

COMPTE-RENDU DE LA SESSION EAU REGARDS CROISÉS SUR LE CHANGEMENT GLOBAL

M. Meybeck

Le modèle de la Météorologie Nationale (présenté par Michel Deque) permet d'illustrer les changements de précipitations atmosphériques attendus en France. Basé sur le forçage radiatif, il prévoit notamment des hivers plus humides dans le Nord-Ouest et le Sud-Est, et des printemps-été plus secs partout avec une tendance annuelle généralement plus sèche. La variabilité saisonnière serait ainsi augmentée et contrastée suivant les régions. Bien qu'il soit encore difficile d'associer des incertitudes sur de tels modèles, les conséquences socio-économiques de tels changements seraient énormes, en particulier sur les besoins agricoles, ce qui modifierait d'autant la gestion des eaux en augmentant la demande des réserves estivales.

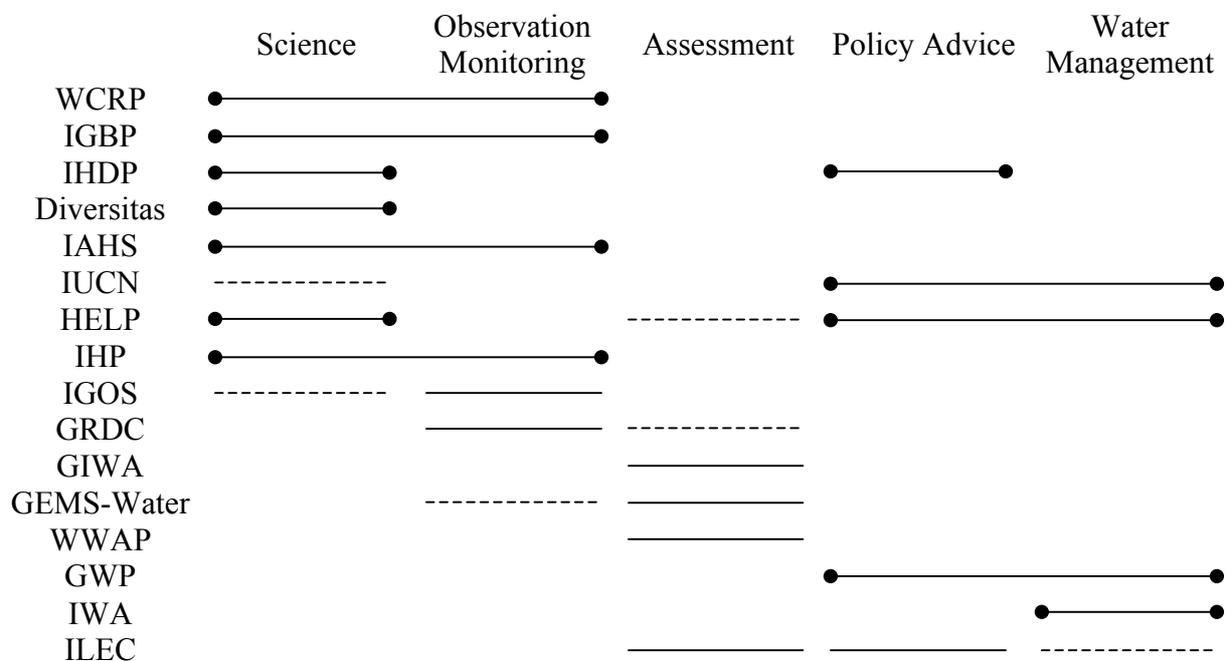
L'application à l'hydrologie en zone tempérée et semi-aride est abordée par Thierry Lebel avec prudence car les champs d'écoulements spécifiques sont très difficiles à simuler et il faudrait sans doute des écarts de précipitations plus significatifs. Il est possible que la réponse hydrologique aux changements climatiques soit plus forte à faible résolution et dans certaines régions que sur de grands bassins, en particulier pour les crues dites cévenoles. T. Lebel fait aussi état d'une grande variabilité des épisodes extrêmes de crues dont les crues passées (milieu du XIX^e siècle pour la Loire, XVI-XVII^e siècle pour l'Ardèche) étaient plus fortes que celles du XX^e siècle. Les fluctuations passées des glaciers alpins montrent également des phases de progressions et de régressions sur les mille dernières années. La réponse hydrologique à la sécheresse, bien étudiée sur la zone sahélienne, n'est pas sans surprise : malgré la diminution des pluies, les nappes souterraines sont remontées en raison des changements de végétation. Il insiste sur le concept de vulnérabilité aux crues qui est essentiellement local. Les stratégies d'étude doivent combiner l'observation spatiale comme des mesures de terrain, et les modèles régionaux, prenant en compte les rétroactions, sont nécessaires.

L'évolution biogéochimique des grands systèmes fluviaux peut être maintenant modélisée en couplant les cycles du carbone, du phosphore et de l'azote (Josette Garnier). Avant tout impact du changement climatique, les impacts anthropiques directs (rejets dans le milieu aquatique) et indirects (fertilisation, changements d'usage du sol, drainage des zones humides, rétention par les réservoirs) sont les moteurs de changements radicaux par rapport à l'état pristine, ceux-ci conduisent à l'asphyxie des cours d'eau (respiration bactérienne dominant la production primaire) ou à leur eutrophisation (phénomène inverse). Dans les deux cas, les milieux récepteurs côtiers et estuariens sont fragilisés et pauvrement oxygénés. Les modèles permettent maintenant de reconstituer des situations passées correspondant à d'autres pressions anthropiques ou d'explorer des scénarios de réduction des charges nutritives sur les prochaines décennies, ce qui est en cours de réalisation pour l'application de la nouvelle Directive Cadre sur l'Eau.

L'impact côtier de l'évolution des fleuves combine les effets de l'augmentation du niveau marin et des températures côtières, bien documentées en Manche sur le XX^e siècle, et des bilans sédimentaires évolutifs (Bruno Barnouin) : la zone côtière a toujours été le siège du maximum d'interactions entre les activités humaines et le milieu marin, et cette tendance va s'accroître. Sa gestion va être de plus en plus délicate : suivant les saisons, l'azote (été) ou le phosphore (printemps) peuvent être les facteurs limitants ou plutôt déclencheurs de l'eutrophisation, des métriques d'impacts et d'usages seront à développer pour mieux gérer.

B. Barnouin insiste sur les temps de réponse et les durées de vie très différenciés : quelques semaines pour une contamination fécale d'origine fluviale, une quinzaine d'années pour une réponse politique, quarante ans de persistance pour les PCB. Comme pour la réponse hydrologique aux changements, la réponse côtière sera également dépendante des conditions locales, en particulier de la nature des substrats et habitats qui conditionnent l'écosystème côtier. Les réponses aux changements dépendront aussi de la régulation anthropique des systèmes, négligeable dans certaines régions, essentielle dans la plupart des estuaires navigués comme la Seine. Comme d'autres intervenants, B. Barnouin remarque que certains problèmes ne peuvent guère être abordés par une observation spatiale comme la contamination radioactive, l'anoxie, les contaminations bactériennes et virales, les micro-contaminations. Par contre, l'observation spatiale est un outil incontournable en géomorphologie côtière, pour certains aspects de la qualité des eaux liés à la turbidité, la cartographie des habitats, etc...

Cette palette de points de vues très variés sur l'eau et le changement global a été également illustrée par la présentation des grands programmes internationaux qui ont constitué une grande partie de la Table Ronde sur l'eau. Sans être exhaustif, les principaux programmes sont présentés ci-dessous.



Principaux objectifs des programmes mondiaux sur les changements globaux concernant l'eau et les milieux aquatiques (inspiré du Water Challenge, Global Water Systems Project).

IAHS : Int. Ass. Hydrol. Sci., ICSU ; HELP : Hydrology for Environment, Life and Policy ; IHP : Int. Hydrological Programme Unesco ; IGOS : Integr. Global Observing Strategy ; GRDC : Global Runoff Data Center, WMO ; GIWA : Global Int. Water Assessment ; GEMS-Water : Global Envir. Monitoring System (water quality) UNEP ; WWAP : World Water Assessment Programme ; IUCN : Int. Union conserv. Nature ; IWA : Int. Water Ass. ; ILEC : Int. Lake Environment Committee).

Jusqu'ici, la plupart des programmes étaient lancés ou fonctionnaient sans lien formel avec les précédents. On note également un fossé entre deux communautés : celle des scientifiques d'une part, et celle des gestionnaires de l'autre. Ces deux communautés communiquent pourtant mais à des échelles locales, parfois régionales (exemple : bassin de la Baltique, très grands fleuves comme l'Amazone).

Les quatre premiers programmes (WCRP, IGBP, IHDP et Diversitas) ont convenu de se fédérer pour lancer en commun le programme Global Water System (GWSP) (Guy Brasseur). Ce programme couvrira les aspects scientifiques jusqu'aux conseils aux gestionnaires et aux politiques dans le contexte du Changement Global, climatique bien sûr, mais aussi changements d'usage des sols, des pollutions, et de l'usage de l'eau, notamment le développement global des réservoirs, le changement le plus marquant dans les hydrosystèmes continentaux voire côtiers. La question générale posée par le GWSP sera :

"Comment l'Homme change-t-il le cycle global de l'eau, les cycles biogéochimiques associés et les composants biologiques du Système Aquatique Global, et quelles sont les retombées sociales qui en découlent ?"

Elle résume sans doute une grande part des questions soulevées dans le domaine de l'eau lors du symposium. Au vu des exposés sur l'eau et sur la biodiversité des milieux aquatiques continentaux, il apparaît que notre effort de connaissance et de modélisation des interactions Homme-Système Aquatique doit s'effectuer parallèlement à deux échelles : l'une globale pour identifier les régions les plus vulnérables aux changements, l'autre locale - c'est-à-dire à l'échelle des bassins ou des sous-bassins - pour mieux appréhender les impacts combinés du Changement Global et des pressions locales ainsi que les réponses locales qu'il convient d'y apporter.

Les constats

Le fonctionnement du cycle de l'eau et des systèmes aquatiques continentaux à l'Anthropocène est déjà très différent de celui observé à l'Holocène, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Plusieurs constats ont été faits lors de cette session.

Constat 1.

Le cycle global de l'eau est en train de se modifier sous l'effet de deux facteurs : (i) le changement climatique, (ii) l'utilisation de l'eau pour les besoins anthropiques, en particulier pour l'agriculture.

Il est encore très difficile de faire la part d'un changement climatique : il n'y a pas de rupture de séries hydrologiques à long terme (cent ans) pour les grands fleuves représentatifs des zones subarctiques et tropicales humides que l'on peut encore considérer situés dans des bassins "pristine" (Canada, Sibérie, Zaïre) ou "subpristine" pour une large part (Amazonie). Par contre, la zone subsaharienne représentée par le Niger a présenté des variations très marquées au cours du XX^e siècle avec une sécheresse marquée dans les années 1970 et 1980 qui s'est largement atténuée depuis.

D'autre part, pour les fleuves des zones aride, subaride et tempérée sèche (Colorado, Rio Grande, Orange, Murray, Nil, Volga, Don, Indus, Syr Daria, Amu Daria, Shatt el Arab, Huang He, etc...), on note depuis 1960 une chute très significative des débits aux embouchures de l'ordre de 20% à plus de 90% (Amu Darya, Nil, Colorado). Elle est essentiellement liée à des impacts anthropiques directs exercés sur les bassins et, en premier lieu, l'utilisation de l'eau pour l'irrigation. Les milieux récepteurs, zones côtières ou mers intérieures, ne reçoivent donc qu'une petite partie des flux fluviaux en eau, carbone, nutriments et sédiments.

Constat 2.

Des tendances locales marquées sont toutefois observées dans le cycle de l'eau : des études très récentes (Peterson et al., déc. 2002, Science) sur des fleuves sibériens mettent en évidence un accroissement significatif des débits sur les 40 à 50 dernières années ; l'observation sur 50 à 200 ans des glaciers alpins et andins met également en évidence des changements majeurs et

un recul généralisé de ces glaciers de montagnes ; une part de la réduction des débits du Huang He pourrait être liée au changement climatique. Il est toutefois difficile de distinguer, à l'échelle locale des bassins fluviaux, les fluctuations naturelles du climat récent, le changement climatique, les changements d'usage des sols, en particulier lors du passage d'un couvert forestier à l'agriculture. Ce dernier point est prépondérant et a été avancé pour expliquer certaines fluctuations du Niger.

Constat 3.

De plus en plus de milieux aquatiques, en particulier les grands fleuves, sont régulés par les activités humaines. Les régimes saisonniers, les étiages et quelquefois les crues de moyenne importance sont régulés par les grands barrages ou les successions de réservoirs. La multiplication des réservoirs (plusieurs centaines de milliers) induit un ralentissement des transferts d'eau et de matière jusqu'à plusieurs années pour certains fleuves, une régularisation des flux et une rétention importante des nutriments (de 20 à plus de 50% par rapport aux flux reçus) et des matériaux particuliers (sédiments, carbone organique... allant jusqu'à 99%). A l'inverse, la rétention naturelle des matériaux et de l'eau dans les plaines d'inondation est très diminuée dans les systèmes anthropisés.

Constat 4.

Les impacts anthropiques sur le fonctionnement biogéochimique et écologique des systèmes aquatiques continentaux peuvent être énormes à l'échelle locale, importants à l'échelle régionale et significatifs à l'échelle globale. En plus des altérations hydrologiques déjà citées, les systèmes aquatiques sont l'objet d'autres altérations physiques (température, morphologie et donc habitat des organismes), chimiques (acidification, pollution, salinisation), microbiologiques (virus, bactéries, vecteurs de maladies hydriques) et écologiques (eutrophisation, introduction et invasion d'espèces). La contamination des retombées atmosphériques à l'échelle globale fait que les systèmes "pristine" au sens strict n'existent plus. Les causes (drivers) de ces changements d'état sont multiples et liées à toutes les activités humaines (pressions). Il en résulte des **impacts** sur l'environnement aquatique, et son utilisation par l'Homme à des échelles de temps courtes (< 1 jour) et longues (plusieurs siècles pour les grands barrages) qui amènent des réponses sociales et sociétales très diverses (régulation des usages et des rejets, remédiation, renaturalisation, arrêt des usages et/ou migration, etc) suivant le schéma proposé par les économistes de l'environnement : Driver-Pressure-State-Impact-Response. Certains de ces impacts peuvent être observés très loin de leur cause primaire (milliers de km).

Constat 5.

Les modifications des systèmes aquatiques continentaux ne peuvent être étudiées, comprises et modélisées que dans un cadre très large prenant en compte beaucoup d'autres éléments du système Terre, Climat/Atmosphère - Biosphère terrestre - Pédosphère - Océans, avec des interactions importantes avec le cycle du carbone, particulièrement à l'échelle des temps géologiques (carbone atmosphérique transféré par les fleuves lors de l'altération des roches silicatées), avec l'utilisation des ressources alimentaires (eau et irrigation), avec la santé (maladies hydriques), avec la biodiversité et avec les océans via la zone côtière.

Il est encore prématuré d'effectuer des recommandations détaillées pour une recherche française sur les changements globaux et les systèmes hydriques car les discussions dans le cadre du Global Water System Project (WCRP, IGBP, IHDP et Diversitas) se poursuivent encore jusqu'en octobre 2003. Mais la question clé est déjà posée :

"Comment l'Homme change-t-il le cycle global de l'eau, les cycles biogéochimiques associés et les composants biologiques du Système Aquatique Global et quelles sont les retombées qui en découlent ?"

La France a de nombreux atouts sur cette question au niveau international :

- de nombreuses équipes de pointe sur la modélisation du cycle atmosphérique de l'eau,
- une expérience unique au monde de l'hydrologie sous différents climats via l'ORSTOM / IRD, en particulier des séries hydrologiques (pluviométrie, débits) de longues durées et les expériences HAPEX Sahel, Amazone, glaciers andins,
- une position pionnière, mais qui reste très minoritaire en effectifs et moyens, dans l'étude des flux globaux des fleuves,
- une expérience ancienne d'approche multidisciplinaire des problèmes de l'eau dans les fleuves anthropisés dans le cadre du programme CNRS-Piren puis PEVS (Zônes Ateliers),
- des programmes nationaux spécifiques au milieu aquatique mais non focalisés sur les changements globaux (par exemple programmes PEGI-PIRAT de l'ORSTOM CNRS, Programme Hydrologique National, Programme Erosion, programmes Zone Humide et LITEAU du Ministère de l'Environnement),
- une expérience satellitaire très forte,
- un réseau de petits bassins versants représentatifs (Cemagref, INRA, CNRS essentiellement) dont certains existent depuis plus de 30 ans.

Parallèlement, on peut regretter les points suivants et émettre certaines propositions :

- Jusqu'ici la programmation nationale s'est effectuée avec très peu d'interactions avec les objectifs affichés par les grands programmes internationaux, c'est en particulier vrai pour certains programmes IGBP (GCTE, BAHC, LOICZ) mais moins pour GEWEX et pour PAGES. Il n'y a pas jusqu'ici de composante française d'IHDP.

Il est recommandé aux institutions de recherche de participer et de prendre en compte la programmation du Global Water System Project en cours d'élaboration depuis deux ans.

- Les études françaises à l'échelle globale, si elles sont très développées pour les modèles climatiques, restent très peu sollicitées et encouragées pour les cycles biogéochimiques (carbone, nutriments, silice), pour les transferts d'eau et de sédiments, pour la biodiversité du milieu aquatique et pour l'optimisation des usages et de la gestion de l'eau malgré la présence et l'excellence de nombreuses équipes du CNRS, IRD, Museum, CIRAD sur ces questions.
- Le développement des outils satellitaires, s'il reste nécessaire pour apprécier le cycle de l'eau à l'échelle globale et certains aspects qualitatifs (matière organique, pigments, matières en suspension) ou quantitatifs (niveaux des lacs, inondations des plaines alluviales), doit être accompagné par le développement de bases de données de référence sur l'évolution des milieux aquatiques pour lesquelles la France peut être un des leaders mondiaux, en particulier sur l'Afrique et l'Amérique du Sud (pluviométrie, débits : IRD), sur les flux fluviaux de matières (CNRS, IRD), sur la biodiversité aquatique (IRD, Museum). La constitution de ces bases de données doit être explicitement sollicitée par les grands programmes comme les Observatoires de Recherche en Environnement.
- Une part essentielle du changement des systèmes aquatiques est liée à leur anthropisation. Les interactions Eau-Société ont été souvent prises en compte par des programmes français mais jamais à l'échelle globale, en fonction des usages de l'eau, des ressources disponibles, de leur évolution et du développement social et économique des sociétés. De tels programmes de recherche doivent être construits et menés par les chercheurs en sciences sociales (géographes, économistes, historiens, sociologues...) et par les chercheurs en sciences naturelles sur le long terme (> 10 ans). La séparation possible actuellement des deux communautés sur des programmes parallèles (exemple ORE et Zônes Ateliers) serait très regrettable et constituerait une régression par rapport à 20 ans

d'efforts menés par une minorité de chercheurs multidisciplinaires, alors que dans la plupart des pays européens et en Amérique du Nord, les nombreux instituts de recherche sur l'eau et le changement global sont multidisciplinaires. Il est très souhaitable que la communauté des Sciences Sociales soit re-attirée sur les problèmes liés à l'eau, que l'ensemble des chercheurs travaillant sur les problèmes d'anthropisation de bassins fluviaux et de leur gestion dans l'Hexagone, en particulier dans le cadre de la nouvelle Directive Européenne sur l'Eau, soient également mobilisés sur des bassins anthropisés dans d'autres régions où le changement global sera très important dans les cinquante prochaines années dont l'Afrique, l'Amérique du Sud et l'Asie du Sud-Est. Les scénarios d'évolution des milieux aquatiques ne pourront être établis que par une collaboration étroite des deux communautés travaillant sur des systèmes communs. Pour cela, l'échelle des bassins de moyenne taille (10 000 - 100 000 km²) déjà utilisée dans de nombreux programmes internationaux (GLOWA, HELP) semble être la plus appropriée.