les entreprises de transférer sur leurs clients une partie significative du prélèvement carbone ne signifie pas que leurs volumes et leurs profits sont inchangés, ni que les marges ou le pouvoir d'achat des clients ne sont pas impactés par la hausse du prix.

Impact économique d'une taxe carbone ou du renchérissement de la tonne de carbone sur le secteur électrique

L'introduction d'un prélèvement carbone sur le secteur électrique présente une problématique analogue à celle exposée plus haut. Le prélèvement carbone pourrait

changer l'ordre de marginalité des différents types de centrale et diminuer ainsi les émissions carbonées, mais le niveau de prélèvement nécessaire dépend des prix très variables des combustibles. L'effet de hausse des prix sur la demande d'électricité contribue aussi à cette diminution des émissions carbonées. Cependant, la hausse des coûts marginaux de production cause aussi un recours accru aux importations d'électricité, ce qui diminue la production domestique et suscite des fuites carbonées, d'autant plus fortes que l'électricité importée est plus carbonée que l'électricité domestique effacée.

On peut aussi envisager le prélèvement carbone comme un moyen de substituer à une production électrique par le charbon, très émettrice de CO_2 , une production par le gaz qui est moins émettrice, et l'on cite souvent ⁽⁶⁾ un niveau de prélèvement carbone de 30 euros par tonne comme permettant une substitution du gaz au charbon. Cette situation se vérifie depuis le début de 2016 du fait des niveaux absolus et relatifs des prix du gaz et du charbon, mais si l'on applique rétroactivement ce montant de prélèvement sur les séries de prix 2006-2016 des contrats futurs à un mois, on constate que pour réaliser cette substitution, il aurait fallu sur la période 2011-2015 un niveau de prélèvement sensiblement supérieur à 30 euros (voir la Figure 8), avec des effets encore plus importants sur le prix de l'électricité.

Ce résultat se vérifie pour des hypothèses différentes de rendement des centrales à gaz et au charbon, l'une favorable au charbon avec 50 % de rendement pour le gaz et 38 % de rendement pour le charbon, l'autre favorable au gaz avec 52 % de rendement pour le gaz et 36 % de rendement pour le charbon. Il s'explique par les évolutions absolues et relatives des prix du gaz et du charbon (voir la Figure 9), qui font varier considérablement le niveau de prélèvement assurant la neutralité entre gaz et charbon (voir la Figure 8).

Pour réaliser les graphiques correspondant aux figures 8 et 9 nous avons construit le modèle suivant.

Soit :

- r : rendement électrique de la centrale (MWh électriques produits/MWh thermiques consommés) ;
- C : facteur d'émission CO_2 (t CO_2 émises/MWh th) :
 - $C_{\text{charbon}} = 343 \text{ kg } CO_2/\text{MWh th}$,
 - $C_{\text{gaz}} = 206 \text{ kg } CO_2/\text{MWh th}$;
- P : prix du combustible (€/MWh) ;
- T : montant de la taxe carbone (€/t CO_2).

On appelle « neutralité carbone » le différentiel de prix, exprimé en €/MWh th, entre le prix du gaz (indice g) et celui du charbon (indice c) $\Delta P_{g/c}$, qui égalise les coûts variables (combustible+taxe carbone) correspondant à la production de 1 MWh él. ; autrement dit, le différentiel de prix qui rend indifférent la production soit à base de charbon, soit à base de gaz.

(6) RTE, Signal prix du CO_2 , analyse de son impact sur le système électrique européen, 2016.

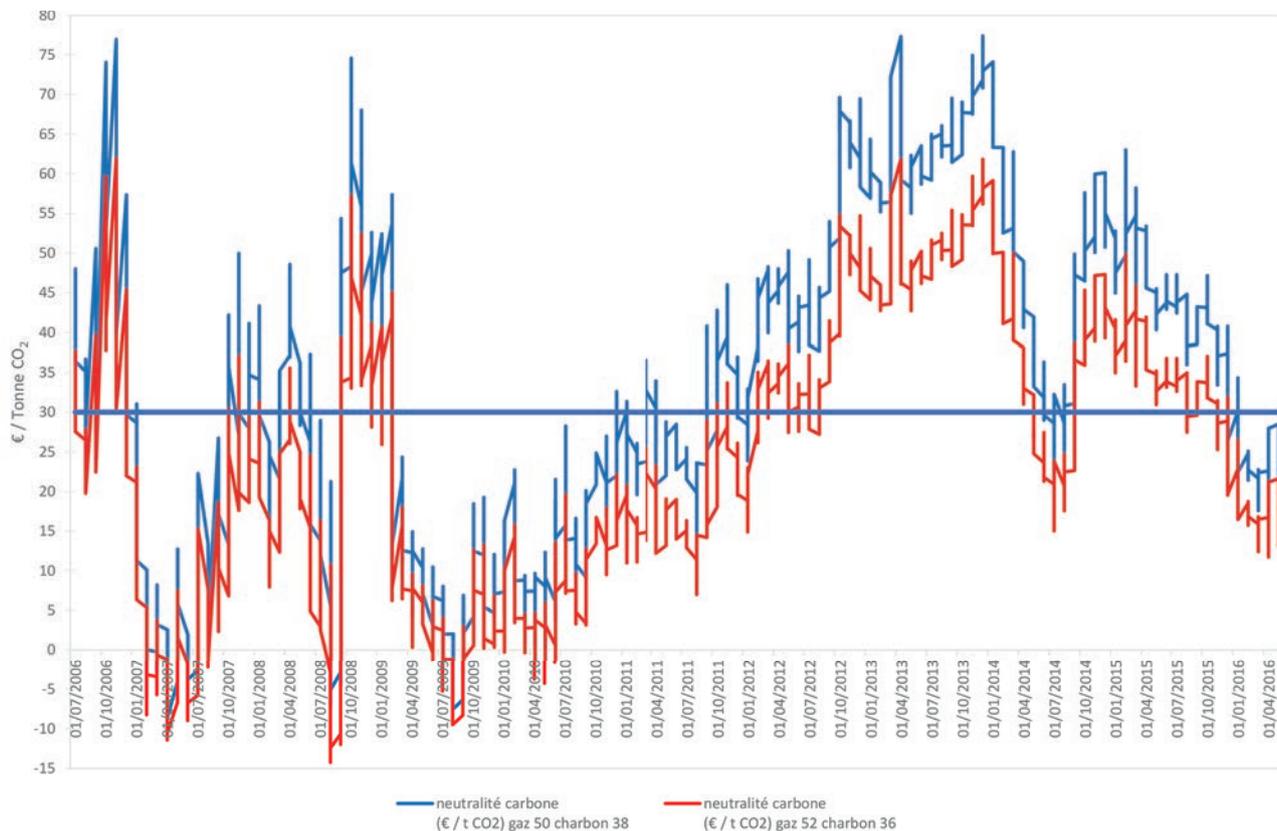


Figure 8 : Évolution du prélèvement carbone qui aurait assuré la neutralité entre gaz et charbon selon deux hypothèses de rendements des centrales (juillet 2006-mai 2016).

Source : *Modèle des auteurs. La production à partir de charbon est moins coûteuse que celle à partir de gaz quand le prélèvement carbone réel est au-dessous de la courbe de neutralité. Elle est plus coûteuse quand le prélèvement est au-dessus de la courbe.*

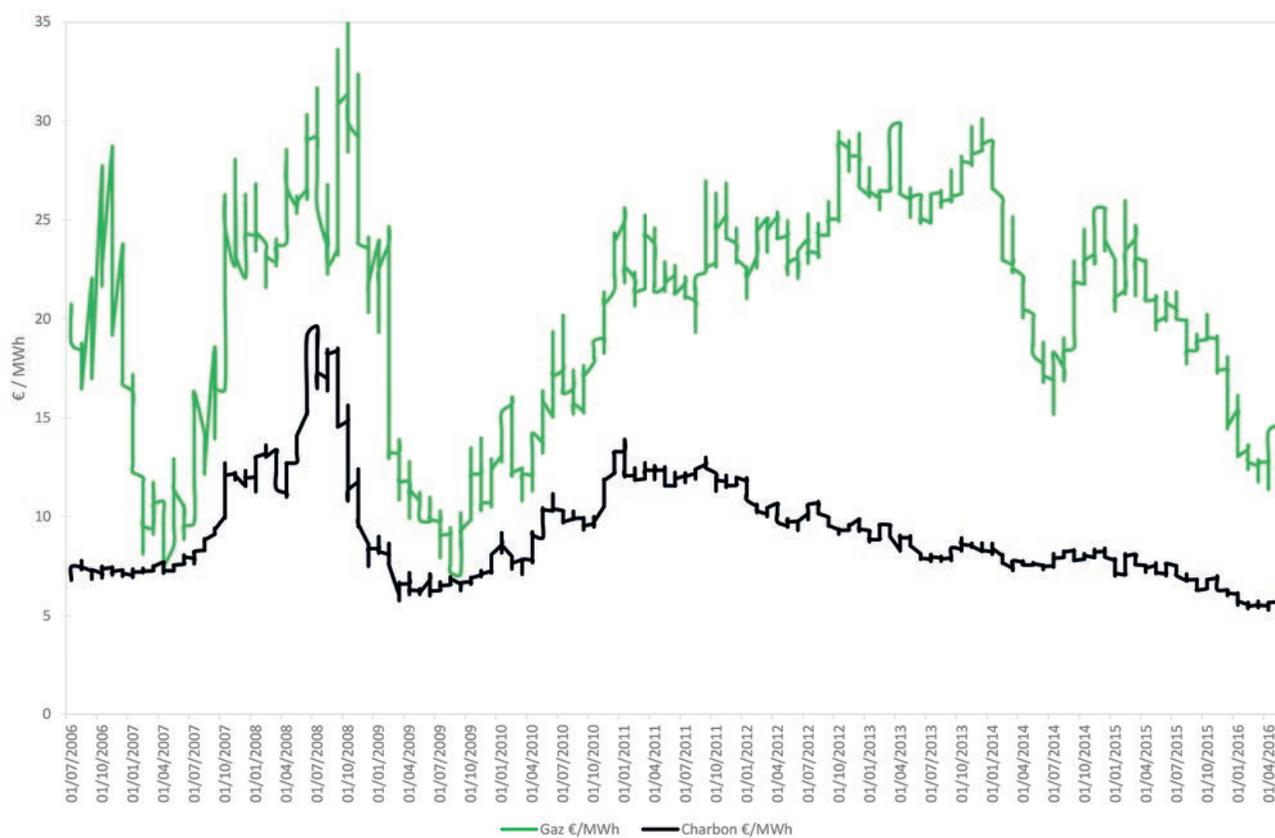


Figure 9 : Évolution des prix du gaz et du charbon en euros par MWh thermique (juillet 2006-mai 2016).

La condition de neutralité carbone correspond à :

$$\frac{1}{r_c} (P_c + T.C_c) = \frac{1}{r_g} (P_g + T.C_g)$$

Ce qui donne :

$$\Delta P_{g/c} = P_g - P_c = P_c \left(\frac{r_g}{r_c} - 1 \right) + T \frac{(r_g C_c - r_c C_g)}{r_c}$$

Ou également, $T = \frac{r_g P_c - r_c P_g}{r_c C_g - r_g C_c}$, T étant le montant de la taxe qui correspond à la neutralité carbone : utilisation économique indifférente en coûts variables d'une centrale à charbon ou d'une centrale à gaz.

Cette équation permet de tirer trois enseignements :

- à moins que les rendements des centrales à gaz et à charbon ne soient les mêmes ($r_c = r_g$), ce qui n'est pas le cas actuellement (actuellement avec les centrales les plus modernes, $r_g = 60\%$ et $r_c = 46\%$), et n'a techniquement aucune raison d'être le cas à l'avenir, le différentiel de prix correspondant à la neutralité carbone dépend du montant absolu du prix des combustibles ;
- la neutralité carbone ne peut donc être assurée qu'en ajustant en permanence le montant T de la taxe carbone aux prix du gaz et du charbon et non seulement à leur différentiel de prix (et en l'ajustant ainsi à la technique qui va imposer les rendements des centrales électriques) ;
- si le montant réel de la taxe carbone est supérieur au montant correspondant à la neutralité, il est plus intéressant d'utiliser des centrales à gaz. À l'inverse, si le montant de la taxe carbone est inférieur au montant d'équilibre, il est plus intéressant d'utiliser des centrales à charbon que des centrales à gaz.

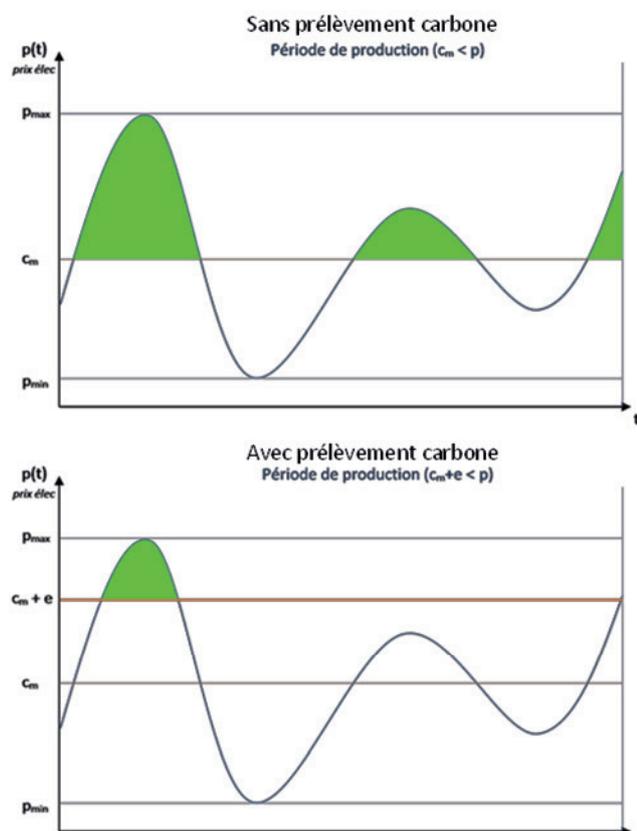


Figure 10 : Temps de fonctionnement d'une centrale avec ou sans prélèvement carbone, selon le prix de l'électricité.

Par ailleurs, le prélèvement carbone augmente le coût marginal des centrales et diminue donc leur temps de fonctionnement dans l'année, comme illustré par la Figure 10.

Les résultats des modèles : les effets sur la compétitivité, tels que mesurés par les études

Recensement d'études récentes

Nous avons effectué un recensement, non exhaustif, des études réalisées sur les cinq dernières années au sujet de l'impact des prélèvements carbone sur la compétitivité économique. Nous les avons classées par ordre croissant du taux analysé dans l'étude pour le prélèvement à la tonne de CO_2 , et nous avons indiqué, outre les années de publications et les références des auteurs, les pays concernés, les secteurs concernés et les principaux résultats. La plupart sont des études académiques, celles qui ne le sont pas, mais émanent de divers organismes privés ou publics, sont signalées par un astérisque à côté des références des auteurs (voir la Figure 11).

On peut classer ces études en deux grandes catégories :

- les études empiriques *ex post* dont la plupart portent sur le marché ETS dans les années passées (moyenne de 10 euros la tonne) et concluent presque toutes à un impact faible sur la compétitivité.
- les modélisations *ex ante* qui portent sur des prix plus élevés, à partir de 13 euros, et concluent généralement à un impact négatif plus important, dans des pays et des secteurs divers.

Les conséquences d'un prélèvement de 30 euros par tonne de CO_2 réalisé exclusivement sur la production électrique française

Un prélèvement de 30 euros par tonne de CO_2 réalisé exclusivement sur la production électrique française affaiblirait les productions électriques françaises charbonnière et gazière, diminuerait le solde exportateur électrique français, augmenterait marginalement le prix de l'électricité française et aurait un impact limité sur la réduction des émissions carbonées.

La chaire « Économie du climat » de l'Université Paris-Dauphine et de CDC Climat a étudié les conséquences d'un prélèvement de 30 euros par tonne de CO_2 réalisé exclusivement sur la production électrique française. Les principaux résultats de cette étude ⁽⁷⁾ sont en Figure 12. On y constate que les centrales au gaz sont encore plus touchées que celles au charbon, car la mesure ne modifie pas l'ordre d'appel entre les deux combustibles.

Un décalage très sensible entre les prix français et européen du carbone paraît donc devoir être évité.

Les conséquences d'un prélèvement de 30 euros par tonne de CO_2 réalisé sur la production électrique européenne

Cette même chaire « Économie du climat » a également simulé l'impact sur le secteur électrique français d'un

(7) PERTHUIS (Christian de), SOLIER (Boris) et TROTIGNON (Raphaël), Prix-plancher du carbone pour le secteur électrique : quelles conséquences sur les marchés de l'électricité et du quota de CO_2 ?, Université Paris-Dauphine, chaire « Économie du climat », 2016.

Prix de la tonne de CO ₂ éq.	Type d'étude	Année de publication	Auteurs de l'étude	Pays concernés	Secteurs concernés	Principaux résultats
ETS (ca. €10)	Empirique ex post	2013	Bassi et al	Royaume-Uni	Energie et industrie	Pas d'impact économique notable de l'ETS européen au Royaume-Uni sur 2005-2010
ETS (ca. €10)	Empirique ex post	2013	Branger et al	UE	Sidérurgie et ciment	Pas d'impact économique notable de l'ETS dans l'UE sur la baisse de production sidérurgique et cimentière et les hausses des importations sur 2004-2012
ETS (ca. €10)	Empirique ex post	2014	Petrick et al	Allemagne	Industrie	Pas d'impact économique notable de l'ETS européen sur 2007-2010 sur l'emploi, la production ou les exportations des entreprises industrielles allemandes
ETS (ca. €10)	Empirique ex post	2014	Wagner et al	France	Industrie	Sur 2005-2010 l'emploi dans les usines françaises soumises à l'ETS diminue davantage que dans celles qui n'y sont pas soumises
ETS (ca. €10)	Empirique ex post	2015	Dechezleprêtre et al	UE	Industrie	Pas d'effet notable de de l'ETS européen sur les fuites de carbone au niveau des entreprises multinationales sur 2007-2014
ETS (ca. €10)	Empirique ex post	2015	Commission Européenne (CE Delft & Oeko-Institut)	UE	Ciment, pétrochimie, sidérurgie, engrais, raffinage, verre	L'étude porte sur la capacité des entreprises à transférer à leurs clients les coûts du carbone et conduit à des taux de transfert de 20% à 100%.
€ 13	Modélisation ex ante	2011	Aldy et al	Etats-Unis	Industrie	Effet d'un prix du carbone à \$15 aux Etats-Unis: Déclin de la production industrielle domestique de 1,5% en moyenne Déclin de la production de plus de 3-5% pour les industries les plus intensives en énergie (acier, aluminium, papier, ciment, verre, chimie). Dans ces industries intensives, déclin pas compensé pour plus d'un sixième par un surcroît d'importations
€ 16	Empirique ex post	2014	O'Gorman et al	Australie	Electricité	Impact du prix du carbone australien du 1er juillet 2012 au 30 juin 2014: baisse de 1,3% à 2,3% de la demande d'électricité, hausse de 10% du prix de l'électricité pour les ménages et de 15% du prix de l'électricité pour les clients industriels
€ 18	Modélisation ex ante	2012	Linares et al	Espagne	Ciment	Tout le clinker consommé en Espagne serait importé
€ 21	Modélisation ex ante	2012	Linares et al	Espagne	Sidérurgie	Tout l'acier consommé en Espagne serait importé
€ 26	Modélisation ex ante	2016	Grover et al	Royaume-Uni	Industrie	Un prix du carbone de €20 par tonne cause entre 2,1% et 3,4% d'augmentation de coût de production dans le ciment, la chimie et la métallurgie, et 0,9% d'augmentation du coût de production total de l'économie
€ 30	Modélisation ex ante	2016	RTE*	Europe de l'Ouest	Electricité	Réduction de 15% des émissions carbonées causées par la production électrique en Europe de l'Ouest. Augmentation du prix de l'électricité en France en relation avec une augmentation des coûts marginaux appelés de l'ordre de €12 par MWh

Figure 11 : Études réalisées sur les cinq dernières années au sujet de l'impact des prélèvements carbone sur la compétitivité économique.
Source : Recension réalisée par les auteurs.

Note : Les taux de conversion utilisés pour calculer les prélèvements à la tonne en euros ont été pris au 18 mai 2016 et sont les suivants : 1 dollar australien pour 0,65 euro, 1 dollar américain pour 0,88 euro et une livre britannique pour 1,28 euro.

	Scénario de référence 2015	Prix plancher 30€ France	Variation absolue	Variation relative
Production d'électricité domestique en TWh	533,6	519,1	-14,5	-2,7%
dont Charbon	8,6	3	-5,6	-65,5%
dont Gaz CCCG	12	3,1	-8,9	-74,2%
Importations d'électricité en TWh	29,6	44,1	14,5	49,0%
Emissions totales en MtCO₂	36,3	33,5	-2,8	-7,8%
dont domestiques	13,4	4,8	-8,7	-65,5%
dont importées	22,9	28,7	5,8	25,4%
Prix moyen de l'électricité en €/MWh	33,2	36,4	3,2	9,7%

Figure 12 : Résultats du scénario central de l'étude de la chaire « Économie du climat » sur un prélèvement de 30€/tonne réalisé exclusivement sur la production électrique française.

	Scénario de référence 2015	Prix plancher 30€ Union Européenne	Variation absolue	Variation relative
Production d'électricité domestique en TWh	533,6	534,5	0,8	0,2%
dont Charbon	8,6	7,6	-1	-11,6%
dont Gaz CCCG	12	13,8	1,8	14,9%
Importations d'électricité en TWh	29,6	28,8	-0,8	-2,7%
Emissions totales en MtCO₂	36,3	35,1	-1,2	-3,3%
dont domestiques	13,4	13,2	-0,2	-1,6%
dont importées	22,9	21,9	-1	-4,3%
Prix moyen de l'électricité en €/MWh	33,2	44,8	11,6	34,9%

Figure 13 : Impacts sur le secteur électrique français d'un prélèvement de 30€/tonne réalisé sur la production électrique européenne.

Prix de la tonne de CO ₂ éq.	Type d'étude	Année de publication	Auteurs de l'étude	Pays concernés	Secteurs concernés	Principaux résultats
€ 30	Modélisation ex ante	2015	Trotignon et al	France, Allemagne, Royaume-Uni, Pologne	Electricité	Si la mesure est appliquée sur les secteurs électriques de France, Allemagne, Royaume-Uni et Pologne, réduction des émissions de 36 Mt CO ₂ par an. Si la mesure est appliquée seulement au secteur électrique français, substitution quasi-intégrale par des importations des pays limitrophes
€ 30	Modélisation ex ante	2016	Thomson Reuters*	France	Electricité	Un prix plancher de 30 € la tonne sur l'électricité française augmenterait le prix de l'électricité en France de 8% et diminuerait de moitié les exportations nettes françaises d'électricité par rapport à 2015. Les réductions françaises d'émissions carbonées seraient largement compensées hors de France.
€ 30	Modélisation ex ante	2016	Engie*	France	Electricité	Un prix plancher de 30 € la tonne sur l'électricité française augmenterait le prix de l'électricité en France de 2,5€/MWh. Les réductions françaises d'émissions carbonées seraient largement compensées hors de France. Les productions françaises à base de charbon et de gaz seraient significativement impactées.
€ 30	Modélisation ex ante	2016	Direct Energie*	France et UE	Electricité	Une taxe de 30 € la tonne sur l'électricité française augmenterait le prix de l'électricité en France de 2 €/MWh et diminuerait de 40% les exportations nettes françaises d'électricité. Les réductions françaises d'émissions carbonées seraient largement compensées hors de France. Une taxe européenne de 30€ la tonne augmenterait de 12 €/ MWh le prix de l'électricité en France.
€ 30	Modélisation ex ante	2016	EDF*	France	Electricité	Un prix plancher de 30 € la tonne sur l'électricité française augmenterait le prix de l'électricité en France de 1,5€/MWh. Les réductions françaises d'émissions carbonées seraient largement compensées hors de France.
€ 30	Modélisation ex ante	2016	de Perthuis et al	UE et France	Electricité	<i>Voir développement ci-après et annexe</i> (étude réalisée dans le cadre de la mission)
€ 33	Modélisation ex ante	2013	Allevi et al	Italie et UE	Ciment	Dans le scénario de coûts élevés de transport maritime (le plus favorable): baisse de 48% de la production italienne de ciment, entièrement compensée par des importations (fuite carbone 100%), baisse de 17% de la production cimentière européenne partiellement compensée par des importations (fuite carbone de 64%)
€ 40	Modélisation ex ante	2012	Linares et al	Espagne	Raffinage pétrolier	Industrie espagnole du raffinage pétrolier en perte
€ 41	Modélisation ex ante	2013	UK Committee on Climate Change*	Royaume-Uni	Energie et industrie	Impact d'un prix du carbone de €32 en 2020: hausses de coût, plus ou moins transférées sur le consommateur, d'ici à 2020, pour papier, ciment, verre, chimie, acier, plastiques. Hausses de coût de l'énergie de 20 à 25% pour les clients industriels de 2011 à 2020
€ 54	Modélisation ex ante	2013	Allevi et al	Italie et UE	Ciment	Dans le scénario de coûts élevés de transport maritime (le plus favorable): baisse de 51% de la production italienne de ciment, baisse de 9% de la demande italienne de ciment, hausse des importations (fuite carbone 91%), baisse de 55% de la production cimentière européenne, baisse de la demande européenne de 20%, forte hausse des importations (fuite carbone de 64%)
€66 - €79 selon les modèles	Modélisation ex ante	2015	Boitier et al	France	Economie entière	Baisse du PIB français à trois ans entre 0,6 et 2% par rapport au scénario de référence sans taxe carbone

Figure 11 (suite) : Études réalisées sur les cinq dernières années au sujet de l'impact des prélèvements carbone sur la compétitivité économique.

prélèvement de 30 euros par tonne de CO₂ réalisé sur la production électrique européenne. Un prélèvement à cette hauteur causerait, selon les résultats de Dauphine, une hausse de près de 35 % du prix de l'électricité française (voir la Figure 13). Ce résultat est cohérent avec l'ordre de grandeur de 31 % qui résulte des simulations de RTE⁽⁸⁾.

Une hausse de 11,6 euros/MWh portant sur une consommation française de 475 TWh correspond à un surcoût de 5,5 milliards d'euros pour les consommateurs d'électricité (ménages et entreprises). Une hausse de 25 euros (différence entre 30 euros et la moyenne actuelle du marché) de la tonne de CO₂ sur le secteur électrique européen correspond à un surcroît de recettes pour la France (sous l'hypothèse d'assèchement préalable des droits d'émission disponibles) égale au produit de 25 euros par 35 Mt CO₂ émis, soit 875 millions d'euros.

L'enjeu du réinvestissement dans l'économie des montants prélevés

Pour limiter l'impact négatif à court et moyen terme du prélèvement carbone, voire le transformer en impact positif, il faut réinjecter dans l'économie, secteurs carbonés compris, tous les montants prélevés.

La question de la compensation, et de manière générale des effets positifs du prélèvement, est évidemment liée au type d'utilisation du montant prélevé au titre du carbone.

(8) RTE, Signal prix du CO₂, op. cit., p. 24. RTE calcule pour un prélèvement de 30 euros une augmentation du coût marginal moyen annuel de production d'électricité de 39 à 51 €/MWh, soit 30,8 %, et estime que cette augmentation des coûts marginaux pourrait induire une hausse du même ordre de grandeur de la facture des clients disposant de contrats indexés sur le prix du marché.

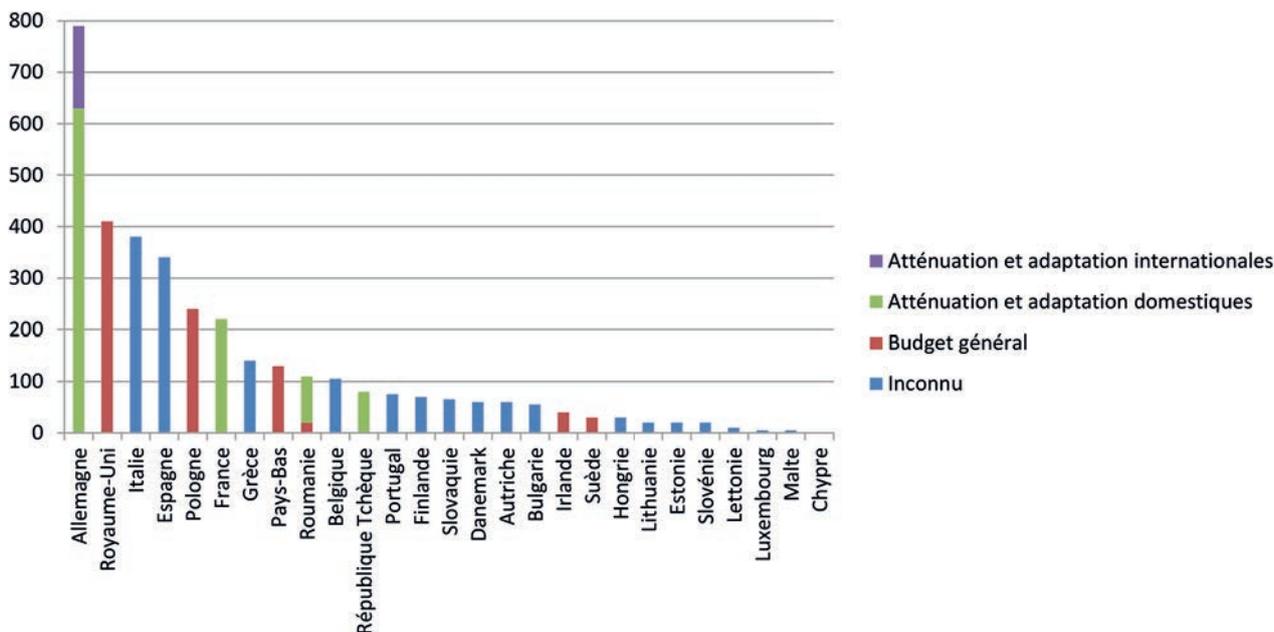


Figure 14 ; Recettes d'enchères ETS et utilisation de ces recettes dans les différents pays en 2013, en millions d'euros.
 Source : FLACHSLAND (Christian), Public Finance and the EU ETS: A Brief History and Implications of Potential Reform, contribution au séminaire « Closing the Carbon Price Gap: Public Finance and Climate Policy », Berlin, 22-23 mai 2014.

Les politiques nationales diffèrent à cet égard, comme le montre la Figure 14.

Il importe ici de bien distinguer l'effet à court ou moyen terme de l'effet à long terme.

Modélisation de l'impact économique à court et moyen terme d'une taxe carbone prélevée et intégralement redistribuée sous la forme de subventions à un autre secteur

Le développement qui suit rappelle un résultat microéconomique sur l'effet d'un impôt prélevé sur un secteur pour être réinvesti sous la forme de subventions dans un autre⁽⁹⁾, à savoir que sous hypothèse d'optimisation du profit par chacun des deux secteurs et indépendamment des objectifs d'intérêt général poursuivis, l'effet économique net sur l'ensemble des deux secteurs est négatif, un effet d'autant plus marqué que le prélèvement est important.

Pour le montrer, supposons deux secteurs économiques, le secteur 1 qui fabrique un produit en quantité q_1 , et le secteur 2 qui fabrique un produit en quantité q_2 . Le secteur 1 est carboné et soumis à un prélèvement carbone, le secteur 2 est non carboné et reçoit sous forme de subventions la recette du prélèvement carbone. Nous supposons qu'il existe une quantité $q_{1,0}$ (resp. $q_{2,0}$), qui maximise le profit du secteur 1 (respectivement secteur 2).

Avant prélèvement et subvention, le profit réalisé par le secteur 1 est $\Pi_1 = f_1(q_1)$, où f_1 trouve son maximum en $q_{1,0}$, et le profit réalisé par le secteur 2 est $\Pi_2 = f_2(q_2)$, où f_2 trouve son maximum en $q_{2,0}$.

Le prélèvement de e euros par unité produite de q_1 , suivi de la subvention de s euros par unité produite de q_2 , modifie les fonctions de profit des deux secteurs qui deviennent :

$$\Pi_1 = f_1(q_1) - eq_1$$

$$\Pi_2 = f_2(q_2) + sq_2$$

Où e et s sont liés par une condition de neutralité budgétaire $eq_1 = sq_2$, égalité entre prélèvement global et redistribution globale.

Le secteur 1 optimise alors son profit pour la quantité $q_{1,1}$, telle que $f'_1(q_{1,1}) = e$, et le secteur 2 optimise son profit pour la quantité $q_{2,1}$, telle que $f'_2(q_{2,1}) = -s$.

La variation de profit du secteur 1 est donc $\Delta \Pi_1 = f_1(q_{1,1}) - eq_{1,1} - f_1(q_{1,0})$ et la variation de profit du secteur 2 est $\Delta \Pi_2 = f_2(q_{2,1}) + sq_{2,1} - f_2(q_{2,0})$.

La variation de profit totale des deux secteurs est alors :

$$\Delta \Pi = \Delta \Pi_1 + \Delta \Pi_2 = f_1(q_{1,1}) - eq_{1,1} - f_1(q_{1,0}) + f_2(q_{2,1}) + sq_{2,1} - f_2(q_{2,0}) = f_1(q_{1,1}) - f_1(q_{1,0}) + f_2(q_{2,1}) - f_2(q_{2,0}), \text{ car } eq_{1,1} = sq_{2,1}.$$

Comme l'illustre la Figure 15, cette variation de profit totale est négative, car f_1 (respectivement f_2) atteint son maximum en $q_{1,0}$ (respectivement $q_{2,0}$).

Utilisation d'un prélèvement carbone pour alléger des taxes préexistantes

Un effet net légèrement positif peut néanmoins être constaté à court ou moyen terme si le prélèvement carbone, au lieu de subventionner un secteur indépendant du secteur de prélèvement, est utilisé pour diminuer ou supprimer des taxes préexistantes qui nuisent à la compétitivité⁽¹⁰⁾ de l'ensemble de l'économie (secteur carboné

(9) Nous nous inspirons ici de DEBREU (Gérard), "A classical tax-subsidy problem", in *Econometrica*, vol. 22, n° 1 (janvier. 1954), pp. 14-22.

(10) Voir à ce sujet, entre autres, ELBEZE (Jeremy) et PERTHUIS (Christian de), « Vingt ans de taxation du carbone en Europe : les leçons de l'expérience », in Cahiers de la chaire « Économie du climat », n°9, avril 2011.

compris). La modélisation de cet effet suppose de complexifier le modèle précédent et d'y introduire plusieurs facteurs de production, comme le capital, le travail ou l'énergie. Ainsi, la Suède et le Danemark ont utilisé le produit de taxes environnementales pour réduire la fiscalité sur le revenu ou le travail ⁽¹¹⁾.

On peut illustrer cet effet en supposant que la production de l'économie en euros vaut :

$P = f(K, E, L)$ fonction du capital K, de l'énergie E et du travail L, chacune de ces trois grandeurs étant exprimée dans l'unité qui lui est propre (euros pour K, unité d'énergie consommée pour E et hommes-jours pour L).

Les coûts unitaires sont r (en %) pour le capital K, c (en euros par unité d'énergie consommée) pour l'énergie E, et w (en euros par hommes-jours) pour le travail L.

Le profit dégagé par l'économie vaut :

$$\Pi = f(K, E, L) - rK - cE - wL$$

$$\text{maximisé pour } \frac{\partial f}{\partial K} = r, \frac{\partial f}{\partial E} = c \text{ et } \frac{\partial f}{\partial L} = w$$

Supposons K et r fixes. f est concave en chacune des deux variables E et L (rendements décroissants, dérivée seconde négative) : plus c est élevé, plus E est faible à l'optimum, et plus w est faible, plus L est élevé à l'optimum.

Une taxe carbone, c'est-à-dire un accroissement de c, peut être réinvestie en diminution du coût du travail w. Il en résulte donc une diminution de E et un accroissement de L.

Si l'on considère qu'il s'agit de petites variations autour de l'équilibre préalable à l'introduction de la taxe, on peut écrire (à K fixe) :

$$d\Pi = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Pi}{\partial E^2} dE^2 + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Pi}{\partial L^2} dL^2 + \frac{\partial^2 \Pi}{\partial E \partial L} dE dL$$

En effet, les dérivées premières sont nulles et, comme indiqué plus haut, le montant de subvention compense le montant de prélèvement. Les deux premiers termes de l'expression sont négatifs par concavité en chacune des variables, mais le troisième peut être positif si la dérivée seconde croisée est négative (dE et dL sont de signes opposés), c'est-à-dire si la diminution de consommation énergétique augmente le profit marginal du travail. Cet effet pourrait expliquer que l'on trouve un effet net positif au réinvestissement d'un prélèvement carbone sous la forme d'allègements de charges. Il est cependant tout aussi envisageable que la diminution de consommation énergétique accroisse l'emploi peu qualifié et diminue donc le profit marginal du travail.

Solidarité intergénérationnelle à long terme et bénéfices sociaux à court terme

La justification économique du prélèvement carbone effectué sur un secteur pour le redistribuer à un autre réside dans les effets négatifs de long terme, qui sont évités par la réduction des émissions. Cette compensation des effets négatifs fait l'objet, notamment aux États-Unis, d'évaluation et d'actualisation complexes. Une fois évaluée et actualisée, elle bénéficie aux deux secteurs et corrige donc l'effet négatif de court et moyen terme.

La réduction des émissions carbonées peut aussi apporter dès le court terme des bénéfices sociaux, par exemple sanitaires, qui s'ajoutent évidemment, comme les bénéfices de solidarité intergénérationnelle, à tout calcul d'impact global.

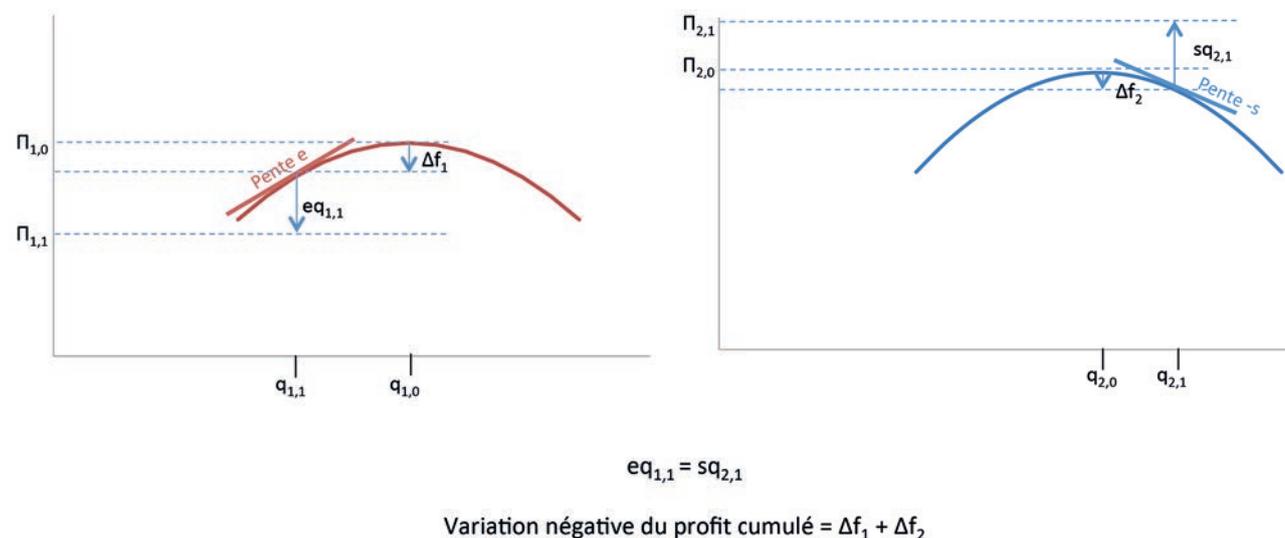


Figure 15 : Variation négative du profit cumulé entre un secteur imposé et un secteur subventionné sous hypothèse d'optimisation du profit.

(11) ELBEZE (Jeremy) et al., op. cit., encadré 1, p. 9.

Réinvestissement le plus efficient des montants prélevés

Une étude récente coordonnée par France Stratégie ⁽¹²⁾ a mis en œuvre différents modèles économétriques ⁽¹³⁾ pour évaluer l'impact d'une hausse du prix du carbone sur le PIB, l'emploi, les salaires et les prix. Les simulations entreprises ne font pas l'hypothèse du réinvestissement des recettes de la taxe ou de la mise aux enchères de quotas dans d'autres secteurs de l'économie, et concluent à un effet négatif sur le PIB, d'un ordre de grandeur équivalent à celui du montant prélevé sur l'économie par la puissance publique.

Ces résultats sont cohérents avec les développements précédents et mettent en lumière la nécessité du réinvestissement le plus efficient possible des montants prélevés dans l'économie. De ce point de vue, les allègements de charges paraissent la mesure la plus opérationnelle.

Bibliographie

Agence européenne de l'Environnement, base de données statistiques.

ALDY (Joseph E.) & PIZER (William A.), *The competitiveness impacts of climate change mitigation policies*, National Bureau of Economic Research Working Paper 17705, 2011.

ALLEVI (Elisabetta), OGGIONI (Giorgia), RICCARDI (Rosana) & ROCCO (Marco), "A spatial competitive analysis: the carbon leakage effect on the cement industry under the European Emissions Trading Scheme", Banca d'Italia, *Temi di discussione*, Working paper 899, 2013.

BASSI (Samuela), DECHEZLEPRÊTRE (Antoine) & FANKHAUSER (Sam), *Climate change policies and the UK business sector: overview, impacts and suggestions for reform*, Centre for Climate Change Economics and Policy & Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Policy paper, 2013.

BOITIER (Baptiste), CALLONNEC (Gaël), DOUILLARD (Pierre), ÉPAULARD (Anne), GHERSI (Frédéric), MASSON (Emmanuelle) & MATHY (Sandrine), « La Transition énergétique vue par les modèles macroéconomiques », *Document de travail France-Stratégie*, n°2015-5, 2015.

BRANGER (Frédéric), QUIRION (Philippe) & CHEVALLIER (Julien), "Carbon leakage and competitiveness of cement and steel industries under the EU ETS: much ado about nothing", *Cired Working Paper Series* 53-2013, 2013.

CE Delft & Oeko Institut, *Ex-post investigation of cost pass-through in the EU ETS, An analysis for six sectors*, 2015.

DEBREU (Gérard), "A classical tax-subsidy problem", in *Econometrica*, vol. 22, n°1 (January 1954), pp. 14-22.

DECHEZLEPRÊTRE (Antoine), GENNAIOLI (Caterina), MARTIN (Ralf), MUÛLS (Mirabelle) & STOERK (Thomas), *Searching for carbon leaks in multinational companies*,

Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper, n°187, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper, n°165, 2015.

ELBEZE (Jeremy) & PERTHUIS (Christian de), « Vingt ans de taxation du carbone en Europe : les leçons de l'expérience », in *Cahiers de la chaire « Économie du climat »*, n°9, avril 2011.

FLACHSLAND (Christian), "Public Finance and the EU ETS: A Brief History and Implications of Potential Reform", contribution au séminaire « Closing the Carbon Price Gap: Public Finance and Climate Policy », Berlin, 22-23 mai 2014.

GROVER (David), SHREEDHAR (Ganga) & ZENGHELIS (Dimitri), *The competitiveness impact of a UK carbon price: what do the data say?*, ESRC Centre for Climate Change Economics and Policy & Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Policy paper, 2016.

KOLÉDA (Gilles), *Allègements du coût du travail : pour une voie favorable à la compétitivité française*, La Fabrique de l'Industrie, 2015.

LINARES (Pedro) & SANTAMARÍA (Alberto), *The effects of carbon prices and anti-leakage policies on selected industrial sectors. An application to the cement, steel and oil refining industries in Spain*, 2012.

O'GORMAN (Marianna) & JOTZO (Frank), *Impact of the carbon price on Australia's electricity demand, supply and emissions*, Centre for Climate Economics and Policy, Crawford School of Public Policy, Australian National University, Working Paper, 1411, 2014.

PERTHUIS (Christian de), SOLIER (Boris) & TROTIGNON (Raphaël), *Prix-plancher du carbone pour le secteur électrique : quelles conséquences sur les marchés de l'électricité et du quota de CO₂ ?*, Université Paris-Dauphine, chaire « Économie du climat », 2016.

PETRICK (Sebastian) & WAGNER (Ulrich J.), *The impact of carbon trading on industry: evidence from German manufacturing firms*, Kiel Working Paper 1912, 2014.

RTE, « Signal prix du CO₂, analyse de son impact sur le système électrique européen », 2016.

Thomson Reuters, "Leading by example? Impacts of a domestic French carbon price floor", 2016.

TROTIGNON (Raphaël), SOLIER (Boris) & PERTHUIS (Christian de), *Un prix-plancher du carbone pour le secteur électrique : quelles conséquences ?*, Université Paris-Dauphine & CDC Climat, chaire « Économie du climat », Policy Brief 2015-03, 2015.

(12) BOITIER et al., *La Transition énergétique vue par les modèles macroéconomiques*, octobre 2015.

(13) Mésange, Némésis, *ThreeME et Imacim-R France*.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

La biologie industrielle : enjeux technologiques, économiques et sociétaux

Éditorial - Carlos MOEDAS

Avant-propos - Jean-Luc PUJOL et Françoise ROURE

Les potentiels scientifique, technique et d'innovation de la biologie industrielle

Les connaissances nécessaires à la biologie industrielle

Pierre MONSAN

Les Big data en oncologie : de la recherche fondamentale à des applications au bénéfice du patient

Emmanuel BARILLOT et Philippe HUPÉ



Février 2017

Vers une biologie industrielle responsable : les questions et débats éthiques et sociétaux qu'elle suscite

Portée et limites des nouvelles techniques d'obtention végétale, les *New Plant Breeding Techniques* (NPBT)

Nils BRAUN

Les microorganismes du sol : des outils biologiques pour satisfaire les objectifs du développement durable (ODD)

Jean-Marc CHÂTAIGNER et Robin DUPONNOIS

Nouvelles biotechnologies : questionnements éthiques et conséquences économiques et sociales sur l'agriculture et la biodiversité

Guy KASTLER

The misuse and malicious uses of the new biotechnologies

Ioannis [John] GALATAS

L'édition du génome : une vraie technologie de rupture

Hervé CHNEIWEISS

HORS DOSSIER

Fabrication additive : où en sommes-nous ? Pascal MORAND, Joël ROSENBERG et Dominique TURCQ

Apport de la métrologie avancée à l'évaluation et à l'amélioration de la fiabilité des examens de biologie médicale

Vincent DELATOUR

La normalisation des techniques d'ingénierie en recherche

biomédicale : l'exemple des centres de ressources biologiques

Bruno CLÉMENT, Paul HOFMAN, Mireille DESILLE et

Georges DAGHER

Apport de l'ingénierie du vivant aux applications innovantes de la

biologie industrielle : cas des matériaux agro-sourcés

François TÉNÉGAL et Patricia KRAWCZAK

Les nouvelles techniques d'amélioration des plantes : quelques

éclairages du quatrième semencier mondial, Limagrain, sur l'innovation

en agriculture

Jean-Christophe GOUACHE

Médecine personnalisée : jusqu'où peut-on aller ? Un réel enjeu de

recherche pour l'industrie pharmaceutique et ses partenaires

Marc BONNEFOI

Des hydrocarbures issus de la biologie industrielle : la trajectoire et les

perspectives de Global Bioenergies

Marc DELCOURT et Ronan ROCLE

La modélisation des systèmes biologiques : une façon de générer

dans le même temps de multiples formes d'innovation

François IRIS et Manuel GEA

L'essor économique de la biologie industrielle

Understanding value chains in industrial biotechnology

Jim PHILIP, Alain SCHIEB et Mohamed Majdi CHELLY

La bioéconomie industrielle à l'échelle d'une région : la bioraffinerie de

Bazancourt-Pomacle, tremplin d'une stratégie territoriale

Maryline THÉNOT et Honorine KATIR

Maturité des innovations et propriété intellectuelle en biologie

industrielle

Nathalie MANTRAND-FOUSSADIER

Cartographie de la biologie industrielle en France : l'exemple des

biotechnologies médicales

Gaëtan PONCELIN DE RAUCOURT

Valeur de la formation et formation aux valeurs éthiques dans le

domaine des biotechnologies industrielles

Vanessa PROUX et Fabien MILANOVIC

Role of Nutritional Therapy in Healthcare Innovation: The Need for

Reshaping Regulatory Paradigms

Manfred RUTHSATZ

La prise en compte du microbiote dans les stratégies de recherche-

innovation des entreprises

Les enseignements tirés de l'expérience du démonstrateur

préindustriel MetaGenoPoliS (MGP)

Joël DORÉ et David PETITEAU

Le dossier est coordonné par Françoise ROURE ET Jean-Luc PUJOL

Pour plus d'information, nous invitons le lecteur à se reporter sur notre site :
<http://www.anales.org>

Fresh water: How to manage a common good?

Introduction

Pierre Roussel, engineer from Corps des Ponts, des Eaux et des Forêts, chairman of the Office International de l'Eau

1 - Issues related to geosystems

Actions for water within the Climate Agreement

Jean-Luc Redaud, chairman of the Water and Climate Group at the Partenariat Français pour l'Eau (PFE), member of the Académie de l'Eau

Adopted at the 21st Climate Change Conference (COP21) in December 2015, the Paris Agreement has, overall, been presented as a success. It has set up a framework for tighter, universal cooperation with regard to the future. This success can be set down to: the objective of limiting the temperature increase to less than 2°C; the commitments made by participating countries to turn toward low-carbon economies with resilience to climate change; the decision to place a ceiling on greenhouse gas emissions by the end of this century; the voluntary submission of “intended nationally determined contributions” (INDCs); the “solutions” proposed by several nongovernmental stakeholders; and, finally, support for adaptation and for the compensation of losses and damages in response to the risks run by poor countries. We are forced to admit that the water/climate relationship, although the two are inseparable, is not yet very present in public policies and negotiations. Nonetheless, a trend could be observed at the COP21 in Paris and the COP22 in Marrakech, namely: more attention is being paid to water resources as knowledge has improved about the risks and as participants have shown a growing concern with adaptation.

Water, food and the climate: Back to the origin of sustainable development

Guillaume Benoit, member of the Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER)

Climate change increases agriculture's water needs and directly menaces food security. In an article of 19 January 2017, Nature predicted that crop yields in the United States would, by 2100, fall by 49% for corn, 40% for soya and 22% for wheat due to hydric stress and overexposure to temperatures between 30° and 36°C. According to this article, irrigation is the key to adaptation. Progress will have to be made everywhere around the world, including in France, where public policies about the water supply and adaptation to climate change are not on par with the stakes. Differences in the availability of water are pointed out; and attention is drawn to the lack of vision and of an integrated management of natural resources. A few so-

lutions for sustainable development are pointed out along with the necessary changes to be made in public policies.

Drinking water: Finally, hope for billions of people!

Gérard Payen, advisor on the United Nations Secretary General's Advisory Board on Water and Sanitation (UNSGAB) from 2004 to 2015

Access to drinking water, though common in France, is a major stake on our planet, one that has been underestimated for a long time. Little by little, worldwide statistics are improving in accuracy. Billions of people – nearly half of humanity – do not have satisfactory access to drinking water; and human rights in this matter are not being upheld. The solution is political, as are the main obstructions and obstacles. Major progress is taking place, but it fails to absorb the backlog of needs. The adoption, as part of its sustainable development goals, by the United Nations of a very ambitious objective for 2030 has altered the world's political landscape. Each country is going to have to adjust its public policies to guarantee to all its population access to water at a higher level than what the UN has yet called for – whence the hope of a better life for billions of people. However the slow launching of concrete programs is unsettling... Only fourteen years are left to succeed.

The underground water supply

Ghislain de Marsily, professor emeritus at University of Paris VI Pierre et Marie Curie, École des Mines de Paris-Institut Mines-Télécom; and **Mustapha Besbes**, professor emeritus of hydrogeology at the National Engineering School in Tunis, University of Tunis El Manar

Underground resources represent a major share of the water used by humanity. Their occurrence is discussed: are underground sources being replenished or depleted worldwide? Attention is drawn to how human activities menace the quality of the water supply. Questions about security issues are discussed along with the measures for preserving and managing water resources.

Hydroelectricity, the marriage of water and energy

Yves Giraud, director of Hydraulics at Électricité de France (EdF)

Hydroelectricity lies at the junction of several major problem areas – water, energy, the environment and climate – to which it can provide a positive response thanks to the new techniques now available. When poorly managed through separate policies, these problem areas can soon enter into contradiction. For example, the decision to develop renewable energy sources in order to fight against global warming might be at odds with the conservation

of natural areas and streams. On the contrary, when well managed and properly coordinated by public authorities and stakeholders, hydraulics – given the flexibility and capacity for stocking both water and energy – will have a key role to play worldwide in relation to renewable energy sources.

The biodiversity of continental aquatic environments in France: An inventory and the menaces

Paul Michelet, assistant general manager, Agence Française pour la Biodiversité

Continental aquatic ecosystems – though only 0.8% of the planet's total surface area – provide shelter to at least 6% of known species. Aquatic biodiversity is regressing worldwide. In France, only 16% of aquatic environments and species are in a state conducive to their preservation. One major factor in this regression is the deteriorating habitats for these species owing, in particular, to the altered morphology of watercourses: dredged streams and rivers, man-made embankments, impeding constructions, etc. Other factors creating environmental stress are pollution, the introduction of exotic, invasive species, the overworking of resources and climate change. Although it is not easy to gauge the effect of these various factors, the implementation of coordinated programs, which, to restore aquatic environments, target several factors, holds promising results.

2 - Political and social issues

Water Supply to Big Cities: Training and Development Initiatives Implemented by South Africa's Largest Water Board: A Focus on the City of Johannesburg (Gauteng province, South Africa)

Wayida Mohamed, MauBeen Miles, Asief Alli, Poppie Sera and Hendrik Ewerts, Rand Water, Johannesburg (South Africa)

People living in big cities around the world are supplied with potable water through sporadic water supply networks. In South Africa, water is generally supplied uninterruptedly. However, the efficacy of water supply to big cities such as the city of Johannesburg (CoJ) may be destructively impacted due to various challenges the county is currently facing. A major challenge faced by the South African water sector is a shortage of critical water-related skills. South Africa's largest water board (SALWB) situated in the Gauteng province is implementing a number of training programmes to address the skills shortage challenges. Training and development (T&D) initiatives implemented by SALWB are aimed at capacitating the water sector to ensure sustainable water supply networks. Individuals obtaining qualifications through these T&D initiatives will focus on the full cycle of water supply (e.g. water conservation and water demand management, operation and maintenance of infrastructure as well as the quality of potable water). T&D initiatives discussed in this paper also focus on socio-economic benefits for the country and add meaningful value to the South African water sector.

The water crisis, or perpetual conflict management

Léna Salamé, international expert on water diplomacy

Essential to all forms of development, water resources must be managed efficiently and soundly if we are to reach sustainable development goals and eradicate poverty. Paradoxically, human activities related to development have strained these resources so much that, in some situations, hydric stress is stoking social and political tensions to the point of conflicts erupting. Several tools are available for managing, or even attenuating, quarrels over water resources. Though essential, they are not adequate. Although the involvement of political authorities is indispensable for genuine change, the development of the stock of water resources is a sine qua non for a deep and lasting transformation of conflicts.

Hydrodiplomacy for peace in the Middle East

Fadi Georges Comair, honorary president of the Réseau Méditerranéen des Organismes de Bassins

The water supply is a current source of contention in the southeastern Mediterranean owing to the geopolitical context, the scarcity of water and, too, the management of water resources by several countries there. As concrete examples from the region show, the risk of conflict increases when the country downstream is more vulnerable to hydric stress and has more military might. Dreading eventual menaces to their water supply, countries in this region are in a state of perpetual panic; they have a "hydric obsession". Organizations affiliated with the United Nations, European Union or Union for the Mediterranean (UfM) are making enormous efforts to solve these problems in the hope of reversing the situation, favoring regional cooperation and consolidating peace among neighboring lands. Legal texts, such as the New Mediterranean Water Strategy (which member states have not adopted), the UN conventions of 1992 and 1997, and the EU's Framework Directive on Water are tools that could serve as the basis for agreements between nations and for treaties. They have seldom been used however. The parties to a conflict usually require safeguards to ensure the fair sharing of water resources; and they prefer a security-based management of international bodies of water.

Water and Climate Change Policy: A Brief History for Future Progress

Maggie White and John H. Matthews, Alliance for Global Water Adaptation (AGWA), **Karin Lexén and Sofia Widforss**, Stockholm International Water Institute (SIWI), and **Diego J. Rodriguez**, The World Bank Group

For most of the water community today, it seems self-evident that sustainable freshwater resource management is critical to tackling climate change. Reducing greenhouse gas emissions through cleaner energy sources, sequestering carbon from the atmosphere, and enabling effective climate-impact adaptive mechanisms for agriculture, ecosystems, cities, and energy systems cannot succeed without taking into account freshwater resources. In turn, it is also understood that many aspects of climate policy have direct impacts on water management decisions, including national and regional energy and water sharing policies, investment and finance strategies for water, and how water projects and their purposes are framed. His-

torically, water and climate change have been poorly integrated institutionally, partially due to a lack of appreciation by both the climate and water communities of how deeply the two facets are entwined. In truth, much has been accomplished: institutions and roles in both communities have been evolving, and the outline of a new synthesis is emerging. This article describes in three parts how the water community has evolved over the past two decades in its articulation of water-climate policy and its engagement with the climate change community.

Environmental and health risks stemming from contamination of the water supply

Yves Lévi, School of Pharmacy, Université Paris Sud, UMR 8079 CNRS, Agro-ParisTech

People have always left to the environment the task of eliminating – for free – the wastes they have dumped into watercourses. This situation could be accepted when wastes were (bio)degradable. The considerable progress made in chemistry since the 1950s has, unfortunately, spawned a diversity of molecules, some of them nearly indestructible, that have polluted all watercourses on our planet. Remedies have shown their limits. Priority must now be given to protecting and restoring the quality of water resources – to restoring an environmental life cycle and protecting public health.

3 - Institutional and financial responses

Managing catchment basins is necessary everywhere around the world in order to organize the adaptation to climate change

M. Roberto Ramirez de La Parra, general manager of CONAGUA, world president of the International Network of Basin Organizations (RIOB)

In several countries, climate change is already affecting (and will increasingly affect) the quantity and quality of the water supply and of aquatic ecosystems given the intensity and rising frequency of extreme hydrological events, such as flooding and drought. The basins of rivers, lakes and aquifers are natural areas where water runs from the surface under ground. They are the scale appropriate for managing water resources and organizing our adaptation to climate change.

Franco-Chinese cooperation for managing catchment basins in the context of climate change

Chao Lin, director of the Office of Protection of Water Resources, Commission of Conservation of the Hai River (China); and Gwendal Le Divechen, head of the China Project at the International Water Office

China is facing a serious water crisis, which climate change tends to make worse. The Hai River Basin (318,000 km²) in northeastern China is, with its 130 million inhabitants, one of the country's most developed economic zones. The growth of urbanization and industrialization is exerting strong pressure on water resources there.

To stave off a crisis owing to both the increasing scarcity and rapidly deteriorating quality of water resources, the Chinese government has launched several projects for international cooperation with the goal of improving its methods of water management. The Chinese Ministry of Water Resources and the French Ministry of the Environment and Sustainable Development signed, in December 2009, an agreement of cooperation for an exchange of experiences between the two countries and a reinforcement of the integrated management and conservation of water resources in the Hai River Basin. A first pilot program on the Zhou sub-basin (2,100 km²) set up an operational group involving Chinese and French experts. An inventory of water resources was drafted along with a management plan and a program with specific measures addressing the problems there. This cooperation is being taken a step further on a larger scale: the Luan River Basin (55,500 km²).

State management of the risks of flooding

Marc Mortureux, general manager of risk prevention at the Ministry of the Environment, Energy and the Sea

France's highly structured policy for preventing and managing the risks of flooding involves the state, public establishments and local authorities in the effort to protect people and goods. The stakes are all the higher due to global warming, which increases the risk of natural catastrophes. It is now necessary to adapt to the consequences of alternating episodes of strong precipitation and dry periods. The strategy adopted by France emphasizes prevention, the intent being to adapt urbanism and territorial development through risk prevention plans (PPR) so as to avoid a larger exposure to flooding. Ensuuing from this strategy are various measures for reducing the vulnerability of local areas and developing the population's "risk culture" through action programs against flooding (PAPI). France also has robust meteorological and hydrological means for surveillance and monitoring, for predicting the occurrence of flooding and carrying out the necessary actions during emergencies.

Preventing the risks of flooding: Protection or adaptation?

Stéphanie Bidault, director of the Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation (CEPRI)

In France, a country highly exposed to flooding, the policy for managing this risk has, for a long time now, focused exclusively on protection – people imagine they are totally safe behind dikes. The issue for the coming years is to change this approach and perspective. Modern cities, very vulnerable, must adapt to flooding risks so as to become more robust and resilient following climatic events. We must learn how to bring together all the axes of our prevention policy. Tools, such as the action programs (PAPI) for protecting against flooding and local strategies (SLGRI) for managing flooding risks, help do this. Local areas will be able to cope only by involving all stakeholders, both private and public. State and local authorities must, together, devote thought to making tomorrow's towns better able to cope with the risk of flooding.

Water boards in France: a precursor yesterday and today

Bertrand Camus, president of the Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E)

The French “water model” exercises attraction internationally: local management, transparency due to public tenders, expertise, innovation and customization. This model is still being polished to provide a better response to new questions concerning local areas and governance.

Fresh water on the planet: How to manage a common good? Europe's actions

Michel Dantin, EU MP

The European Union has long been preoccupied with the question of water – a highly political topic. Over the forty years of the construction of the EU, one of the most ambitious policies in the world has emerged for protecting the water supply on a continental scale. The Framework Directive on Water has been the major tool. Given climate change and the intensification of human activities, a menace will, in the coming decades, loom over the water supply, its quality and quantity. To cope, the EU has oriented its actions toward three key objectives: a) improve the application of European water legislation by promoting coordination among stakeholders at all levels; b) integrate water policy in the sectors of the economy with an impact on the quality of water resources; and c) apply to water the principles of a circular economy, thus favoring prevention, recycling and the re-use of wastewater.

The World Water Council: A global challenge for a local resource

Sophie Auconie, board of governors of the World Water Council, copresident of Cercle Français de l'Eau

The World Water Council, a platform for conveying the views of parties active in the water supply at the international level, co-organizes the World Water Forums. Its current program is oriented toward bringing stakeholders together through an active “hydrodiplomacy”. The WWC must address the new challenges arising out of the adoption of sustainable development goals, climate change and the multiplication of events with an impact on the water supply. Thanks to world forums, topics related to water resources now figure on the international agenda, but the WWC must keep up its efforts so as to increase the organization's political pressure. As more meetings are held at the top level, the WWC must focus its activities on protecting vital water resources and integrating them into the pursuit of sustainable development goals. People increasingly experience the impact of the availability of water and of waste-processing at the local level.

The International Water Association (IWA), an organization of professionals in the water supply and treatment of wastewater

Diane d'Arras, president of the International Water Association (IWA)

Created in 1999 out of the merger of two big associations, AIDE (Association Internationale des Distributeurs d'Eau)

and IAWQ (International Association on Water Quality), the International Water Association is a scientific organization centered around the water supply, the treatment of wastes and related services. The IWA has approximately seven thousand members: national organizations (with the status of “governors”), corporate members (public and private), and individuals. Its scientific and technical activities have been developed by its members through fifty specialist groups. Findings are diffused through the IWA Publishing House (which has acquired recognition in academic circles), major conferences (such as world and development congresses) and regional meetings on targeted topics. Problems of all sorts related to water resources are – finally! – being taken into account in sustainable development goals, assessments of the impact of climate change on water resources and declarations about the “right to water”. The IWA, a key player in this new context, mobilizes professionals specialized on the water supply in pursuit of the objective of devising and sharing the solutions for tomorrow's problems.

The French Water Partnership: The voice of French players on water problems at the international level

Jean Launay, president of Partenariat Français pour l'Eau

Thanks to its long history of water management, France has acquired an internationally recognized position, its experience being of interest to several countries. This management, decentralized at the level of catchment basins, entails joint actions with all users. In 2015, the international community set seventeen sustainable development goals with an agenda for 2030. The sixth goal has to do with water resources. Governments are responsible for adopting the appropriate policies, and local decision-makers will be in charge of conducting the programs for reaching these goals. This context opens a vast opportunity for France and French diplomacy, in particular in economic matters – the opportunity to promote its experience, which, unique in the world, consists of innovations and joint actions with several operators. Public and private parties in France have joined the French Water Partnership to make their voice heard at the international level.

Miscellany

Deep-sea mineral resources: Major environmental stakes

Denez L'Hostis, president of France Nature Environnement (FNE)

In spite of anemic economies here and there on the planet, worldwide demand for minerals should rise steeply over the next twenty years. Some minerals are already scarce on land, or hard to extract “under satisfactory economic conditions”. Some are fully controlled by a few monopolies (firms or states), or located in countries ruled by dictators or with unstable governments, whence problems with ensuring a secure supply. Tensions will predictably flare up around the mineral resources essential to national economies and sovereignty. The potential mineral resources in the sea, as detected over the past forty years, are, beyond

any doubt, arousing the interest of a small number of operators. However public opinion has remained indifferent to this situation.

The price of coal and competitiveness

Fabrice Dambrine, engineer from the Corps des Mines, member of the Conseil d'État, chairman of Innovation, Competition and Modernization at the Conseil Général de l'Économie; and **François Valérian**, engineer from the Corps des Mines, editor-in-chief of Annales des Mines, associate professor of finance at the Conservatoire National des Arts et Métiers

France (after Luxembourg) is a European country with low CO2 emissions (in relation to its GDP) from energy sources

and industry. A financial levy on carbon emissions lowers profits and production in carbon-based firms. These effects are in direct proportion to the levy and the degree of carbonation in these firms. The exposure of these companies to international competition augments these effects while curtailing the impact on the reduction of carbon emissions. In fact, this impact might be canceled or reversed if the businesses in countries that export to France have a higher degree of carbonation. If the decision for this "carbon levy" is made in order to reach environmental goals, the totality of the sum raised by the levy should be reinvested in the economy so as to limit its negative effects.

Issue editor: Pierre Roussel

GÉRER & COMPRENDRE



n° 126 - Décembre 2016

Réalités méconnues

La gestion de l'apparence du personnel en contact dans l'hôtellerie de luxe

Nathalie MONTARGOT

L'épreuve des faits

La fiabilité organisationnelle au prisme des activités interstitielles

Jérémy EYDIEUX, Benoît JOURNÉ et Stéphanie TILLEMENT

Enseignement supérieur : mythes et réalités de la révolution digitale

Samia GHOZLANE, Aude DEVILLE et Hervé DUMEZ

Le professeur se réinvente : la révolution du « Smarty » !

Sarah ALVES et Laurence HÉLÈNE

Les conditions de la réussite de la relation de parrainage – Le cas emblématique de l'accompagnement des jeunes diplômés par l'association *NQT*

Damien COLLARD, Nathalie RAULET-CROSET, Jean-Baptiste SUQUET et Laure AMAR

En quête de théorie

Gouverner les molécules « sans données »

Généalogie de l'interdiction par l'autorisation dans REACH

Henri BOULLIER

Mosaïque

La créativité domestiquée

À propos du livre d'Adam Grant, *Originals: How Non-Conformists Move the World*, Viking, 2016, 336 pages

Céline FLIPO

La gestion des associations

À propos du livre de Julien Bernet, Philippe Eynaud, Olivier Maurel et Corinne Vercher-Chaptal, *La Gestion des associations*, préface de Géraldine Schmidt, Érès, 2016

Patrick GILBERT

Théories des organisations : les nouveaux tournants

À propos du livre de François-Xavier de Vaujany, Anthony Hussenot et Jean-François Chanlat, *Théories des organisations – Nouveaux tournants*, Paris, Economica, 2016, 584 pages

Yvon PESQUEUX

Bureaucratie

À propos du livre de David Graeber, *Bureaucratie*, Éditions Les liens qui libèrent, 2015

Jean-Marc WELLER

Pour plus d'information, nous invitons le lecteur à se reporter sur notre site :

<http://www.annales.org>

El agua dulce en el mundo, ¿Cómo gestionar un bien común?

Introducción

Pierre Roussel, Ingeniero general de puentes, aguas y bosques, Presidente de la Oficina Internacional del Agua

1 - Los retos relativos al régimen físico

Defender el agua en la Convención sobre el Clima

Jean-Luc Redaud, Presidente del grupo Agua y Clima de la Asociación francesa para el Agua (PFE), miembro de la Academia del Agua

Por regla general, el Acuerdo de París, aprobado en la COP21 (en diciembre de 2015), es considerado globalmente como un logro. El acuerdo ha creado un marco de cooperación reforzada y universal para el futuro, gracias a su objetivo de limitar el aumento de las temperaturas a menos de 2°C, al compromiso de los países participantes a orientarse hacia economías de bajo carbono resistentes al cambio climático, a la decisión de fijar un tope a las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a finales de este siglo, a un conjunto de contribuciones voluntarias de los Estados (INDCs) y a «soluciones» propuestas por muchos actores no gubernamentales y, finalmente, gracias al apoyo a las necesidades de adaptación o compensación de pérdidas y daños que responden a las amenazas que pesan sobre los países pobres.

A pesar de la relación estrecha que existe entre el agua y el clima, es preciso señalar que esta integración es aún incipiente en las negociaciones y políticas públicas.

No obstante, se ha observado una cierta tendencia, en particular durante la COP21 (París) y la COP22 (Marrakech), a tomar más en cuenta el tema del agua gracias a un mejor conocimiento del impacto potencial y, para muchos, al lugar creciente que ocupan los asuntos relacionados con la adaptación en las reflexiones de los participantes a las COP.

El agua, la alimentación y el clima, volver a la fuente del desarrollo sostenible

Guillaume Benoit, Miembro del Consejo General de la Alimentación, Agricultura y Espacios rurales (CGAAER)

El cambio climático aumenta las necesidades de agua de la agricultura y amenaza directamente la seguridad alimentaria. En su número del 19 de enero de 2017*, la revista *Nature* anuncia bajas en el rendimiento en los Estados Unidos del 49% para el maíz, 40% para la soja y 22% para el trigo, de aquí a 2100, en caso de exposición prolongada a temperaturas que oscilen entre 30 y 36°C y por causa de estrés hídrico. En la revista se identifica el riego como la solución clave de la adaptación. En todo el

mundo deberán realizarse cambios y adaptar sus esfuerzos, incluso en Francia, donde las políticas públicas de agua y de adaptación al cambio climático no responden a estos desafíos. En este artículo se enumeran las diferencias de disponibilidad de agua, subrayando la existencia de un déficit de visiones y de gestión integrada de los recursos naturales. Por otra parte, se presentan algunas soluciones emergentes para un desarrollo sostenible. Por último, se ponen de relieve las transformaciones necesarias en el campo de las políticas públicas.

[* Schaubberger et al., "Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models"].

Agua potable, ¡al fin una esperanza para miles de millones de personas!

Gérard Payen, Consejero para el Agua y Saneamiento del Secretario General de las Naciones Unidas (UNSGAB) de 2004 a 2015

Disfrutar de un acceso al agua potable es absolutamente normal en Francia metropolitana. Pero, en el mundo, es un desafío importante, que durante mucho tiempo se ha subestimado. Poco a poco, las estadísticas mundiales son cada vez más precisas. Para millones de personas (casi la mitad de la humanidad), el acceso al agua potable no es suficiente, los criterios del derecho humano al agua potable no se respetan. Las soluciones, al igual que los principales frenos y obstáculos, son de orden político. Actualmente se realizan progresos considerables, pero no son suficientes para poder hacer frente a todas las necesidades.

La adopción por parte de las Naciones Unidas, en este ámbito, de un objetivo muy ambicioso para 2030 en el marco de los objetivos mundiales de desarrollo sostenible (ODS) parece cambiar el panorama político mundial. Cada país tendrá que adaptar sus políticas públicas a fin de garantizar a toda su población un acceso al agua a un nivel superior al que las Naciones Unidas proponía hasta ahora. Esto representa la esperanza de una vida mejor para millones de personas. Ahora bien, la lentitud en el inicio de acciones concretas es inquietante. Sólo nos quedan catorce años para lograrlo.

Las aguas subterráneas

Ghislain de Marsily, Profesor emérito de la Sorbona (Universidad de París VI-Pierre et Marie Curie) y de la Escuela de Minas de París - Institut Mines-Télécom, y Mustapha Besbes, Profesor de Hidrogeología emérito de la Escuela Nacional de Ingenieros de Túnez - Universidad de Túnez El Manar

El agua contenida en el suelo y en el subsuelo constituye la mayor parte del agua que utiliza el hombre. En el artícu-

lo se describe la aparición, renovación o agotamiento de este recurso a nivel mundial, las amenazas causadas por actividades humanas que pesan sobre la calidad de las aguas, la seguridad interna y externa de las aguas subterráneas, así como las medidas encaminadas a preservarlas al igual que su gestión participativa.

La energía hidroeléctrica, un encuentro entre el agua y la energía

Yves Giraud, Director de Hidráulica del grupo EDF

La energía hidroeléctrica representa, hoy en día, la convergencia de los grandes desafíos del agua, energía, medio ambiente y clima. Desafíos a los que puede responder positivamente, gracias a las nuevas técnicas disponibles actualmente. Si estos problemas no se tratan de forma adecuada, dentro del marco de políticas separadas, rápidamente pueden volverse contradictorios entre sí (por ejemplo, la voluntad de desarrollar una energía renovable para luchar contra el calentamiento global y la de preservar los espacios naturales y el buen estado ecológico de los recursos hídricos). Por el contrario, si los Estados y los operadores los tratan y coordinan correctamente, la energía hidráulica podrá desempeñar un papel destacado en el mundo, como energía renovable que aporta su flexibilidad y capacidad de almacenar tanto agua como energía.

La biodiversidad de los medios acuáticos continentales en Francia metropolitana, panorama actual y amenazas

Paul Michelet, Director General adjunto de la Agencia francesa para la Biodiversidad

La superficie de los ecosistemas acuáticos continentales sólo representa el 0,8% de la superficie total del planeta, pero alberga como mínimo 6% de las especies que han sido descritas hasta hoy. Sin embargo, la biodiversidad acuática ha experimentado una regresión mundial. En Francia, sólo un 16% de los medios y las especies acuáticas y húmedas de interés comunitario se encuentran en un estado de conservación favorable. Los principales factores de la erosión de esta biodiversidad no sólo son la degradación del hábitat de las especies, en particular por la modificación de la morfología de los recursos hídricos (rectificación del lecho, artificialización de las orillas, obras transversales, etc.), sino también los vertidos contaminantes ocasionales y difusos, la introducción de especies exóticas invasoras, la sobreexplotación del recurso y el cambio climático. Si el efecto de estas diferentes fuentes de estrés sigue siendo difícil de entender, la aplicación de acciones de restauración que permitan actuar de manera coordinada sobre varios factores ha dado resultados alentadores.

2 - Los desafíos políticos y sociales

Water Supply to Big Cities: Training and Development Initiatives Implemented by South Africa's Largest Water Board: A Focus on the City of Johannesburg (Gauteng province, South Africa)

Wayida Mohamed, Maußen Miles, Asief Alli, Poppie Sera and Hendrik Ewerts, Rand Water, Johannesburg (South Africa)

People living in big cities around the world are supplied with potable water through sporadic water supply networks. In South Africa, water is generally supplied uninterrupted. However, the efficacy of water supply to big cities such as the city of Johannesburg (CoJ) may be destructively impacted due to various challenges the county is currently facing. A major challenge faced by the South African water sector is a shortage of critical water-related skills. South Africa's largest water board (SALWB) situated in the Gauteng province is implementing a number of training programmes to address the skills shortage challenges. Training and development (T&D) initiatives implemented by SALWB are aimed at capacitating the water sector to ensure sustainable water supply networks. Individuals obtaining qualifications through these T&D initiatives will focus on the full cycle of water supply (e.g. water conservation and water demand management, operation and maintenance of infrastructure as well as the quality of potable water). T&D initiatives discussed in this paper also focus on socio-economic benefits for the country and add meaningful value to the South African water sector.

La crisis del agua o la gestión continua de conflictos

Léna Salamé, Experta internacional en la diplomacia del agua

Los recursos hídricos y los beneficios que aportan son esenciales para cualquier forma de desarrollo. Su gestión debe ser eficiente y sana para que se pueda alcanzar cualquier objetivo de desarrollo sostenible y de erradicación de la pobreza. Paradójicamente, hasta nuestros días las actividades de desarrollo han puesto este mismo recurso bajo tanta presión que, en determinadas situaciones, el estrés hídrico aumenta las tensiones sociales y políticas y contribuye a la aparición de conflictos más o menos violentos, dependiendo de la escala geográfica.

Las herramientas disponibles para evitar o controlar los conflictos relacionados con el agua son numerosas. Sin embargo, aunque todas sean esenciales, no son suficientes. La voluntad política es fundamental para un cambio actual y real, mientras que el desarrollo de capacidades es una condición *sine qua non* para la transformación de un conflicto, de manera profunda y duradera.

Hidrodiplomacia y nueva masa de agua para la paz en Oriente Medio

Fadi Georges Comair, Presidente de honor de la Red Mediterránea de Organismos de Cuencas

El abastecimiento de agua es actualmente una fuente de conflicto en la ribera sur-este del Mediterráneo debido al contexto geopolítico, la escasez de este recurso, pero también al modo de gestión aplicado por varios países de la región. Los ejemplos concretos de la ribera sur-este del Mediterráneo han demostrado que el riesgo de conflicto es tanto más fuerte cuanto el país más vulnerable desde el punto de vista hídrico, situado aguas abajo de la cuenca, es el más poderoso en el plano militar. Esos países viven en un clima de pánico perpetuo o incluso de obsesión hidráulica, con el temor constante de que su suministro de agua pueda un día verse amenazado.

Las organizaciones de las Naciones Unidas y de la Unión Europea, así como la Unión del Mediterráneo (UPM), realizan enormes esfuerzos para encontrar soluciones a estos conflictos con la esperanza de invertir la situación en favor de una cooperación regional, consolidando así una paz permanente entre los países ribereños. Los textos legislativos, tales como la Nueva Estrategia mediterránea del Agua (que no ha sido aprobado por los países miembros), las convenciones de las Naciones Unidas (1992, 1997) y la Directiva marco sobre el Agua (DMA) de la Unión Europea podrían ser herramientas importantes y fiables que permitan realizar acuerdos y firmar tratados entre las naciones. Pero siguen siendo raramente utilizados. Por regla general, los países ribereños exigen garantías de reparto equitativo de los recursos entre los usuarios y prefieren aplicar el método de gestión de seguridad para los recursos hídricos internacionales.

Water and Climate Change Policy: A Brief History for Future Progress

Maggie White and John H. Matthews, Alliance for Global Water Adaptation (AGWA), Karin Lexén and Sofia Widforss, Stockholm International Water Institute (SIWI), and Diego J. Rodriguez, The World Bank Group

For most of the water community today, it seems self-evident that sustainable freshwater resource management is critical to tackling climate change. Reducing greenhouse gas emissions through cleaner energy sources, sequestering carbon from the atmosphere, and enabling effective climate-impact adaptive mechanisms for agriculture, ecosystems, cities, and energy systems cannot succeed without taking into account freshwater resources. In turn, it is also understood that many aspects of climate policy have direct impacts on water management decisions, including national and regional energy and water sharing policies, investment and finance strategies for water, and how water projects and their purposes are framed. Historically, water and climate change have been poorly integrated institutionally, partially due to a lack of appreciation by both the climate and water communities of how deeply the two facets are entwined. In truth, much has been accomplished: institutions and roles in both communities have been evolving, and the outline of a new synthesis is emerging. This article describes in three parts how the water community has evolved over the past two decades in its articulation of water-climate policy and its engagement with the climate change community.

Riesgos ambientales y riesgos sanitarios asociados a la contaminación de las aguas

Yves Lévi, Facultad de Farmacia, Universidad Paris Sud, UMR 8079 CNRS, Agro-ParisTech

El hombre ha confiado siempre al medio ambiente la función (gratuita) de hacer desaparecer o alejar sus residuos indeseables. Esta situación podía mantenerse mientras tales residuos eran (bio)degradables. Lamentablemente, los avances considerables logrados por la química desde 1950 han generado una gran variedad de moléculas, algunas de las cuales, casi indestructibles, han ampliamente contaminado todas las corrientes de agua en nues-

tro planeta. Ya que los tratamientos curativos han demostrado sus límites, la protección y restauración de la calidad de los recursos hídricos deben ahora considerarse como prioridades fundamentales, no sólo para crear un entorno que sea capaz de recuperar una dinámica vital, sino también para proteger la sanidad pública.

3 - Las respuestas institucionales y financieras

La gestión de cuenca se impone en todo el mundo para organizar la adaptación al cambio climático

M. Roberto Ramírez de la Parra, Director General de CONAGUA y Presidente mundial de la Red Internacional de los Organismos de Cuenca (RIOC)

En muchos países de todo el mundo, el cambio climático afecta desde ya (y afectará cada vez más) la cantidad y calidad del agua dulce y los ecosistemas acuáticos debido, principalmente, a la intensidad y frecuencia creciente de eventos hidrológicos extremos tales como inundaciones y sequías. En este contexto, las cuencas de los ríos, lagos y acuíferos son los territorios naturales donde el agua fluye, en la superficie o en el subsuelo. Así, la gestión de los recursos hídricos y la adaptación al cambio climático deben ser organizadas a esta escala especialmente apropiada para ello.

La cooperación franco-china en materia de desarrollo de la gestión del agua por cuenca hidrográfica en el contexto del cambio climático

Chao Lin, Director de la Oficina de Protección de los recursos hídricos de la Comisión de conservación del río Hai (China), y Gwendal El Divechen, encargado de proyecto China de la Oficina Internacional del Agua

China se enfrenta a una grave crisis del agua que desde ya tiende a empeorarse debido a los efectos del cambio climático.

La cuenca del río Hai (318 000 km²), que cuenta con 130 millones de habitantes, es una de las zonas económicas más desarrolladas de China. Pero la fuerte urbanización e industrialización creciente generan graves presiones sobre los recursos hídricos de esta región del noreste de China.

Con el fin de evitar una crisis relacionada con la escasez de estos recursos y una rápida degradación de su calidad, el Gobierno chino ha desarrollado muchas cooperaciones internacionales para mejorar sus métodos de gestión del agua.

En este contexto, el Ministerio chino de Recursos Hídricos y el ministerio francés de Ecología y Desarrollo Sostenible, han firmado, en diciembre de 2009, un acuerdo de cooperación para la puesta en marcha de intercambios de experiencias entre los dos países y un fortalecimiento de las capacidades de China en materia de gestión integrada y de protección de los recursos hídricos en la cuenca del río Hai.

Un primer proyecto piloto en la subcuenca del río Zhou (2 100 km²) incluye la creación de un grupo de coordina-

ción operativo (con la participación de expertos chinos y expertos franceses) y el establecimiento de un balance de los recursos hídricos, un plan de gestión de éstos, así como un programa de medidas para responder a los grandes desafíos de la subcuenca.

Esta cooperación franco-china entra hoy en una nueva etapa extendiéndose a una escala más importante, la de la cuenca del río Luan (55 500 km²).

La gestión del riesgo de inundación por parte del Estado

Marc Mortureux, Director general de la prevención de riesgos del Ministerio de Medio Ambiente, Energía y del Mar

Francia se ha dotado de una política de prevención y gestión de riesgos de inundación muy estructurada, que moviliza al Estado, sus establecimientos públicos y a los entes locales para proteger a las personas y los bienes.

El reto es muy importante ya que el calentamiento global aumenta el riesgo de desastres naturales: ahora la necesidad es adaptarnos a las consecuencias más intensas de ciclos que alternen lluvias intensas y períodos de sequía.

La estrategia puesta en marcha por Francia en este campo se centra en la prevención: el objetivo es evitar el aumento de la exposición al riesgo de inundaciones a través de una política adecuada en materia de urbanismo y ordenación del territorio, a través de los planes de prevención de riesgos (PPR). Esta estrategia va acompañada de diferentes medidas para reducir la vulnerabilidad de los territorios y desarrollar la cultura del riesgo dentro de la población; a ello contribuyen los programas de acción para la protección contra las inundaciones (PAPI).

Por otra parte, Francia ha creado medios de supervisión y vigilancia meteorológica e hidrológica eficientes para poder anticipar la aparición de inundaciones y adoptar las medidas necesarias en situaciones de crisis.

Prevención del riesgo de inundación, ¿vale más protegerse o adaptarse?

Stéphanie Bidault, Directora del Centro Europeo de Prevención de riesgos de inundación (CEPRI)

El territorio francés está muy expuesto a las inundaciones. Durante mucho tiempo, la política de gestión de este riesgo se ha centrado únicamente en la protección, ya que todo el mundo se creía seguro gracias a los diques. El desafío de los próximos años será cambiar de enfoque y perspectiva. Nuestras frágiles ciudades modernas deben adaptarse al riesgo de inundación para adquirir mayor robustez y poder recuperarse, tras los próximos eventos climáticos. Hay que aprender a articular entre sí todos los ejes de las políticas de prevención, tal como lo afirman herramientas como los programas de acciones de prevención de inundaciones (PAPI) y las estrategias locales de gestión de riesgos de inundación (SLGRI). Los territorios franceses solo podrán enfrentar estos riesgos si todos los actores, tanto públicos como privados, se comprometen e invierten en ello. El Estado y los entes territoriales deben reflexionar y participar conjuntamente en las reflexiones

sobre la ciudad del mañana, más preparada para enfrentar el riesgo de inundaciones.

Los servicios de agua y saneamiento en Francia, un modelo precursor, en el pasado y el presente

Bertrand Camus, Presidente de la Federación profesional de empresas de agua (FP2E)

El modelo de la gestión del agua francés es admirado en todo el mundo: gestión local, transparencia de la competencia, conocimientos, innovación y planes hechos a la medida. En Francia, el modelo sigue perfeccionándose con el fin de responder mejor a los nuevos retos de los territorios y de la gobernanza.

El agua dulce en el mundo. ¿Cómo gestionar un bien común?

La acción europea

Michel Dantin, Diputado europeo

El agua, tema eminentemente político, es también, desde hace tiempo, un tema de interés a nivel de la Unión Europea. En más de cuarenta años, la construcción europea ha hecho emerger la política en favor de la protección del agua más ambiciosa del mundo, a la escala de un continente. La Directiva marco sobre el agua es su principal instrumento. Frente a los desafíos del cambio climático y la intensificación de las actividades humanas, el abastecimiento de agua de calidad y en cantidad suficiente está amenazado en las próximas décadas. Frente a estos desafíos, la acción de Europa se orienta en torno a tres objetivos fundamentales: a) mejorar la aplicación de las legislaciones europeas sobre el agua, apoyando la coordinación entre los actores de todos los niveles de gobierno; b) integrar la política del agua en los distintos ámbitos de la economía que tienen un impacto sobre la calidad del recurso; y c) aplicar los principios de la economía circular al agua con el fin de fomentar la prevención, reciclado y reutilización de aguas residuales.

El Consejo Mundial del Agua, un desafío mundial para un recurso local

Sophie Auconie, Gobernadora del Consejo Mundial del Agua, co-presidenta del Círculo francés del Agua

El Consejo Mundial del Agua (CMA) es una plataforma multi-actores cuyo objetivo es portar la voz de los protagonistas del agua a nivel internacional. Co-organiza los Foros Mundiales del Agua, grandes reuniones internacionales, y en la actualidad centra su programa de acciones sobre el acercamiento de los actores a través de una hidro-diplomacia activa.

Hoy en día, el Consejo Mundial del Agua se enfrenta a nuevos desafíos con la aprobación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el cambio climático y la multiplicación de los eventos mundiales en el campo del agua. Los foros mundiales han permitido avanzar en los temas del agua en la agenda internacional, pero el Consejo debe mantener sus esfuerzos para aumentar la fuerza política de la Organización.

Mientras que los encuentros de alto nivel se multiplican, el CMA debe asegurarse de que sus actividades se cen-

tran en la protección del agua, este recurso vital, y en su integración en la aplicación de los ODS. El impacto en términos de acceso al agua como de saneamiento se ve y se verá claramente, en el futuro de la población, directamente sobre sus territorios.

La *International Water Association* (IWA), la asociación de profesionales del agua y saneamiento

Diane d'Arras, Presidenta de la *International Water Association* (IWA)

Creada en 1999 de la fusión de dos grandes asociaciones, la AIDE (Asociación Internacional de distribuidores de agua) y la IAWQ (*International Association on Water Quality*), la *International Water Association* (IWA) es una asociación científica sobre el agua, saneamiento y servicios asociados. La asociación cuenta con unos siete mil miembros: asociaciones nacionales (que tienen el estatuto de «gobernadores»), miembros *corporate* públicos o privados y miembros individuales. La actividad científica y técnica de la IWA es desarrollada por sus miembros a través de 50 «*Specialists Groups*». Luego se comparte gracias a la *IWA Publishing*, editorial reconocida en el ámbito científico, y a través de conferencias de gran importancia, como los «*World Congresses*» y «*Development Congresses*», o en las conferencias más regionales sobre temas más específicos. En un momento en el que se observa (finalmente!) una concienciación de los problemas del agua en todos sus aspectos a través de declaraciones sobre el «derecho al agua», «los objetivos del desarrollo sostenible», y la medida del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos, la IWA es uno de los actores clave de la movilización de profesionales del agua, para aportar y compartir las soluciones del mañana.

La asociación francesa para el agua, la voz de los agentes franceses del agua a nivel internacional

Jean Launay, Presidente de la Asociación francesa para el Agua

En el ámbito del agua, Francia ostenta una larga historia que le otorga un lugar eminentemente reconocido a nivel internacional. Su cultura de la gestión del agua, a la vez descentralizada para las cuencas hidrográficas y concertada con todos los usuarios, interesa desde hace tiempo muchos países en el mundo.

En 2015, la comunidad internacional se ha fijado 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Estos ambiciosos objetivos buscan dar al mundo un nuevo impulso para el año 2030.

El sexto de estos ODS (llamado «ODD6» en este artículo) está dedicado al agua.

Los Estados son responsables de la aplicación integrada de estos objetivos; ellos deben establecer las políticas adecuadas. Por su parte, los responsables locales serán los agentes encargados de la realización de proyectos que cumplan con estos objetivos.

Este contexto constituye una formidable oportunidad para Francia, en el plano de sus relaciones diplomáticas y más concretamente de su diplomacia económica, de valorizar

una experiencia multi-actores única en el mundo y plena de innovaciones. Es por esto que, para que su voz se escuchara mejor a nivel internacional, los actores públicos y privados franceses de este campo se han agrupado en torno a la Asociación francesa para el Agua.

Otros temas

Recursos minerales de los fondos oceánicos: desafíos ambientales considerables

Denez L'Hostis, Presidente de France Nature Environnement (FNE)

A pesar de algunos ahorros no muy representativos, la demanda mundial en recursos minerales conocerá un crecimiento muy fuerte en los veinte años venideros. Varios de estos recursos terrestres se han vuelto raros o difíciles de extraer en condiciones económicas satisfactorias; algunos están incluso en manos de unos pocos (monopolios, Estados), bajo regímenes dictatoriales y/o inestables (lo que produce problemas para la seguridad del abastecimiento). Por lo tanto, es fácil prever fuertes tensiones en el campo de recursos esenciales para el desarrollo de las economías y la soberanía de los Estados. Es evidente que las posibilidades submarinas minerales, reveladas estos últimos cuarenta años, suscitan un interés real y creciente por parte de un pequeño número de actores, en una gran indiferencia de la opinión pública.

Precio del carbono y competitividad

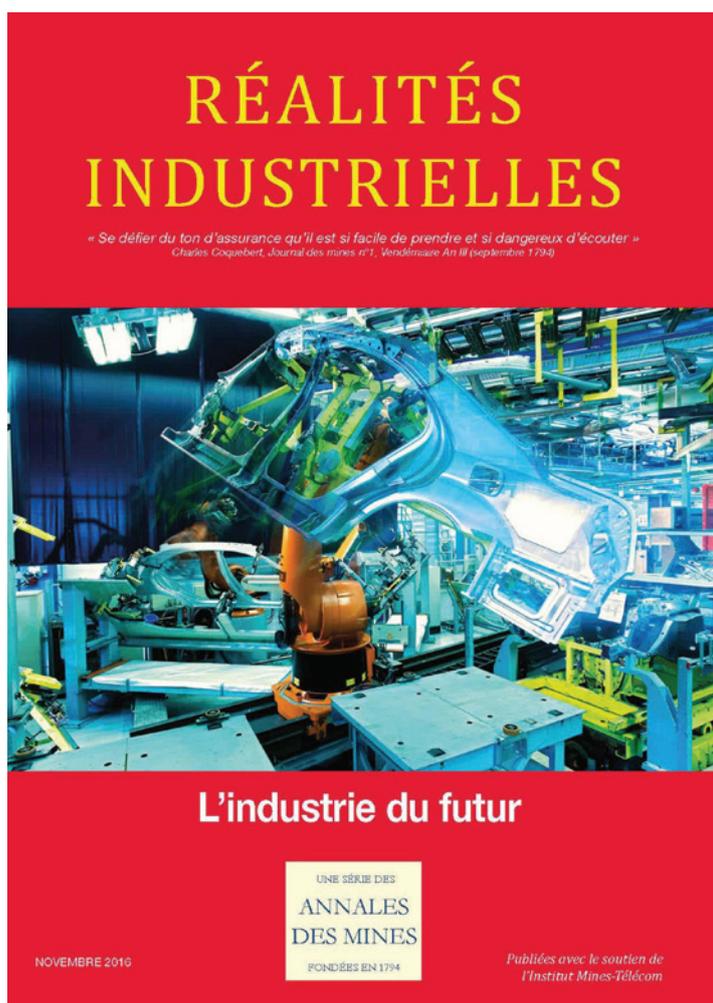
Fabrice Dambrine, Ingeniero general de minas, Consejero de Estado en servicio extraordinario y Presidente de la sección «Innovación, competitividad y modernización» del Consejo General de la economía, y François Valérian, Ingeniero general de Minas, Redactor jefe de los *Annales des Mines* y Profesor asociado de finanzas del Conservatoire National des Arts et Métiers

En Europa, Francia es, después de Luxemburgo, el país cuyas emisiones de CO₂ de origen energético e industrial comparadas con el PIB son las más bajas. Sin embargo, una tasa financiera sobre las emisiones de carbono disminuye tanto el beneficio como la producción del sector generador de emisiones de carbono, estos efectos son más importantes cuando el aumento de la tasa y el grado de carbonación del sector son importantes. La exposición del sector a la competencia internacional amplifica estos efectos, disminuyendo el impacto sobre la reducción de emisiones de carbono, este impacto puede incluso anularse o ser contrario si los sectores de los países de donde proceden las importaciones son grandes emisores de carbono. Si, de todos modos, se decide imponer una tasa sobre las emisiones de carbono para cumplir con los objetivos ambientales, habría que invertir en la economía la totalidad de las sumas recaudadas para limitar los efectos negativos de las tasas.

El dossier ha sido coordinado por Pierre Roussel

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

L'industrie du futur



Introduction - Denis RANQUE

Les nouveaux enjeux de l'industrie

Qu'attendre des mutations en cours en matière de compétitivité, condition clé de la survie de l'industrie en France ?

Philippe VARIN

L'industrie face à un double défi : les nouveaux usages numériques et l'argent facile - **François BOURDONCLE**

De l'industrie tolérée à l'industrie désirée – Quelques paradoxes sur l'industrie et ses représentations - **Thierry WEIL**

Les mutations du travail : leurs registres et leurs temporalités
Michel LALLEMENT

L'entreprise frugale - **Mireille CAMPANA**

Les technologies génériques de l'usine du futur

À quoi l'usine du futur ressemblera-t-elle ?

Karine GOSSE et Michel DANCETTE

Calcul intensif et simulation numérique - **Christian SAGUEZ**

L'usine cyberphysique : usine connectée, simulée et reconfigurable - **Christophe de MAISTRE**

La robotique - **Jean-Paul LAUMOND**

Les politiques nationales et régionales de modernisation de l'industrie

Tour d'horizon des politiques d'« Industrie du futur »

Thibaut BIDEY-MAYER

Industrie 4.0 : comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux ?

Dorothee KOHLER et Jean-Daniel WEISZ

Le plan français « Industrie du futur »

Pascal FAURE et Philippe DARMAYAN

Comment promouvoir la modernisation des PME ?

François PELLERIN

La transformation numérique des filières industrielles, un facteur-clé de leur compétitivité et de leur survie

Novembre 2016

La nécessité de disposer de standards d'échange et de plateformes collaboratives numériques - **Pierre FAURE**

Quelques réalisations

Des projets digitaux à la transformation digitale de l'entreprise
Karine BOISSY-ROUSSEAU et Laurelyne VERGUET

Les technologies de l'usine du futur au service de la maintenance industrielle - **Benjamin GODREUIL et Emmanuelle SAUDEAU**

L'effet d'attractivité de la performance connectée

Laurent COUILLARD et Étienne DROIT

Michelin, acteur de la mobilité digitale - **Éric CHANIOT**

Le dossier est coordonné par Denis RANQUE et Thierry WEIL

Pour plus d'information, nous invitons le lecteur à se reporter sur notre site :

<http://www.anales.org>

ALLI Asief

Asief Alli travaille au sein de Rand Water, une société sud-africaine d'approvisionnement en eau.

AUCONIE Sophie



© World Water Council
JM Huron

Diplômée de l'École supérieure de commerce et de management de Tours, Sophie Auconie débute sa carrière comme cadre consulaire à la Chambre de commerce et d'industrie d'Indre-et-Loire. Elle a travaillé sous statut d'artisan dans le domaine de l'importation et de la transformation de produits de décoration et d'art de la table. Elle a par la suite créé un cabinet de consultants dans le

domaine des affaires publiques européennes et, plus spécifiquement, des financements européens.

Elle débute sa carrière politique en 2008 en devenant conseillère municipale d'opposition à Tours, puis Parlementaire européenne en 2009. Elle entre au bureau exécutif de l'UDI, dont elle est l'un des membres fondateurs. En 2014, elle y est nommée sixième vice-présidente en charge des nouveaux talents et de la féminisation. Elle est, par ailleurs, présidente nationale de l'association Femmes au Centre et est membre du Comité directeur du Mouvement Européen France.

Très investie sur les questions liées à l'eau, Sophie Auconie est co-présidente du Cercle français de l'Eau, vice-présidente du Comité national de l'Eau et gouverneure au Conseil mondial de l'Eau.

BENOIT Guillaume



D.R

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts, Guillaume Benoit est membre du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER). Il a été directeur du Plan Bleu pour la Méditerranée (Nations Unies) de 1998 à 2006, puis conseiller du Président du Conseil général du développement agricole du Maroc. Au

CGAAER, il a coordonné les rapports « Eau et sécurité alimentaire » (2012), « La France et ses campagnes 2025-2050 » (2013), « Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique » (2015), « Eau, agriculture et changement climatique : statu quo ou anticipation ? » (en cours de rédaction). Il est directeur scientifique des séminaires internationaux SESAME sur la gestion des ressources naturelles, le changement climatique et la sécurité alimentaire en Méditerranée et en Afrique de l'Ouest, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France et président du groupe « Eau et sécurité alimentaire » du Partenariat français pour l'Eau.

BESBES Mustapha



D.R

Docteur ès sciences de l'Université Pierre et Marie Curie à Paris, Mustapha Besbes est professeur d'hydrogéologie émérite à l'École nationale d'ingénieurs de Tunis, Université de Tunis El Manar. Ses activités portent sur l'hydrologie et les eaux souterraines, la gestion et les politiques de l'eau, les ressources en eau dans les régions arides. Il est membre de l'Académie tunisienne des Sciences, des Lettres et des Arts Beit AlHikma et est membre associé étranger de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

BIDAULT Stéphanie



© CERPI

Après un DEA de droit public et des travaux de doctorat associés à une charge d'enseignement des matières liées au droit des risques naturels, Stéphanie Bidault rejoint en 2007 le CEPRI (Centre européen de prévention du risque inondation), qu'elle dirige aujourd'hui.

À la tête d'une équipe pluridisciplinaire, elle met ses compétences au service des collectivités territoriales afin de promouvoir de nouvelles approches de la prévention du risque inondation dans les territoires (approche stratégique, adaptation, résilience...). Dans ses missions, elle accompagne les membres et partenaires de l'association dans leur réflexion face au risque. Elle participe également à l'ensemble des discussions nationales aux côtés de l'État français pour porter la voix des collectivités, en particulier dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive inondation et de l'acquisition de la nouvelle compétence GEMAPI. Elle a collaboré à plusieurs publications portant sur le thème de la prévention du risque d'inondation.

CAMUS Bertrand



D.R

Président de la Fédération professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E), Bertrand Camus est directeur général Eau France du groupe Suez depuis 2015.

La FP2E regroupe la quasi-totalité des entreprises assurant, après mise en concurrence, la gestion des services d'eau et d'assainissement en France.



CHAO Lin

Directeur du bureau de la protection des ressources en eau au sein de la Commission de conservation du fleuve Hai (HWCC), Chao Lin est en charge de la planification des actions de restauration de la qualité de la ressource sur l'ensemble du territoire correspondant au bassin

D.R

du fleuve Hai. Chao Lin est très impliqué dans le projet de coopération franco-chinois qu'il supervise dans ses aspects techniques. Dans l'exercice de ses fonctions, il a participé à la COP21, durant laquelle il a co-signé avec Mme Ségolène Royal, ministre de l'Environnement, un protocole entérinant la poursuite de la coopération entre la Chine et la France sur la gestion de l'eau.

COMAIR Fadi Georges



Fadi Georges Comair est diplômé de l'École nationale des Ponts et Chaussées et de l'Université Claude Bernard Lyon I (il est titulaire d'un doctorat d'État en énergétique hydraulique, mention très honorable). Il a aussi complété sa formation dans des universités du Texas ainsi qu'à Harvard.

D.R

Il a été chef de service au CERIB de 1987 à 1993. De retour au Liban en 1993, il est tout d'abord nommé président du conseil d'administration de l'Office national du Litani, puis successivement directeur général des ressources hydrauliques et électriques au ministère de l'Énergie et de l'Eau et directeur du Centre de recherche sur l'eau, l'énergie et l'environnement à l'Université Notre Dame, où il enseigne. Fadi Georges Comair a pratiqué et expérimenté les négociations sur les cours d'eau transfrontaliers que sont l'Oronte, le Kebir et le Jourdain.

Il est actuellement président de la Commission libanaise sur les cours d'eau internationaux, président honoraire du REMOB et vice-président du SEMIDE.

Déjà membre de l'UpM et de l'EWRI-ASCE, Fadi Georges Comair a également été désigné en tant que membre du comité du Conseil de l'Unesco pour l'eau et les établissements humains, membre du Collège des personnalités de l'Académie de l'Eau, de l'Académie d'Éthique-France, de l'IPEMED, du comité stratégique du Plan Bleu, du Comité d'experts du GWP-Med-EUWI D.WRE.

Il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur l'hydro-diplomatie de l'eau au Moyen-Orient et de plus de 200 publications, dont notamment, pour les plus récentes : *Science Diplomacy and Transboundary Water Management: The Orontes River Case*, Unesco 2015 ; *L'Hydro-diplomatie pour la paix au Moyen-Orient*, actes, Sénat, décembre 2015 ; *Pacte de Paris pour la gestion des bassins nationaux et transfrontaliers COP21*, 2 décembre 2015 et *L'Après COP21 : politiques d'adaptation pour le Moyen-Orient*, Beyrouth, 15 mars 2016. Au titre des nombreuses initiatives auxquelles il a pris part,

on peut citer : Semaine de l'Eau, Beyrouth ; Gestion durable du territoire, FFA ; Plan stratégique décennal, Liban ; Stratégie pour l'Eau, UpM ; Plan Solaire Méditerranéen ; Conception/construction de 39 barrages/réservoirs/lacs, et de stations de traitement des eaux usées ; Recharge d'aquifères, côte libanaise ; Stratégie d'adaptation au changement climatique ; conflits sur les ressources en eau : le cas des migrants syriens ; PPP – Gouvernance – hydro-diplomatie – économie de l'eau ; Ressources en eau non conventionnelles (voir GIRE) : Nouvelle Masse d'Eau ; Eau, énergie, alimentation et écosystèmes : Nexus au niveau transfrontalier...

Il est Chevalier de l'Ordre national de la Légion d'Honneur (France, 2016), Chevalier de l'Ordre national du Mérite (France, 2010), Pro Ecclesia et Pontifice (Vatican, 2011), Commandeur de l'Ordre national du Cèdre (Liban) et Première classe de l'Ordre du Mérite (Liban).

DAMBRINE Fabrice

Ingénieur général des Mines, Fabrice Dambrine est Conseiller d'État en service extraordinaire et est président de la section « Innovation, compétitivité et modernisation » du Conseil général de l'Économie. Il débute sa carrière administrative en 1979 comme chef de la division Automobiles à la direction interdépartementale de l'Industrie d'Île-de-France. De 1982 à 1985, il est sous-directeur de la pollution de l'air au ministère de l'Environnement. Il rejoint ensuite la direction des Hydrocarbures, où il est successivement chef du service Raffinage-Utilisation, puis adjoint du directeur. Entre 1992 et 2000, il exerce diverses responsabilités dans le secteur privé, notamment au sein du groupe Elf-Aquitaine (devenu aujourd'hui TOTAL). De 2000 à 2005, il est chargé de mission auprès du directeur général de l'Énergie et des Matières premières, où il est chargé en particulier de l'organisation du grand débat national sur les énergies. Il est parallèlement nommé, en 2002, Haut fonctionnaire au Développement durable du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie. En 2003, il devient membre du conseil général des Mines, devenu aujourd'hui le Conseil général de l'Économie, de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies. En 2009, il est nommé, au sein de ce même conseil, président-suppléant de la section « Technologies et Société » et, depuis 2012, président de la section « Innovation, compétitivité et modernisation », fonctions qu'il occupe toujours aujourd'hui.

DANTIN Michel



D.R

Michel Dantin est député européen et maire de Chambéry. Après avoir occupé entre 1981 et 2002 diverses fonctions au sein des organisations professionnelles agricoles de Savoie, Michel Dantin a été nommé inspecteur général de l'Agriculture. De 2002 à 2009, il a servi en qualité de conseiller au sein des Cabinets

de trois ministres de l'Agriculture : Dominique Bussereau,

Hervé Gaymard et Michel Barnier.

Conseiller municipal de Chambéry depuis 1983, Michel Dantin a été élu maire de Chambéry en 2014. Précédemment, il a siégé au sein du Conseil général de la Savoie de 1985 à 1998.

Investi dans la protection de l'eau et des milieux aquatiques, il assure la présidence du Comité de bassin Rhône-Méditerranée depuis 2008, du Contrat de bassin versant du lac du Bourget depuis 1999 et du Comité inter-syndical d'assainissement du lac du Bourget depuis 2008. Au Parlement européen, Michel Dantin est membre de la commission de l'agriculture et de la commission de l'environnement. Il préside le groupe de travail « Gestion de l'eau & Agriculture ».

D'ARRAS Diane



D.R

Après trois ans d'exercice au sein d'une Agence de l'Eau à sa sortie de l'École des Ponts (1977), Diane d'Arras a fait toute sa carrière au sein du groupe Suez, leader reconnu des métiers de l'eau et des déchets, dont le chiffre d'affaires actuel est de 16 milliards d'euros et qui emploie 80 000 collaborateurs à travers

le monde. Elle vient de prendre la présidence de l'*International Water Association*, l'association professionnelle internationale comptant plus de 7 000 membres.

Après une expérience de management de terrain en France et à l'international, en particulier comme directrice des opérations à Buenos Aires (7 millions d'habitants ; 4 000 collaborateurs), elle exerce en qualité de directrice Technologie, métiers et recherche de 2003 à 2010, au sein du COMEX de Suez Environnement. Elle y acquiert une très forte compétence en matière de stratégie de recherche, d'innovation et de technologies, compétence reconnue au niveau français à travers son entrée en 2015 à l'Académie des technologies, et à l'étranger en tant que membre du conseil d'administration de l'IWA.

Diane d'Arras a été responsable du développement organique et financier du groupe Suez, dans le domaine de l'eau et l'assainissement, en Europe centrale et en Europe du Sud, avec ses composantes M&A, dans des contextes de gouvernance complexes (diversités culturelle, réglementaire et législative).

Elle est, depuis plus de quinze ans, membre de conseils d'administration de sociétés, dont ACEA, une société italienne cotée à la Bourse de Milan.



© Antoine Meyssonier

DE MARSILY Ghislain

Professeur émérite à Sorbonne Universités (Paris VI-Pierre-et-Marie-Curie) et à l'École des Mines de Paris, Ghislain de Marsily est membre de l'Académie des sciences, de l'Académie des technologies, de l'Académie d'agriculture de France et est

membre étranger de l'US Academy of Engineering. Ingénieur civil des mines, il a obtenu sa thèse d'État à Paris VI en 1978 et a enseigné la géologie appliquée à l'École des Mines de Paris, puis à l'Université Paris VI. Son domaine d'activité touche aux eaux souterraines, à la ressource globale en eau, à sa protection et à sa gestion, à la gestion des déchets enfouis dans le sol et au développement durable, dont l'eau est un élément fondamental (un élément qu'affecte le changement climatique).

EWERTS Hendrick

Hendrick Ewerts travaille au sein de Rand Water, une société sud-africaine d'approvisionnement en eau.

GIRAUD Yves



D.R

Yves Giraud est directeur de la division Production et ingénierie hydraulique d'EDF. Il a effectué toute sa carrière à EDF, y exerçant différents métiers et responsabilités, comme la construction de centrales nucléaires du dernier palier 1 400 MW à la fin des années 1980, la distribution à « EDF-GDF Services » dans les années 2000, l'élaboration

de la stratégie du groupe ou bien encore la préparation du groupe à l'ouverture du marché des particuliers à la concurrence en 2007. Il est diplômé de l'École polytechnique (X81) et de l'École des Mines de Paris (P83), au sein de laquelle il a enseigné l'économie pendant plusieurs années.

LAUNAY Jean



D.R

Ancien inspecteur du Trésor, Jean Launay est député de la 2^{ème} circonscription du département du Lot depuis juin 1998 et est membre de la Commission des Affaires étrangères de l'Assemblée Nationale.

Président du Comité national de l'Eau depuis octobre 2012 (désigné par la ministre de l'Écologie),

il est également président du Partenariat français pour l'Eau depuis mars 2016 et président européen du Réseau international des organismes de bassin (RIOB) depuis octobre 2016.

Au plan local, il est membre du conseil d'administration de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, et a été président du Syndicat mixte d'aménagement et de gestion de l'eau (SYMAGE) de la vallée de la Dordogne lotoise. Il est l'auteur du rapport d'information « La gestion de l'eau sur le territoire », rédigé en 2003 au nom de la délégation à l'aménagement et au développement durable du territoire de l'Assemblée Nationale.

En 2013, il a cosigné une tribune avec Michel Rocard « Gestion de l'eau en France : ne pas jeter le bébé avec l'eau du bain »

LE DIVECHEN Gwendal



D.R

assurant la coordination entre l'ensemble des partenaires français et chinois du projet.

Diplômé du Mastère spécialisé « *International Environmental Management* » de Mines ParisTech et de l'Université chinoise de Tsinghua, Gwendal Le Divechen s'est spécialisé dans le domaine de la gestion des ressources en eau. Installé depuis 2015 à Pékin, il collabore au projet de coopération franco-chinois sur la GIRE dans le bassin du fleuve Hai en

LÉVI Yves

Yves Lévi est membre de l'Académie des technologies, membre correspondant de l'Académie nationale de médecine, membre de l'Académie nationale de pharmacie et vice-président de l'Académie de l'eau.

Il est membre depuis 1997 du groupe de recherche Santé publique environnement de l'UMR 8079 « Écologie systématique et évolution » Université Paris Sud – CNRS – AgroParisTech.

Ses activités de recherche sont consacrées aux risques environnementaux et sanitaires liés aux micropolluants organiques présents dans les eaux (perturbateurs endocriniens, résidus de médicaments, drogues illicites). Il est le co-créateur et le co-responsable du Master « Santé publique et risques environnementaux ».

Il est administrateur de l'Université Paris Sud et de l'Université Paris Saclay, et est membre du Comité national des Universités.

Il est également président du comité d'experts « eaux » de l'Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES).

De 1992 à 1997, il a été responsable d'un groupe de recherche sur le maintien de la qualité des eaux potables dans les réseaux de distribution, au Centre de recherche du groupe Suez-Lyonnaise des eaux.

De 1983 à 1992, il a été directeur-adjoint du Laboratoire central, puis directeur d'un groupe de recherche et d'innovation en traitement et distribution des eaux potables (groupe Compagnie générale des eaux (Veolia)).

Il est Chevalier dans l'Ordre de la Légion d'honneur et Officier dans l'Ordre des palmes académiques.

LEXÉN Karin

Karin Lexén is Director of SIWI's World Water Week, and its prizes, including the Stockholm Water Prize and Stockholm Junior Water Prize. She leads SIWI's engagement on international policy, such as the UN's development goals and the global climate policy processes, driving SIWI's advocacy of water issues in the international environmental politics arena. Karin Lexén joined SIWI in 2007, and until 2012, was Director of SIWI's Swedish Water House (SWH) - a neutral platform for Swedish actors interested in international water issues. Prior to joining SIWI, Karin worked as the International Policy Director at the Church of Swe-

den and with the Swedish Ministry for the Environment. A Swedish national, Karin Lexén has 30 years of experience in international environmental and development politics. She studied and researched environmental chemistry at Stockholm University and the Swedish Environmental Protection Agency, and speaks both English and Swedish.

L'HOSTIS Denez

Denez L'Hostis a été élu président de France Nature Environnement en avril 2014 lors de l'Assemblée générale annuelle de cette association, qui réunit les associations membres de la fédération.

Denez L'Hostis est depuis plus de 40 ans engagé dans la protection de l'environnement. Militant de terrain, il a participé aux grandes luttes fondatrices du mouvement écologiste, s'opposant à l'extension du camp militaire du Larzac, puis à l'installation d'une centrale nucléaire à Plogoff (Finistère). Contestataire et constructif, il a proposé dès les années 1970 des mesures concrètes pour l'indépendance énergétique de la Bretagne, à travers le projet Alter Breton.

Adhérent aux associations Eau et Rivières de Bretagne et Bretagne Vivante depuis quatre décennies, il s'implique à France Nature Environnement au niveau national depuis 2008. Il a représenté la Fédération lors du Grenelle de l'Environnement, puis lors du Grenelle de la Mer. Responsable de la mission Mer et littoral de FNE depuis sa création en octobre 2009, il s'est mobilisé contre le rejet des boues polluées de dragage des ports et pour la création de parcs naturels marins ambitieux. S'intéressant aussi aux questions climatiques et énergétiques, Denez L'Hostis a participé aux COP19 (à Varsovie), COP20 (à Lima) et, bien sûr, à la COP21, à Paris. Il était également présent à Cancun fin 2016 pour la COP13 de la CDB (Convention sur la diversité biologique).

Diplômé de l'ESSEC en 1970, puis Docteur en gestion, il a connu un parcours professionnel des plus variés, naviguant entre établissements privés et établissements publics. Économiste-chercheur, Denez L'Hostis a travaillé sur la pêche et les industries agro-alimentaires à l'INRA (il a été à ce titre expert sur l'économie des pêches auprès de la FAO), puis à l'Ifremer, avant de diriger une organisation de pêcheurs. Il touche à la mer, à sa culture et à son patrimoine, lorsqu'il devient directeur du port-musée de Douarnenez en 1994, puis, en 1998, de la Cité de la mer, à Cherbourg, un parc scientifique dédié à l'exploration des fonds marins. Denez L'Hostis s'est également impliqué en faveur du développement de l'économie solidaire et des énergies renouvelables. Il a notamment développé des projets éoliens en Bretagne, en Galice et au Portugal. Vice-président de Quimper communauté, conseiller municipal de Quimper de 2008 à 2014, sous la bannière écologiste, il était en charge du développement durable, des énergies et de la biodiversité.

MATTHEWS John H.

John H. Matthews is the Coordinator and co-founder of the Alliance for Global Water Adaptation (AGWA), which is hosted by the World Bank and the Stockholm Interna-

tional Water Institute (SIWI). His work integrates technical and policy knowledge for climate adaptation for practical implementation. John H. Matthews has worked on five continents and more than 20 countries. He has authored, co-authored, and edited recent books, papers, and reports on decision-making frameworks for adapting water infrastructure and ecosystems to climate impacts, deploying finance instruments such as green bonds to mainstream climate adaptation, developing climate-sensitive approaches to environmental flows, nature-based solutions to climate adaptation, and exploring new economic tools to support integrated long-term planning. He is a Senior Water Fellow at Colorado State University and Courtesy Faculty of the Water Resources Graduate Program at Oregon State University. Previously, John H. Matthews directed global freshwater climate adaptation programs for WWF and Conservation International. He has PhD in ecology from the University of Texas.

MICHELET Paul



Paul Michelet est ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts. Après avoir débuté sa carrière au ministère de l'Agriculture, dans le domaine des équipements publics ruraux, il rejoint en 1990 l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, où il aura en charge plusieurs responsabilités successives.

D.R

En 2004, il devient directeur régional de l'environnement de Lorraine, ce qui lui permet

d'aborder des problématiques plus diversifiées (paysages, biodiversité, aménagement de l'espace...). Il assure en parallèle la conduite de la délégation française au sein de la Commission internationale pour la protection du Rhin, de 2007 jusqu'à fin 2010.

Au cours de cette même période, il est nommé, en octobre 2008, directeur général de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, puis, en novembre 2015, directeur général de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA). Depuis janvier 2017, il est directeur général adjoint de la nouvelle Agence française pour la biodiversité.

MILES Maußen

Maußen Miles travaille au sein de Rand Water, une société sud-africaine d'approvisionnement en eau.

MOHAMED Wayida

Wayida Mohamed travaille au sein de Rand Water, une société sud-africaine d'approvisionnement en eau.

MORTUREUX Marc

Ingénieur des mines, Marc Mortureux a été nommé fin 2015 directeur général de la prévention des risques (DGPR) au ministère de l'Environnement, après avoir dirigé pendant six ans l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

(Anses). Auparavant, il a exercé de nombreuses responsabilités dans le privé et le public, notamment à la Compagnie générale de géophysique (secteur para-pétrolier), au Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) ou encore à l'Institut Pasteur. Il a dirigé le cabinet du secrétaire d'État à l'Industrie et à la Consommation entre 2008 et 2009.

À la DGPR, Marc Mortureux a la responsabilité de définir et de mettre en œuvre la politique de prévention des risques naturels (inondations, séismes, avalanches, mouvements de terrain, feux de forêt...) et des risques technologiques (installations classées pour la protection de l'environnement, sites et sols pollués, anciens sites miniers). Il est également en charge de la sûreté nucléaire, de l'économie circulaire et de la gestion des déchets, ainsi que de la santé environnementale (expositions aux produits chimiques et pollutions environnementales).

Il est par ailleurs membre de l'Académie des technologies.

PAYEN Gérard



Gérard Payen travaille depuis plus de 30 ans à la résolution de problèmes liés à l'eau dans tous les pays. Conseiller pour l'Eau du Secrétaire général des Nations Unies (membre de UNSGAB) de 2004 à 2015, il est aujourd'hui administrateur de quatre grandes associations françaises dédiées à l'eau et continue à travailler à la mobilisation de la communauté internationale pour une meilleure gestion des problèmes liés à l'eau, ce qui passe par des politiques publiques plus ambitieuses.

D.R

Impressionné par le nombre d'idées fausses véhiculées sur la nature des problèmes liés à l'eau qui génèrent les pouvoirs publics dans leurs prises de décisions, il a publié en 2013 un livre pour mettre à bas ces idées reçues.

Jusqu'en 2002, il a dirigé l'ensemble des activités Eau du groupe Lyonnaise des Eaux (devenu successivement Suez et Engie aujourd'hui), pour en faire le leader mondial des services d'eau potable et d'assainissement (120 millions de personnes desservies en eau quotidiennement) sous le nom de Ondeo (devenu récemment Suez).

RAMÍREZ DE LA PARRA Roberto



Titulaire d'un MBA de l'Université de Phoenix (États-Unis) et avocat diplômé de l'École libre de droit, Roberto Ramirez de la Parra est directeur général de la Commission nationale de l'Eau du Mexique.

D.R

Il a servi dans le secteur public pendant près de vingt ans. Dans le secteur de l'eau, il justifie de plus de dix ans d'expérience à haut niveau, exerçant diverses responsabilités comme celles de coordonnateur juridique du ministère de l'Eau et

des Travaux publics du gouvernement de l'État de Mexico ou de coordonnateur de l'eau dans l'équipe de transition d'Enrique Peña Nieto, l'actuel président du Mexique.

En tant que sous-directeur général juridique de la Commission nationale de l'Eau (Conagua), il a coordonné la création de la commission interministérielle des sécheresses et inondations, dont l'objectif est la mise en œuvre d'actions conjointes entre les différentes administrations dans le domaine de la prévention et de l'atténuation des phénomènes hydrométéorologiques.

Par ailleurs, il a œuvré à la reconnaissance formelle et juridique d'entités administratives particulières de la Conagua, comme les instances de sécurité nationale.

REDAUD Jean-Luc



D.R

Ancien élève de l'École polytechnique et ingénieur général honoraire des Ponts, des Eaux et des Forêts, Jean-Luc Redaud a consacré l'essentiel de sa carrière au monde de l'eau, exerçant successivement à la direction de l'Eau du ministère de l'Environnement de 1976 à 1982, au sein du Cabinet de Michel Rocard, puis à la direction de l'Agence de l'Eau

Adour-Garonne de 1984 à 1994 et, enfin, en tant qu'expert au sein de nombreuses missions internationales dans les domaines de l'environnement et du développement durable. Jean-Luc Redaud préside, depuis 2012, le groupe de travail « Eau & Climat » du Partenariat français pour l'Eau, la plateforme multi-acteurs qui réunit les acteurs français de l'eau travaillant à l'international.

Il est également membre de l'association 4D et de l'Académie de l'eau.

Il est l'auteur de nombreuses publications sur l'eau, dont *Planète eau, repères pour demain* (2000) et d'un livre consacré aux agences de l'eau (2007).

RODRIGUEZ Diego

Diego Rodríguez is currently a Senior Water Resources Management Specialist based in the Bank's office in Mexico City where he is responsible for the coordination, strategic dialogue, formulation and supervision of lending operations, and the design and implementation of sectoral, policy, and analytical studies. At the global level, he leads the Thirsty Energy Initiative on the quantification of water and energy nexus tradeoffs where he is working in South Africa, China and Morocco. He also leads the team responsible for formulating and implementing the decision tree framework for incorporating climate uncertainty into water resource planning and investment project design and is currently engaged Kenya, Indonesia and Mexico. He is also providing technical support to operational teams in the economic analysis of water infrastructure with an emphasis on the application of decision scaling and decision making under uncertainty methods. He has been working on water resources, water supply and sanitation for over 25 years. He holds a bachelor's degree in economics from

the University of Maryland, a master's degree in applied economics from Virginia Tech and a doctorate in water resource economics from the University of Groningen in the Netherlands.

ROUSSEL Pierre



D.R

Ingénieur général honoraire des Ponts, des Eaux et des Forêts, Pierre Roussel a occupé diverses fonctions aux ministères de l'Agriculture et de l'Intérieur, puis au ministère chargé de l'Environnement, dont celles de directeur de l'eau, de chef de l'Inspection générale de l'Environnement et de président de la Commission permanente des ressources naturelles au Conseil général de l'environnement et du développement durable. Il a également été président du conseil d'administration de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse.

Sur le plan associatif, il est président d'honneur de l'Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement. Il est également président de l'Office international de l'eau et est administrateur du Partenariat français pour l'Eau.

SALAMÉ Léna



D.R

Léna Salamé est juriste multilingue de droit international public, elle est spécialiste des questions d'eaux transfrontalières, d'atténuation des conflits et de la diplomatie de l'eau.

Elle est aussi médiatrice et négociatrice professionnelle.

Elle travaille actuellement en tant qu'expert consultant sur la diplomatie de l'eau auprès de

plusieurs institutions dont les efforts sont axés sur ces mêmes thématiques.

Elle se concentre sur l'opérationnalisation du droit international de l'eau, la mise en place de techniques de règlement des différends, les mesures de la confiance et la création de processus de coopération innovants appliqués aux ressources en eau.

Elle conçoit et développe des programmes académiques sur la diplomatie de l'eau dans des cadres différents et intervient en tant que formatrice auprès d'un public varié allant d'étudiants en Master à des décideurs politiques.

Elle justifie de 17 années d'expérience au sein du Système des Nations Unies. Elle y a conçu et géré le programme consacré à la coopération dans le domaine de l'eau. Elle a ainsi contribué à la cristallisation du concept actuel de la diplomatie de l'eau.

SERA Poppie

Poppie Sera travaille au sein de Rand Water, une société sud-africaine d'approvisionnement en eau.

VALÉRIAN François

En fonction au Conseil général de l'Économie, François Valérian est polytechnicien, ingénieur général des mines et docteur en histoire. Il a été banquier d'affaires et associé du cabinet Accenture. Il est professeur associé de finance au Conservatoire national des arts et métiers et est responsable de l'enseignement de régulation et supervision financières à Mines ParisTech. Il enseigne aussi à l'Institut d'études politiques. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages portant sur des sujets historiques, économiques ou financiers.

Il est depuis le 18 juillet 2016 le Rédacteur en chef des *Annales des Mines*.

WHITE Maggie

Maggie White is a SIWI Associate and supports in coordinating the AGWA policy group. As a Senior Water Policy expert she has worked for over 16 years in the sector specialized in WASH, IWRM and Climate Change issues at a global level but also local and national implementation level. She has a long standing experience in developing relationships, partnerships and negotiating with key fig-

ures and organizations from the public, private and CSO sector as well as country and institutional representatives. Maggie White was Secretary General of the International Secretariat for Water and in that framework initiated and developed the international network of CSO's 'The Butterfly Effect' and the World Youth Parliament for Water. Previously she was responsible for the external communication of Eau de Paris, a public water utility service company, and created the International relations and advocacy program within the international NGO 'Eau Vive' where she equally initiated the French NGO network 'Coalition Eau'. She is a member of the executive board of the French Water Partnership and Eau Vive.

WIDFORSS Sofia

Sofia Widforss is responsible for coordinating SIWI's engagement in international policy processes, and developing SIWI World Water Week's plenary programmes. She also serves as SIWI's focal point for the Agenda 2030, the UNFCCC negotiations and the AG-WA Policy group. Prior to joining SIWI in 2013, Sofia worked for the Swedish Environmental Management Council and the Nordic Africa Institute. She holds a Masters degree in Development Studies from Lund University, Sweden and a Journalism Degree. She speaks English, French, Spanish and German.