

Novembre 2010



A SAVOIR
03

Vers une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers

Guide méthodologique

Ouvrage collectif

Vers une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers

Guide méthodologique

Hubert MACHARD DE GRAMONT

*Bureau de recherches géologiques et minières - BRGM
h.machard@brgm.fr*

Coralie NOEL

*Office international de l'eau
coralie.noel@hotmail.fr*

Jean Louis OLIVER

*Académie de l'eau
academie@academie-eau.org*

Didier PENNEQUIN

*Bureau de recherches géologiques et minières - BRGM
d.pennequin@brgm.fr*

Martina RAMA

*Académie de l'eau
academie@academie-eau.org*

Raya Marina STEPHAN

*UNESCO – PHI
r.stephan@unesco.org*

CONTACT

Karine FROUIN

*Division Eau et assainissement, AFD
frouink@afd.fr
eau_assainissement@afd.fr*

À Savoir

Créée en 2010 par le département de la Recherche de l'AFD, la collection À Savoir rassemble des revues de littérature ou des états des connaissances sur une question présentant un intérêt opérationnel.

Alimentés par les travaux de recherche et les retours d'expériences des chercheurs et opérateurs de terrain de l'AFD et de ses partenaires, les ouvrages de cette collection sont conçus comme des outils de travail. Ils sont destinés à un public de professionnels, spécialistes du thème ou de la zone concernés.

Précédentes publications de la collection :

À Savoir N° 1 : La régulation des services d'eau et d'assainissement dans les PED

The Regulation of Water and Sanitation Services in DCs

À Savoir N° 2 : Gestion des dépenses publiques dans les pays en développement

Retrouvez toutes nos publications sur <http://recherche.afd.fr>

Remerciements

Les membres du consortium qui ont préparé ce guide méthodologique – Académie de l'eau, UNESCO, BRGM et Office international de l'eau – tiennent à exprimer leur vive gratitude à l'Agence Française de Développement pour la confiance qu'elle leur a manifestée en les chargeant de la délicate mission de proposer une méthodologie destinée à développer une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers, et pour son appui continu tout au long du déroulement de l'étude. Ils remercient également les nombreuses organisations nationales et internationales qui ont bien voulu les aider et contribuer à la réalisation de cet ouvrage.

[Avertissement]

Les analyses et conclusions de ce document sont formulées sous la responsabilité de ses auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'AFD ou de ses institutions partenaires.

Directeur de la publication :

Dov ZERAH

Directeur de la rédaction :

Robert PECCOUD



Conception et réalisation : Ferrari / Corporate – Tél. : 01 42 96 05 50 – J. Rouy / Coquelicot
Imprimée en France par : STIN

Préface

« *L'avenir, ce n'est pas ce qui va arriver,
c'est ce que l'on va faire* »

Gaston Bachelard, *philosophe français*

Plus de la moitié de la population mondiale et un grand nombre d'activités socio-économiques dépendent des eaux souterraines : 65 % de ces eaux sont prélevées pour satisfaire les besoins de l'agriculture, 25 % pour les usages domestiques, et 10 % pour l'industrie. Toutefois, cette répartition est très contrastée d'une région à l'autre : dans de nombreux pays développés, l'eau souterraine représente la principale ressource pour l'eau potable, comme en Europe où elle couvre 70 % des besoins. Dans les pays arides ou semi-arides où les eaux de surface sont rares, intermittentes, voire totalement absentes, les eaux souterraines constituent souvent l'essentiel des ressources en eaux mobilisées ou susceptibles de l'être.

Les pressions exercées sur les eaux souterraines sont de plus en plus importantes du fait des évolutions des modes de consommation, de l'accroissement de la population mondiale et des besoins correspondants (agriculture, eau potable, industrie, énergie, etc.). Leurs impacts peuvent être très néfastes (abaissement du niveau des nappes, altération de la qualité des eaux, tassement de terrain, intrusion d'eaux salées, pollution, perte de biodiversité, etc.) à court, moyen ou long terme, et irréversibles ou avec des coûts de restauration importants. L'expérience montre que certains systèmes aquifères sont gérés de manière non durable du fait de prélèvements qui dépassent le seuil de leur recharge, compromettant notamment l'accès à l'eau pour les populations concernées.

Les enjeux économiques, sociaux et environnementaux d'une gestion raisonnée des systèmes aquifères sont considérables et sont accrus dans le cas des systèmes transfrontaliers, où des crises apparaissent déjà entre pays.

À ce jour, plus de 270 systèmes aquifères transfrontaliers ont été recensés dans le monde^[1] ; toutefois, très peu de projets visent une meilleure gestion concertée et,

[1] Source : Puri et Aureli, 2009.

quand ils abordent cette question, ils n'en traitent que certains aspects. Ainsi, les systèmes aquifères transfrontaliers sont-ils encore trop rarement pris en compte dans la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

L'un des principaux défis est de faire converger une disponibilité des ressources en eau encore mal évaluée avec une demande croissante qui, par endroits, n'est déjà plus satisfaite. Ce décalage risque de s'accroître avec les effets du changement climatique.

L'amélioration de la gestion des systèmes aquifères transfrontaliers passe d'abord par une meilleure connaissance scientifique de ces systèmes et de leurs potentialités.

Ensuite, doivent se mettre en place un suivi et une gestion raisonnée des ressources en eau partagées. Cette deuxième étape est d'autant plus difficile à mettre en œuvre lorsque ces ressources sont transfrontalières. Afin d'assurer leur développement et de préserver les besoins des générations futures, certains pays n'auront en effet pas d'autre choix que de coopérer et de mettre en œuvre ensemble des outils et mécanismes appropriés pour exploiter de manière équitable et durable leurs ressources en eau souterraines partagées.

C'est dans cette perspective que l'AFD, dont la GIRE est l'un des axes d'intervention prioritaires, a soutenu l'initiative de l'Académie de l'eau, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), de l'Office international de l'eau (OIEau) et de l'UNESCO de réaliser un guide méthodologique vers une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers.

Dov ZERAH
Directeur général, AFD

Résumé

Les systèmes aquifères, qui représentent souvent une partie très importante des ressources en eau mobilisables d'un pays, sont inégalement connus.

Or, beaucoup plus souvent que les fleuves transfrontaliers, ils sont partagés entre plusieurs pays qui les utilisent généralement de façon indépendante, et souvent intensive, en partie pour l'alimentation en eau potable et pour les usages industriels, mais surtout pour l'agriculture irriguée. Les utilisations souvent mal contrôlées de ces ressources entraînent dans de nombreux cas des phénomènes de surexploitation et de pollution, qui génèrent à leur tour des tensions locales, avec des risques de crises et de conflits entre pays.

C'est pourquoi il est aujourd'hui nécessaire d'améliorer la connaissance de ces systèmes aquifères et de promouvoir une gestion concertée, équitable et durable de ces ressources.

Dans cet objectif, ce guide méthodologique rappelle d'abord les enjeux et les spécificités des systèmes aquifères transfrontaliers et la nécessité d'une approche plus globale selon les principes d'une GIRE (première partie). Il décrit ensuite les divers outils disponibles pour améliorer la connaissance et l'exploitation de ces précieuses ressources – outils techniques, juridiques, organisationnels et économiques, ainsi que de formation et de coopération – (deuxième partie). Il propose enfin une démarche multiforme et progressive à adopter pour instaurer une gestion concertée, équitable et soutenable des systèmes aquifères transfrontaliers. Il décrit des mécanismes possibles pour la mise en place et le fonctionnement durable d'une structure institutionnelle appropriée pour la gestion des eaux souterraines partagées (troisième partie).

Abstract

Aquifer systems often constitute a very substantial part of a country's available water resources, yet in some regions knowledge about them is very incomplete.

These aquifer systems, more frequently than transboundary rivers, are shared between several countries that generally use them in a silo-like and often intensive manner, for drinking water supply, industry and in many parts of the world, even more so for irrigated crop production. This leads to mis-management of the resources, engendering many cases of overexploitation and pollution, which in turn creates local tensions and the risk of crises and conflicts between countries.

This is why it is now necessary to deepen our knowledge of such groundwater systems and foster a concerted, equitable and sustainable management of these resources.

This is the aim of the present methodological guide, which first recalls the main issues at stake regarding transboundary aquifers and the need for a more comprehensive approach based on IWRM principles (Part I). It then describes a whole range of technical, legal, organizational, economic, training and cooperation tools that can help improve our knowledge and management of these precious resources (Part II).. Finally, it proposes a progressive, multi-pronged approach for implementing the concerted, equitable and sustainable management of transboundary aquifer systems. It also takes a look at the potential mechanisms for creating and sustainably operating an appropriate institutional structure to manage these shared groundwater resources (Part III).

Préface	3
Résumé	5
Introduction	9
1. Enjeux, spécificités et nécessité d'une gestion intégrée des systèmes aquifères transfrontaliers	13
1.1. Les enjeux	13
1.1.1. Importance des eaux souterraines	13
1.1.2. Des eaux souterraines menacées avec des conséquences économiques et sanitaires néfastes	16
1.1.3. Des enjeux économiques considérables	23
1.1.4. Les eaux souterraines : des ressources en eau encore peu connues	25
1.2. Les spécificités des eaux souterraines et des systèmes aquifères transfrontaliers	26
1.2.1. Des ressources en eau « invisibles » qui interagissent avec le milieu souterrain	26
1.2.2. Un fonctionnement complexe dans un espace tridimensionnel	27
1.2.3. La grande inertie des systèmes aquifères	29
1.2.4. La distinction fondamentale entre systèmes aquifères à eau renouvelable et à eau fossile	30
1.2.5. Les implications du caractère transfrontalier d'un système aquifère	32
1.3. De la nécessité d'une gestion intégrée des systèmes aquifères transfrontaliers	33
2. Outils disponibles pour la connaissance et la gestion des systèmes aquifères transfrontaliers	39
2.1. Les outils scientifiques et techniques d'investigation et d'étude	40
2.1.1. Inventaire des systèmes aquifères transfrontaliers	40
2.1.2. Inventaire des besoins pour mieux connaître les systèmes aquifères et leur fonctionnement	42
2.2. Les outils juridiques	49
2.2.1. Au niveau international	49
2.2.2. Au niveau national	50
2.2.3. Les principes juridiques généraux pour la gestion des systèmes aquifères transfrontaliers	51
2.3. Les outils institutionnels, administratifs et organisationnels	52
2.4. Les outils économiques, financiers et fiscaux	54
2.5. Les outils de formation et de perfectionnement professionnel	55
2.6. Les outils de participation et de coopération	56

3. Approche méthodologique et mécanismes proposés pour une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers	61
3.1. Aux niveaux national et local	61
3.1.1. Clarifier les rôles et les responsabilités des institutions	62
3.1.2. Améliorer la connaissance des systèmes aquifères transfrontaliers	62
3.1.3. Information, participation et concertation des différents acteurs et usagers	63
3.1.4. Impliquer les collectivités et autorités locales concernées	64
3.2. Au niveau transfrontalier	66
3.2.1. Des contacts techniques préliminaires	66
3.2.2. La tenue de réunions officielles	67
3.2.3. Collecte, organisation et partage des données dans un cadre harmonisé	68
3.2.4. L'élaboration d'outils communs d'aide à la gestion	70
3.2.5. Du simple dialogue à la planification concertée et à la gestion conjointe	72
3.3. Les actions conseillées au niveau de la communauté internationale	73
3.3.1. Affermir le droit international concernant les eaux souterraines transfrontalières	73
3.3.2. Encourager et soutenir, diplomatiquement et techniquement, les pays concernés	74
3.4. Nature et fonctions de l'organisme de gestion des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières à renforcer ou créer	74
3.4.1. Structure possible d'un organisme de gestion des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières	75
3.4.2. Fonctions possibles d'un organisme de gestion des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières	76
3.4.3. Formes juridiques envisageables	78
3.4.4. Financements nécessaires à la mise en place et à un fonctionnement durable	80
3.4.5. Réseaux d'échanges d'expériences	82
Conclusion	85
Annexes	87
Annexe 1 – Études de cas préalables à la réalisation du guide	87
Annexe 2 – Résolution 63/124 relative au droit des aquifères transfrontaliers	93
Liste des sigles et abréviations	103
Glossaire	105
Bibliographie	111

Introduction

Pourquoi un guide méthodologique vers une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers ?

Actuellement plus de la moitié de la population dans le monde et un grand nombre d'activités socioéconomiques, en particulier l'agriculture, dépendent d'eaux souterraines soumises à des pressions croissantes (prélèvements et pollutions).

De fait, l'eau souterraine est de plus en plus considérée comme un patrimoine à préserver tant pour nos besoins actuels que pour les générations futures. C'est notamment l'esprit de la Directive cadre européenne sur l'eau dont les grands principes, d'abord fixés à l'échelle de l'Union européenne, se diffusent maintenant sur tous les continents^[2].

Cette ressource stratégique doit donc faire l'objet d'une attention particulière et d'une gestion durable, la plus rationnelle possible, afin de pouvoir supporter les évolutions économiques et sociétales nécessaires, tout en maintenant ou en améliorant les conditions de vie des utilisateurs.

Cela est d'autant plus nécessaire si les systèmes aquifères sont transfrontaliers, c'est-à-dire traversés par des frontières politiques et ainsi partagés entre deux ou plusieurs États souverains. S'il est mal ou trop peu apprécié, cet enjeu peut entraîner une perte d'opportunités en termes de développement humain et économique, une dégradation des conditions de vie dans les régions concernées et peut engendrer des tensions, voire des conflits ouverts.

Jusqu'à présent, les efforts ont surtout porté sur la gestion des eaux de surface transfrontalières, si l'on en juge par le nombre croissant d'accords mis en place ou en cours d'élaboration et par les initiatives qui ont permis, d'une part, de créer des organismes de bassins hydrographiques transfrontaliers et, d'autre part, de lancer des démarches de réflexion et d'échanges d'expériences, comme celles menées au sein du Réseau international des organismes de bassin (RIOB).

[2] Texte accessible sur : http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

En revanche, encore relativement peu d'actions concernant les systèmes aquifères transfrontaliers ont été menées, à l'exception d'un nombre restreint de projets portant sur quelques systèmes aquifères partagés, et ne prenant en compte que certains aspects de la question. Le fait que les eaux souterraines soient invisibles et soient l'objet de modes de fonctionnement complexes n'aide certainement pas les instances de décision à prendre la pleine mesure de la vulnérabilité, du potentiel réel et des véritables enjeux que celles-ci représentent.

Pourtant, à ce jour, plus de 270 systèmes aquifères transfrontaliers ont été recensés dans le monde par le programme *Internationally Shared Aquifer Resources Management* (ISARM) de l'UNESCO. Ces systèmes sont quantitativement et qualitativement très affectés par le développement des activités humaines, notamment l'agriculture, et par l'urbanisation croissante. De plus, dans nombre de zones arides et semi-arides, ces ressources en eau souterraines ne se renouvellent pas ou quasiment pas. Leur utilisation rationnelle n'en est que plus cruciale, alors même que l'évolution climatique risque encore d'aggraver cette situation dans les prochaines décennies.

Pour éviter la dégradation irréversible de ces systèmes aquifères partagés, ne pas pénaliser les générations futures et prévenir les conflits éventuels entre États sur l'utilisation de ces ressources essentielles, il est primordial d'instaurer un dialogue et une collaboration constructive entre les parties prenantes. Ceci implique la définition d'objectifs communs et de stratégies adaptées, ainsi que la conception et la mise en place de certains mécanismes de gestion transfrontalière. Une bonne connaissance des caractéristiques et du fonctionnement des systèmes aquifères est un préalable indispensable sans lequel aucune décision avertie ne pourra être prise.

Tel est l'objectif de la Résolution sur le droit des aquifères transfrontaliers adoptée par l'assemblée générale des Nations unies le 11 décembre 2008 (A/Res/63/124)^[3], qui comporte en annexe le projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontaliers préparé par la Commission du droit international. C'est aussi une conclusion qui ressort clairement de plusieurs manifestations internationales sur les ressources en eau, notamment du 5^e Forum mondial de l'eau, qui s'est tenu à Istanbul en mars 2009, ou de l'assemblée générale mondiale du RIOB, qui a eu lieu en janvier 2010.

De manière générale, sous l'effet conjugué de l'augmentation de la demande, de l'abaissement du niveau des nappes également menacées de pollution, du besoin de diversification et de sécurisation (quantitative et qualitative) des ressources en eau et de l'évolution climatique, une prise de conscience de l'importance des systèmes

[3] Le texte de la Résolution est disponible en annexe de ce guide.

aquifères transfrontaliers émerge progressivement au sein de la communauté internationale. Le regard, et parfois la pratique, de certains États commencent à évoluer, les institutions internationales se mobilisent, les connaissances progressent, les idées et les projets mûrissent afin de parvenir à résoudre, de manière rationnelle et satisfaisante, les problèmes particulièrement complexes et sensibles posés par la gestion des systèmes aquifères partagés.

Mais le chemin reste encore long et difficile pour que, comme les fleuves et les lacs transfrontaliers, les systèmes aquifères partagés soient mieux connus et mieux gérés.

C'est pour contribuer à la mise en place d'une gestion appropriée de ces eaux souterraines partagées que l'AFD a cofinancé une étude réalisée par le consortium BRGM, l'UNESCO, l'OIEau et l'Académie de l'Eau, qui a abouti à l'élaboration d'un guide méthodologique vers une gestion concertée des aquifères transfrontaliers. L'objectif de ce guide est d'aider les autorités politiques et administratives concernées à mettre progressivement en place une gestion concertée, équitable et durable, de leurs eaux souterraines et de leurs systèmes aquifères partagés.

Cet ouvrage rappelle d'abord les enjeux, les spécificités et les tensions propres aux systèmes aquifères transfrontaliers et la nécessité de les intégrer dans une approche plus globale de GIRE (première partie). Il décrit ensuite les divers outils techniques, juridiques, organisationnels et économiques disponibles et complémentaires entre eux (deuxième partie). Enfin, il présente une série de propositions d'actions à l'intention des acteurs concernés aux niveaux local, national, transfrontalier et international. Il esquisse les mécanismes à créer ou à adapter, avec les fonctions, statuts, financements et réseaux à envisager pour la mise en place et le fonctionnement durable d'un organisme de gestion des eaux souterraines transfrontalières (troisième partie).

L'élaboration de ce guide méthodologique (troisième partie d'une étude plus globale) a été précédée d'importants travaux préparatoires, accessibles sur les sites Internet^[4] des partenaires de l'étude :

- en première partie : un constat préliminaire et une analyse générale incluant une identification des dynamiques en cours sur les plans législatif, institutionnel et technique ; une identification des grands enjeux et une analyse de quelques expériences de gestion de certains aquifères transfrontaliers (Sahara septentrional, lullemeden, Guarani, Grès Nubiens, nappe du Rhin supérieur, nappe du Carbonifère, nappes du Genevois et du Stampriet) ;

[4] Les sites Internet sont fournis en bibliographie, à la fin de ce guide.

- en deuxième partie : des études de cas détaillées de sept systèmes aquifères transfrontaliers représentant des enjeux importants (aquifères du bassin du Mékong, bassin côtier Ghana-Togo-Bénin, bassin du Lac Tchad, bassin sénégal-mauritanien, Taoudeni-Tanezrouft, lullemeden, aquifères de la Montagne et aquifère Côtier partagés entre les Territoires palestiniens et Israël).

Un tableau synthétisant les exemples traités dans ces travaux préparatoires est joint en annexe 1.

1. Enjeux, spécificités et nécessité d'une gestion intégrée des systèmes aquifères transfrontaliers

Presque partout dans le monde, le sous-sol recèle, à des profondeurs plus ou moins grandes, des eaux souterraines en quantité variable, parfois renouvelables, parfois peu ou non renouvelables, souvent de meilleure qualité que les eaux de surface car mieux protégées de l'impact des activités humaines.

Les nappes d'eau souterraines contenues dans des horizons aquifères peuvent se superposer à différentes profondeurs, communiquer ou non entre elles et avec les cours d'eau sus-jacents, permanents ou intermittents, en fonction des saisons, selon les années ou les périodes. Il est donc généralement préférable de parler de « systèmes aquifères », ensembles d'aquifères plus ou moins hydrauliquement connectés entre eux et avec les eaux de surface associées.

Ces systèmes peuvent s'étendre sur des superficies très variables, parfois fort réduites, quelques dizaines de km², ou au contraire considérables, comme le système aquifère du Sahara septentrional – SASS (partagé entre l'Algérie, la Libye et la Tunisie) qui s'étend sur plus de 1 million de km² et renferme des volumes d'eau immenses, estimés à ce jour à 60 millions de km³. Tous ces systèmes ignorent les frontières administratives ou politiques et beaucoup d'entre eux sont transfrontaliers.

1.1. Les enjeux

Les eaux souterraines, comme les eaux de surface, sont fondamentales pour la vie sous toutes ses formes et pour les activités socioéconomiques dans toutes les régions du monde ; cependant elles font aujourd'hui l'objet de nombreuses menaces.

1.1.1. Importance des eaux souterraines

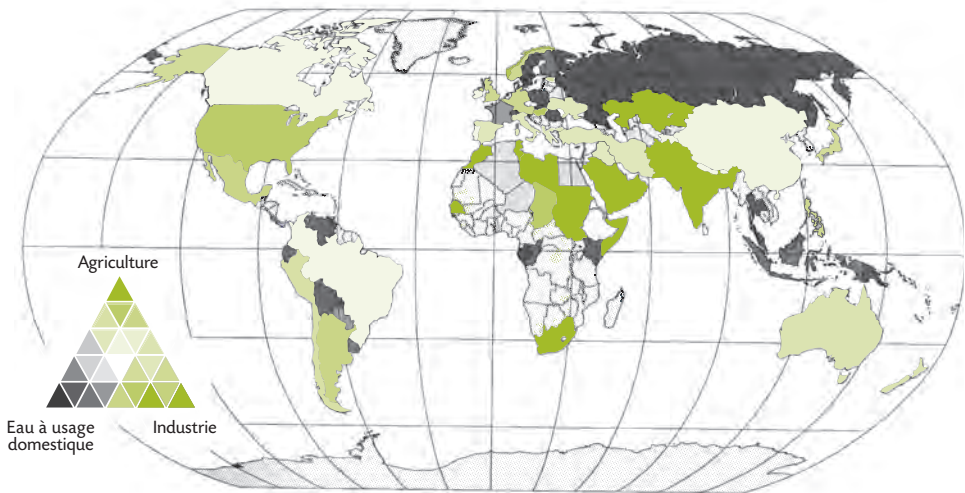
Importance des eaux souterraines pour les activités humaines

Toutes les activités humaines utilisent l'eau (usages domestiques et urbains, agriculture et élevage, industrie et artisanat, production d'énergie, navigation fluviale, etc.). Plus

encore que les eaux de surface, les eaux souterraines jouent un rôle majeur dans le développement socioéconomique de nos sociétés : plus de la moitié de la population mondiale en dépend. De manière générale, les eaux souterraines par leur présence relativement étendue, en trois dimensions dans le sous-sol, permettent de mieux répartir les activités humaines dans l'espace, par rapport aux eaux de surface qui obligent davantage à concentrer ces activités de manière linéaire ou circulaire, à proximité des rivières et des lacs.

À l'échelle mondiale, 65 % de l'eau souterraine prélevée sert à satisfaire les besoins de l'agriculture, 25 % les usages domestiques, et 10 % ceux de l'industrie, activités minières et énergétiques incluses (Margat, 2008). Toutefois, cette répartition est très contrastée d'une région à l'autre : dans de nombreux pays développés, l'eau souterraine représente une ressource importante pour l'eau potable, comme en Europe, où elle couvre 70 % des besoins. Dans les pays arides ou semi-arides où les eaux de surface sont rares, intermittentes, voire totalement absentes, les eaux souterraines constituent souvent l'essentiel des ressources mobilisées ou susceptibles de l'être. C'est notamment le cas au Moyen-Orient, au Maghreb et en Afrique subsaharienne. À titre d'exemple, les eaux souterraines représentent la principale ressource conventionnelle d'eau potable en Arabie Saoudite et en Libye (presque 100 %), au Yémen, au Pakistan et au Tchad (entre 75 et 100 %), en Inde (environ 64 %), ou encore en Algérie et au Niger (plus de 60 %).

Carte 1 Utilisation des eaux souterraines par typologie d'usages



☒ Données non disponibles

Source : Carte modifiée à partir de Margat, 2008.

Version : 18 mai 2005

Les eaux souterraines constituent donc presque partout une composante majeure, parfois même la totalité, des ressources en eau mobilisables, particulièrement dans certaines zones interfluves, entre les grands fleuves et rivières, et dans un grand nombre de régions arides ou semi-arides où il n'existe aucune eau de surface pérenne.

De par leur position dans le sous-sol, les eaux souterraines sont naturellement mieux protégées des pollutions anthropiques que les eaux de surface et sont donc souvent de meilleure qualité, même si elles restent globalement vulnérables.

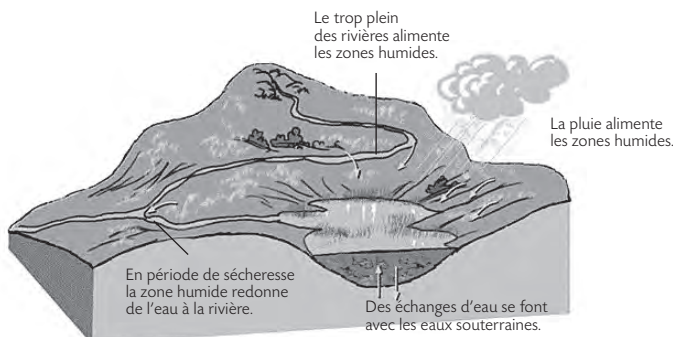
Enfin, la grande inertie des systèmes aquifères leur confère une meilleure stabilité et résilience face aux aléas climatiques par rapport aux eaux de surface. Sous réserve que cette ressource souterraine soit bien utilisée, cette relative stabilité pourrait être particulièrement précieuse au regard des évolutions climatiques, qui entraînent déjà et risquent d'entraîner à terme une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes hydrométéorologiques extrêmes, en particulier des sécheresses.

Importance des eaux souterraines pour les eaux de surface, les écosystèmes et la biodiversité

Les eaux souterraines interagissent couramment avec les eaux de surface et représentent souvent une source importante d'eau pour les rivières, les lacs et les zones humides, en particulier en période sèche où elles soutiennent leur débit et leur niveau d'étiage.

Les eaux souterraines jouent également un rôle essentiel vis-à-vis des milieux aquatiques : elles contribuent à préserver et à maintenir les écosystèmes (faune et flore) lacustres et ripisylves, et alimentent de nombreuses zones humides. Celles-ci abritent une grande richesse en biodiversité, constituent des puits de rétention de carbone et permettent une épuration naturelle de la pollution au niveau des sédiments et des systèmes racinaires des végétaux, ainsi que de la fonge et des bactéries qui y sont associées.

Schéma 1 Fonctionnement des zones humides



Source : site Web de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, 2010.

Les écosystèmes terrestres dépendent aussi très souvent des eaux souterraines : celles-ci fournissent l'humidité nécessaire à de nombreuses espèces de végétaux terrestres, soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire des sols humides sus-jacents. Dans les milieux arides par exemple, les oasis n'existent que par la proximité d'eau souterraine peu profonde ou résurgente.

Encadré 1 *Exemple d'interactions entre eaux superficielles et souterraines dans la région des Balkans*

Le lac Dojran est partagé entre la République de Macédoine et la Grèce. Les importantes sécheresses qu'a connues la région durant la dernière décennie, la diminution des précipitations et le pompage intensif des eaux souterraines du côté grec à des fins d'irrigation ont contribué à abaisser substantiellement le niveau du lac. Cette baisse a eu des conséquences négatives sur l'écosystème lacustre et sur l'industrie de la pêche du côté de la République de Macédoine.

Source: Aureli et Ganoulis, 2005.

1.1.2. *Des eaux souterraines menacées avec des conséquences économiques et sanitaires néfastes*

Aujourd'hui, une pression grandissante s'exerce dans beaucoup de régions sur les ressources en eaux souterraines : elles sont affectées à la fois par une augmentation des prélèvements d'eau liés à la croissance démographique, à la progression de l'urbanisation, au développement socioéconomique et à l'amélioration du niveau de vie, et par l'accroissement de la pollution issue de l'activité humaine.

En effet, au cours des dernières décennies, grâce aux progrès techniques réalisés, l'eau souterraine est devenue plus facilement accessible. Hormis les nappes profondes, qui ne sont mobilisables que par les acteurs ayant accès à des moyens lourds de forage (puissance publique ou grandes industries), les eaux souterraines superficielles (nappes phréatiques) sont aujourd'hui à la portée d'un plus grand nombre d'utilisateurs. Cela se traduit par une prolifération de forages, notamment au profit du secteur agricole qui est devenu aujourd'hui le plus grand consommateur d'eau souterraine. Les systèmes aquifères sont ainsi de plus en plus souvent exploités de manière intensive et désordonnée dans beaucoup de pays.

En outre, même si les eaux souterraines sont mieux protégées de l'activité humaine que les rivières et les lacs, elles restent vulnérables aux infiltrations de polluants en provenance de la surface. Ceux-ci finissent souvent par les rejoindre, même si elles

sont recouvertes par des couches semi-perméables (sols ou horizons géologiques à prédominance marneuse ou argileuse) qui ne font en général que retarder le processus de contamination. Un développement économique rapide, sans mesures de protection suffisantes, a souvent pour conséquence d'accroître la pollution des eaux. Or, lorsqu'elles sont contaminées, les eaux souterraines peuvent le rester très longtemps après la mise en place de mesures correctives.

Le changement climatique, qui suppose dans certaines régions une accélération de la désertification et une recrudescence des phénomènes hydrométéorologiques extrêmes, risque d'aggraver cette situation dans de nombreuses régions, en particulier arides ou semi-arides, comme l'Afrique du Nord, où les systèmes aquifères sont souvent la principale – voire la seule – ressource en eau.

Les principales conséquences de ces multiples pressions sont les suivantes :

- une surexploitation des nappes renouvelables avec un effondrement des niveaux piézométriques, et parfois une altération de la qualité des eaux ;
- un assèchement des sources, des puits, des foggaras et des forages, lesquels doivent être toujours plus profonds ;
- l'épuisement ou l'assèchement progressif des nappes d'eau fossile ;
- un phénomène de tassement des terrains et de subsidence, provoquant des dégâts au niveau des bâtiments et des infrastructures et accroissant les risques d'inondations d'origine maritime ou fluviale ;
- une salinisation des sols ou des systèmes aquifères ;
- des intrusions d'eau salée dans les nappes littorales qui deviennent irréversiblement inutilisables (biseau salé) ; et
- une pollution irréversible – ou difficilement réversible – des eaux souterraines, dégradant leur qualité naturelle et les rendant impropres à la consommation humaine.

Les implications sont multiples : des pénuries d'eau potable, des restrictions dans l'accès à l'eau pour certaines catégories d'usagers, un accroissement du coût de l'eau, une augmentation des coûts de production de certains biens industriels, une délocalisation de certaines activités, une augmentation des maladies hydriques, une dégradation du niveau de vie et même des déplacements de populations. C'est le cas dans de nombreux pays, sur tous les continents, quel qu'en soit le degré de développement, et pas seulement dans les régions arides ou semi-arides, où les eaux souterraines sont particulièrement sollicitées.

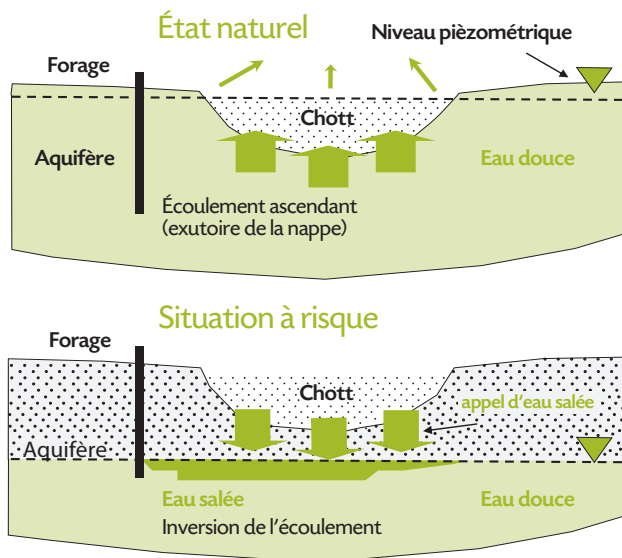
Encadré 2 Exemple de surexploitation accompagné d'un mécanisme de salinisation d'aquifère : le cas des chotts

Dans les zones arides, où l'évaporation est très forte, il arrive que les nappes souterraines s'écoulent vers des bassins fermés (endoréiques), soit par simple écoulement gravitaire, soit par remontée ascendante le long de grandes failles.

L'évaporation y crée de la longue de vastes étendues de croûtes salines, appelées chotts. En bordure de ces chotts subsistent parfois des sources, provenant de la même nappe, qui donnent lieu à des oasis et permettent des cultures. Parfois, des forages sont réalisés pour capter l'eau douce avant qu'elle ne parvienne au chott. Si leur nombre est trop important, leur exploitation peut conduire à l'abaissement du niveau de la nappe et à l'assèchement des sources. Parallèlement, ces chotts peuvent se remplir grâce aux eaux de surface et devenir de véritables lacs salés temporaires. L'abaissement de la nappe entraînera la migration des saumures vers cette nappe qui devient peu à peu salée et impropre à la consommation.

C'est notamment le cas pour certains secteurs de l'aquifère du SASS en Algérie et en Tunisie.

Schéma 2 Mécanisme de salinisation d'un aquifère en zone de chotts.



Source : adapté de OSS, 2004.

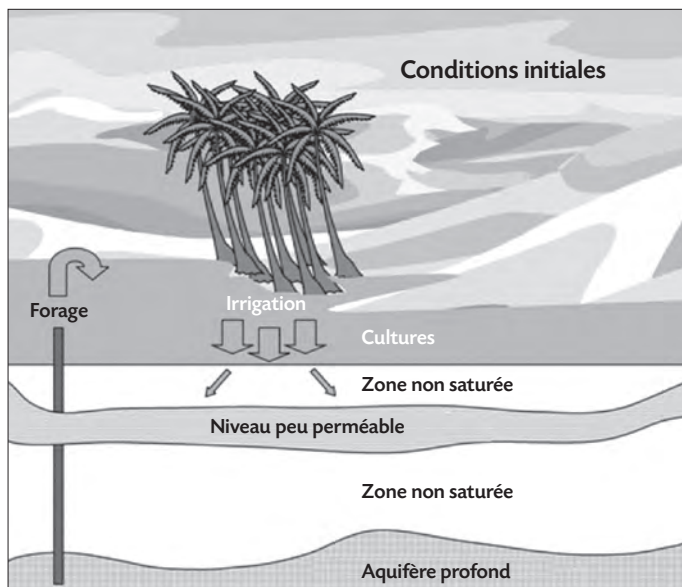
Encadré 3 Exemple de salinisation des sols au niveau des zones arides dans les grands bassins sédimentaires

Dans les zones arides ou désertiques, lorsque l'existence d'une nappe de moyenne profondeur permet d'irriguer et de pratiquer des activités agricoles, sans qu'un drainage approprié des retours d'irrigation soit mis en place, ces derniers s'infiltrent dans le sous-sol et peuvent conduire dans un premier temps à la formation d'une nappe proche de la surface, dite « perchée » dès lors qu'un horizon semi perméable superficiel existe.

Celle-ci est alors souvent soumise à une forte évaporation, et l'entraînement ascendant, par capillarité et évaporation, de l'eau de cette nappe « perchée » résulte dans une accumulation de sels qui forment des croûtes en surface et finissent par stériliser le sol, le rendant impropre pour l'agriculture (cf. schémas 3 et 4).

Il est alors très difficile de réhabiliter ces sols dont la structure a été fortement modifiée. En effet un lessivage du sol par de l'eau douce – processus qui s'avèrerait d'ailleurs très coûteux dans cet environnement – ne suffit généralement plus.

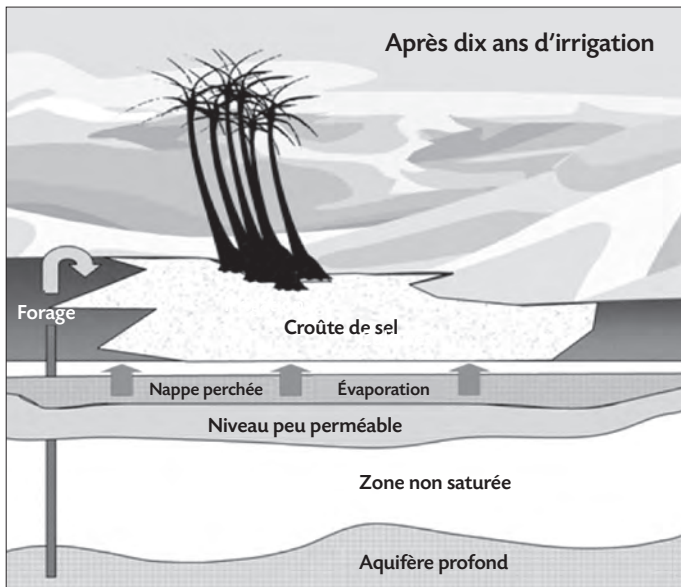
Schéma 3 Conditions initiales, début de l'irrigation



Source : BRGM - 2010.

...

Schéma 4 Formation de la croûte de sel



Source : BRGM - 2010.

Ces phénomènes quantitatifs ne sont pas les seuls en jeu. Dans d'autres cas, c'est l'évacuation incontrôlée d'eaux usées qui finit par créer une nappe de surface extrêmement polluée, contaminant le milieu et provoquant parfois la disparition de la végétation (cas de certaines oasis algériennes dans le contexte de l'aquifère du SASS).

La gestion de l'eau en milieu désertique ou aride exige donc une utilisation rationnelle et contrôlée de l'eau (limitation des apports en eau aux stricts besoins), de façon à supprimer quasi totalement les retours d'irrigation (goutte à goutte, membranes, etc.), et d'une façon plus générale les effluents dans le milieu naturel.

Encadré

4

*Exemple d'une ressource très menacée
et déjà fortement dégradée :
le système aquifère côtier de la bande de Gaza*

La seule source d'eau douce dans la bande de Gaza est l'aquifère côtier qui s'étend également le long de la côte méditerranéenne en Israël.

Cet aquifère est soumis à des pompages excessifs, bien au-delà de sa capacité de renouvellement, pour la consommation domestique (la densité dans la bande de Gaza est l'une des plus fortes au monde, actuellement environ 5800 hab./km²), et pour l'agriculture.

Il en résulte un déclin continu du niveau de la nappe, et corrélativement une importante intrusion d'eau salée en provenance de la mer. Plus de 70 % de ce système aquifère est aujourd'hui saumâtre, et seule une proportion de 5 à 10 % de l'aquifère reste utilisable pour la consommation humaine.

Outre sa salinisation par intrusion d'eau de mer, cet aquifère est également pollué par des infiltrations d'eaux usées, des engrais et des pesticides utilisés pour l'agriculture, mais aussi par des effluents domestiques et des rejets industriels. De ce fait, l'eau à Gaza comporte notamment des taux de nitrates, de chlorures et de pesticides très supérieurs aux recommandations fixées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la rendant impropre à la consommation humaine et créant ainsi un grave problème de santé publique (maladies des reins, du foie, cancers, etc.).

La carte jointe, limitée au sud par le Wadi Gaza, concerne uniquement les zones administratives de North Gaza et Gaza City, et non celles de Deir El Balah, Khan Younis et Rafah, situées au sud du Wadi Gaza.

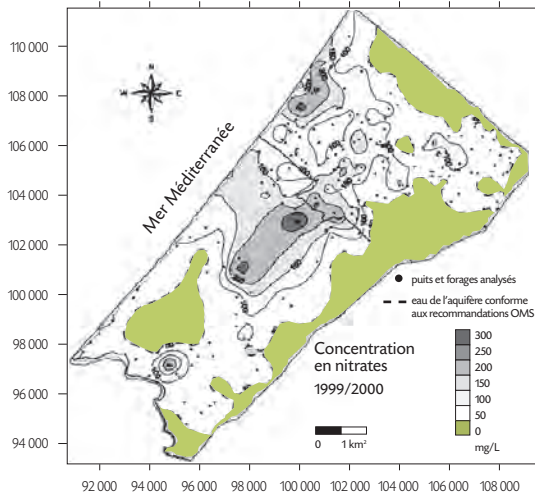
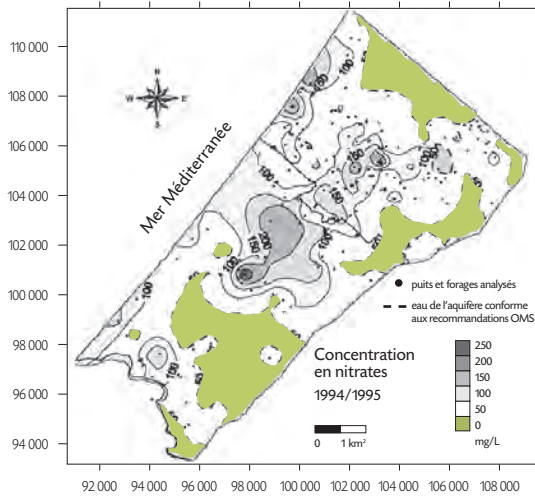
Dans les secteurs des villes de Gaza et de Jabalia, les concentrations en nitrates atteignaient déjà respectivement 277 et 290 mg/litre en 1994, soit 5 à six fois le seuil fixé par l'OMS pour l'eau potable (50 mg/l).

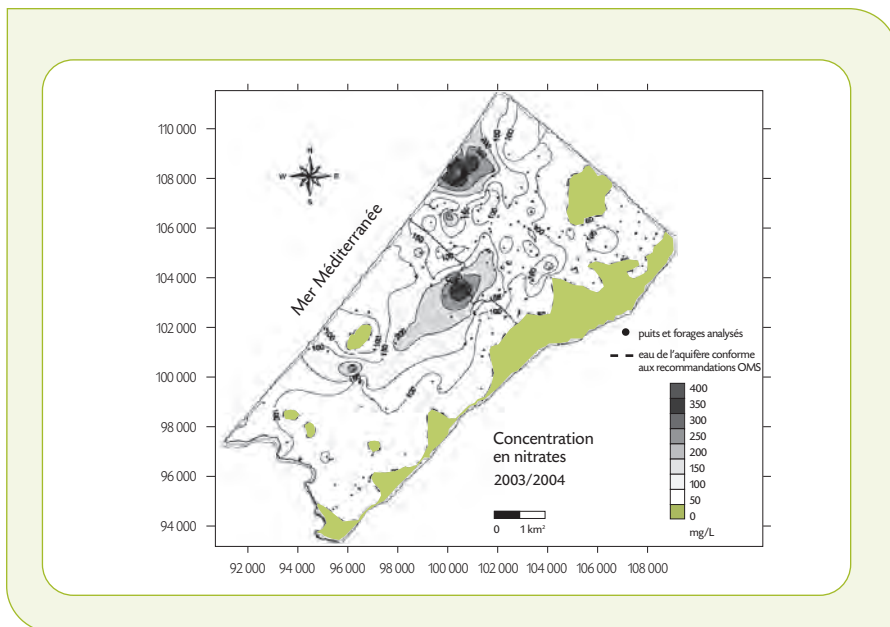
Elles augmentèrent encore en 1999, où de très fortes concentrations (304 mg/l) apparurent près du Wadi Gaza et au nord ouest de la bande de Gaza à proximité de la mer.

En 2003 la situation s'est encore détériorée, avec des concentrations atteignant parfois plus de 300 mg/l, essentiellement dues à des systèmes d'assainissement défectueux ou inexistants.

...

Carte 2 *Évolution de la concentration en nitrates dans l'aquifère de la bande de Gaza, au sud du Wadi Gaza*





Source : Abu El-Naeem et al. (2009).

1.1.3. Des enjeux économiques considérables

L'impact économique d'une mauvaise gestion des systèmes aquifères transfrontaliers

Les eaux souterraines représentent un enjeu important pour le développement économique des régions concernées, pour les secteurs de l'agriculture, l'élevage, l'industrie, l'énergie et le tourisme. Or, la perturbation quantitative et qualitative des aquifères compromet les usages de l'eau, qu'il s'agisse de l'alimentation en eau potable, de l'irrigation ou des *process* industriels.

L'impact économique peut dès lors être très élevé, ces perturbations pouvant conduire à l'approfondissement des forages, la recherche de nouvelles ressources, la réalisation de nouveaux sites d'exploitation, la fermeture de sites industriels, etc.

Il n'existe à ce jour peu ou pas de données précises sur l'impact économique spécifique d'une mauvaise gestion des systèmes aquifères transfrontaliers, mais seulement des estimations indicatives. Pour l'Afrique, par exemple, selon certaines estimations effectuées en 2006 par l'OMS, les pertes économiques dues à une eau insalubre sont évaluées à environ 28,4 milliards USD, soit environ 5 % du produit intérieur brut (PIB) africain.

Si l'évaluation chiffrée de l'impact économique d'une mauvaise gestion des systèmes aquifères doit être améliorée, il est toutefois d'ores et déjà certain que le coût de l'inaction dépasse largement celui de l'action. Ceci est d'autant plus vrai dans le cas des systèmes aquifères transfrontaliers, où un problème local devient à terme un problème régional, qu'il soit d'ordre quantitatif ou qualitatif : les phénomènes de surexploitation ou de pollution s'étendent souvent sur des secteurs importants, voire à l'ensemble du système aquifère partagé et peuvent toucher plusieurs ou tous les États concernés.

Encadré 5 Exemples d'impact économique

Selon les résultats d'une étude conduite par la Banque Mondiale dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA), la surexploitation des eaux souterraines réduit la valeur des actifs nationaux à un rythme qui représente entre 1 et 2 % du PIB par an dans certains pays ; le coût de cette surexploitation serait situé entre 0,5 et 2,5 % du PIB par an. En 2005 par exemple, la Jordanie aurait vu ses actifs diminuer d'une valeur correspondant à 2,1 % de son PIB, le Yémen de 1,5 %, l'Égypte de 1,3 %, la Tunisie de 1,2 %.

Source : Banque mondiale, 2007.

Le coût de dépollution d'un système aquifère

La dégradation de la qualité des eaux souterraines peut entraîner des répercussions économiques négatives importantes pour la région concernée et entraver fortement son développement. La dépollution d'une nappe contaminée est une opération techniquement difficile et longue dans le temps, avec un coût élevé qui varie notamment selon (i) l'importance, la constitution, la configuration et le volume du système aquifère concerné, (ii) l'étendue et la nature de la pollution, (iii) le dispositif de dépollution mis en place et (iv) l'environnement socioéconomique du secteur.

En général, le coût d'une telle dépollution se situera dans une fourchette large, de quelques millions à plusieurs centaines de millions d'euros. Ces coûts élevés sont toutefois généralement inférieurs aux bénéfices qui pourraient être générés par la réhabilitation de la ressource pour les régions concernées. Le plus efficace sur le plan économique est toutefois d'anticiper et de gérer correctement ces précieuses ressources en eau.

Encadré 6 Exemple de coût de dépollution d'un système aquifère

Le coût de dépollution des nappes superficielles fortement dégradées situées dans le secteur de Kempen, dans le bassin de la Meuse, à la frontière de la Belgique et des Pays-Bas, a été chiffré pour les besoins de la Directive cadre européenne sur l'eau.

Ces nappes ont été très sérieusement polluées par des métaux lourds (en particulier le zinc et le cadmium), en raison de l'activité historique de fonderies industrielles existant depuis le 19^e siècle. La pollution des sols y a entraîné celle des systèmes aquifères superficiels.

Selon les différentes méthodes de dépollution envisagées, les coûts correspondants ont été estimés entre 4,5 à 13 millions d'euros par hectare dépollué et par an, auxquels doivent être ajoutés des investissements initiaux de 4 à 36 millions d'euros.

Source : Bouzit et Ansilé, 2008.

1.1.4. Les eaux souterraines : des ressources en eau encore peu connues

Les systèmes aquifères, transfrontaliers ou non, restent encore très inégalement connus sur le plan scientifique et technique. Dans de nombreuses régions du monde, ils sont même largement méconnus. Leurs caractéristiques, leurs modes de fonctionnement, leur potentiel et leurs limites restent souvent ignorés des responsables chargés de leur gestion. Dans la plupart des cas, il n'existe pas d'instrument de gestion des systèmes aquifères ou, s'il en existe, leur mise en œuvre effective est difficile par manque de données et de connaissances, voire de compétences.

Cette méconnaissance se reflète dans le statut et le régime juridique des eaux souterraines, souvent mal définis, tant au niveau national qu'au niveau international :

- **au niveau du droit interne**, la tendance est de reconnaître l'eau comme bien commun ou bien public, ce qui donne à l'État le pouvoir et la responsabilité de la gérer. Cependant, si de nombreux pays adoptent aujourd'hui une législation concernant l'eau, celle-ci se focalise souvent sur l'eau visible, c'est-à-dire sur l'eau de surface. Beaucoup d'États n'ont pas encore introduit de règles spécifiques à la gestion des eaux souterraines ;
- **au niveau du droit international**, la législation internationale relative aux eaux souterraines est encore embryonnaire, et il n'existe que très peu de traités, conventions ou accords entre pays qui concernent ou même évoquent les eaux souterraines transfrontalières (cette question est traitée en détails dans la première partie des travaux préalables).

Enfin, les eaux souterraines sont généralement ignorées ou peu – et mal – prises en compte dans les schémas d'aménagement et de développement du territoire. Cela accroît les risques d'interférences et de conflits de répartition, qui ne peuvent être surmontés que par une gestion globale et concertée de la ressource avec tous les acteurs concernés, à l'échelle locale, nationale et même supranationale lorsque les systèmes aquifères sont transfrontaliers.

Encadré 7 *Un exemple de systèmes très complexes et méconnus : les systèmes aquifères transfrontaliers du Bassin du lac Tchad*

Il existe au moins cinq systèmes aquifères transfrontaliers dans le bassin du Lac Tchad :

1. le système aquifère sableux du Quaternaire – Pleistocène,
2. le système aquifère sableux multicouche du Pliocène (Niger-Tchad-Cameroun-Nigeria),
3. le système aquifère gréseux du Continental Terminal constitué d'une partie nord (Niger-Tchad) et d'une partie sud (Nigeria et Tchad),
4. le système aquifère profond gréseux du Crétacé (Niger, Nigeria, Cameroun, Tchad et Centrafrique) et
5. les systèmes aquifères des grès et des calcaires paléozoïques au nord (Niger et Tchad).

Dans cette région aride où le problème de l'eau est fortement exacerbé par le contexte (sécheresse, répartition inégale et vulnérabilité de la ressource, forte exploitation des eaux souterraines), il est nécessaire de mieux connaître ces systèmes aquifères, en particulier pour mieux comprendre les flux et taux de renouvellement, quantifier les interactions entre eaux de surface et eaux souterraines, identifier les tendances en matière de niveau et de qualité de la nappe, évaluer l'importance et l'impact des pressions et des usages sur cette ressource partagée et sensible.

Source : deuxième partie des travaux préalables.

1.2. Les spécificités des eaux souterraines et des systèmes aquifères transfrontaliers

1.2.1. Des ressources en eau « invisibles » qui interagissent avec le milieu souterrain

Alors que les eaux souterraines représentent l'une des principales sources de vie pour les hommes et pour les écosystèmes, le fait qu'elles soient invisibles permet difficilement de les valoriser. Ce constat, certes trivial, est lourd de conséquences :

- tout d'abord, on connaît beaucoup plus difficilement – et souvent de manière imprécise – leur existence, leur localisation, leur origine, leur profondeur, leur étendue, leur taux de renouvellement, leurs zones d'alimentation, leurs exutoires, leurs intercommunications, leur composition chimique, etc. Ainsi, contrairement aux rivières, dont on mesure aisément le débit disponible, celui des eaux souterraines est souvent mal connu : le potentiel des systèmes aquifères et les limites de leur utilisation échappent donc en général aux gestionnaires de la ressource qui l'exploitent et la gèrent alors de manière non optimale, voire à l'encontre des pratiques raisonnables ;
- ensuite, l'accès aux eaux souterraines et à leur exploitation demeure plus ou moins techniquement difficile et coûteux, selon leur profondeur et leur contexte géologique (même si des progrès récents permettent aujourd'hui à un plus large éventail d'acteurs de les atteindre) ;
- enfin, l'exploitation des systèmes aquifères et surtout ses impacts – quantitatifs et qualitatifs – qui se répercutent dans les trois dimensions du sous-sol, ne sont pas directement apparents et visibles, et sont de ce fait difficiles à apprécier.

Par ailleurs les eaux souterraines présentent la caractéristique d'être intimement liées au sous-sol dans lequel elles s'écoulent et au territoire qui les surplombe. Qu'elles soient mobiles et renouvelables, ou bien immobiles et fossiles, elles interagissent avec le terrain, se chargeant en minéraux et en éléments chimiques qui déterminent sa qualité naturelle (ou fond géochimique), aujourd'hui souvent altérée et dégradée par les rejets - accidentels ou chroniques - des activités humaines. En effet, ces derniers contiennent des polluants qui s'infiltrent dans les nappes phréatiques et les systèmes aquifères plus profonds, avec le risque à terme de rendre les eaux souterraines impropres à la consommation humaine, voire aux autres usages (agricole, industriel).

Pour ces différentes raisons, la perception, la connaissance et la représentation des eaux souterraines est particulièrement complexe, aussi bien pour les populations que pour les responsables et les décideurs. En particulier, les limites d'une exploitation soutenable et les impacts directs ou indirects des pressions exercées, sont des éléments mal maîtrisés, qui ne sont généralement pas pris en compte dans les démarches de planification et d'aménagement du territoire, d'où une utilisation souvent anarchique : gaspillages, surcoûts économiques, atteintes au milieu naturel, aux activités et à la santé humaines.

1.2.2. Un fonctionnement complexe dans un espace tridimensionnel

De manière générale, un système aquifère peut être le champ de deux grands phénomènes : le transfert de masse et le transfert de pression (cf. Pennequin 2000 et 2002).

Comme pour les eaux de surface, le **transfert de masse** revêt deux aspects : l'écoulement de l'eau et le transport de matières dissoutes, notamment de polluants. Comme pour les eaux de surface, ce sont des écoulements qui régissent le transport des matières dissoutes, mais dans le cas des systèmes aquifères transfrontaliers, ce sont des écoulements souterrains dans les trois dimensions de l'espace (largeur, longueur et épaisseur), en fonction de la configuration hydrogéologique du sous-sol et de son degré de saturation.

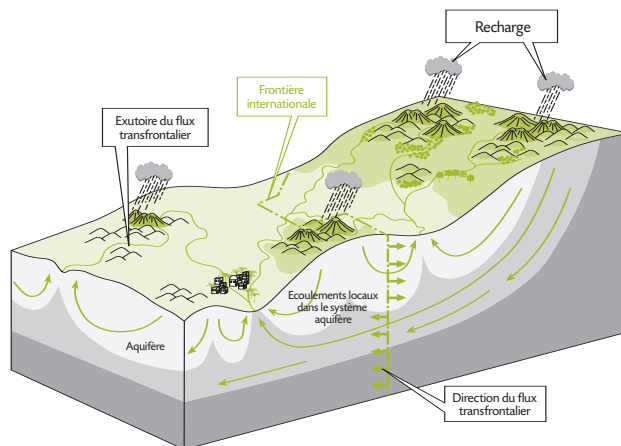
Le **transfert de pression** est plus spécifique aux eaux souterraines : c'est la propagation d'influence dynamique (*i.e.* la variation de niveau ou de pression), qui est indépendante du sens d'écoulement naturel. De ce fait, les exploitations réalisées d'un côté d'une frontière influencent les niveaux des nappes – et donc la productivité des forages – situées de l'autre côté. Dans certains cas le sens d'écoulement naturel peut même être inversé.

Les écoulements souterrains, la qualité naturelle de l'eau, le déplacement des polluants et les conséquences des pressions exercées sur les nappes sont ainsi très complexes : ils dépendent des structures géologiques du sous-sol, de leurs propriétés hydrodynamiques, des capacités d'interaction entre la roche hôte et l'eau qui s'y écoule, et plus généralement de la géométrie globale du système aquifère, de ses caractéristiques et de l'ensemble des pressions et des utilisations auxquelles il est soumis et qui interfèrent entre elles. Toute pression exercée sur un système aquifère et tout pompage effectué ont des répercussions potentielles sur tout le système : abaissement des niveaux, réorientation des écoulements, altération de la qualité naturelle de l'eau, contamination de captages, etc.

Aussi, pour mettre en place une gestion raisonnée et durable d'un système aquifère, il convient d'avoir une vision d'ensemble de ses caractéristiques, de son fonctionnement et des sollicitations qu'on lui impose. Une vision trop locale des choses, notamment au droit d'une frontière politique, ne permet souvent pas d'atteindre cet objectif : tenter d'observer des changements d'état des variables concernées (débit, niveau, composition de la qualité de l'eau, etc.) et de fixer des contraintes avec cette seule vision locale (par exemple un flux polluant ou un rabattement piézométrique maximum permis) n'a pas de sens et peut même aller à l'encontre des actions qu'il faudrait mettre en œuvre.

Schéma 5 Complexité du fonctionnement d'un système aquifère transfrontalier

La circulation des eaux souterraines peut être naturellement très différente d'un niveau aquifère à un autre. Ainsi, les écoulements locaux (peu profonds) peuvent par exemple traverser une frontière dans un sens alors que les écoulements régionaux (en profondeur) la traversent dans un autre, ou dans le sens opposé. Cette circulation naturelle peut en outre être fortement perturbée par l'action de l'homme qui, avec ses pompages par le biais de forages, peut induire artificiellement des inversions d'écoulement dans certains secteurs, modifier les champs de pression et provoquer des rabattements de niveaux de part et d'autre de la frontière.



Source : Puri et al., 2001.

Aquifère – Enjeux transfrontaliers
UNESCO, ISARM (2001).

1.2.3. La grande inertie des systèmes aquifères

Contrairement aux eaux de surface, les systèmes aquifères sont généralement caractérisés par une grande inertie. Les pressions, qualitatives et quantitatives, exercées à un moment donné peuvent avoir des incidences constatables (visibles) seulement des années ou des décennies après. En cas de surexploitation d'un système, les conséquences peuvent mettre longtemps à se manifester à certains endroits. C'est encore plus vrai pour la diffusion de contaminants dont le transfert est généralement très lent : ces derniers peuvent s'accumuler dans les sols et la zone non saturée, et mettre longtemps avant de rejoindre la nappe la plus superficielle, y progresser pendant des années – ou dizaines d'années – et migrer à terme vers les captages d'eau, dont ceux destinés à la consommation humaine, et vers les dépressions topographiques (lacs et rivières).

Cette inertie des systèmes aquifères est encore peu connue et mal prise en compte par les autorités chargées de leur gestion. Or, la réhabilitation d'une nappe dégradée est une opération difficile ou très longue, et souvent même impossible compte tenu de l'ampleur du budget nécessaire.

1.2.4. La distinction fondamentale entre systèmes aquifères à eau renouvelable et à eau fossile

Il existe deux catégories de systèmes aquifères : ceux dans lesquels l'eau souterraine s'écoule et se recharge au fil des saisons (systèmes aquifères dits « renouvelables »), et ceux qui se rechargent peu en raison du climat ou de leur contexte géologique (systèmes aquifères dits « non renouvelables » ou « peu renouvelables »).

Les aquifères renouvelables sont réalimentés avec les pluies dans leurs zones de recharge. Dans ce cas, la partie renouvelable de cette ressource peut être considérée comme étant la part du flux naturel que l'on peut utiliser dans des conditions techniques et économiques acceptables. La « réserve » d'eau peut ici se reconstituer. On trouve fréquemment ces systèmes dans les régions humides ou tempérées, notamment sous la forme de nappes d'accompagnement de cours d'eau qui coulent naturellement durant toute l'année ; on en trouve beaucoup moins dans les régions arides ou semi-arides où, qui plus est, les eaux superficielles sont très limitées, voire absentes.

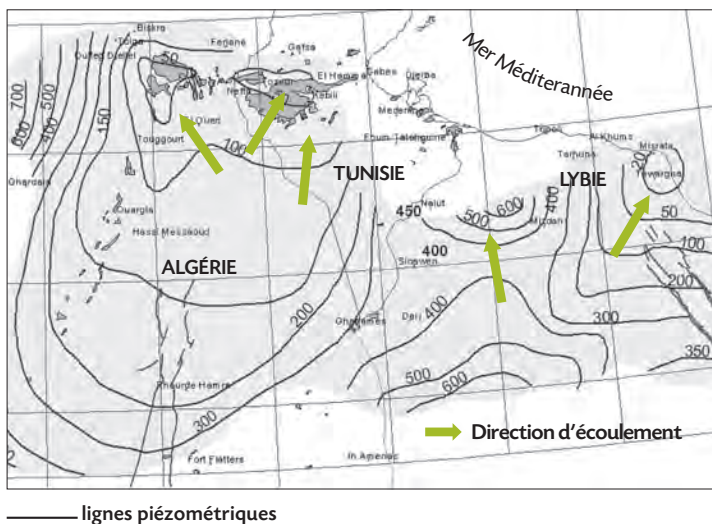
Les aquifères non renouvelables, au contraire, sont peu ou non réalimentés, soit parce que leurs caractéristiques hydrogéologiques l'empêchent, soit parce qu'ils se situent aujourd'hui sous des climats arides ou semi-arides alors qu'ils se sont constitués lors de périodes géologiques plus humides. Dans cette seconde catégorie, l'eau est dite fossile. Les prélèvements correspondent essentiellement à du déstockage et n'influencent souvent que relativement peu les flux naturels sortants dans un premier temps, même lorsque ce déstockage provient surtout d'une décompression hydraulique, comme dans le cas d'une nappe captive. Dans les régions humides ou tempérées, les aquifères non renouvelables existent à côté de cours d'eau permanents et d'aquifères renouvelables, qui sont utilisés de préférence ; dans les régions arides ou semi arides, les aquifères non renouvelables constituent souvent la principale – voire la seule – ressource en eau mobilisable.

Encadré 8 Exemple d'un système aquifère transfrontalier à « eau fossile » surexploité : le SASS

Le système aquifère du SASS, partagé entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, n'est quasiment pas rechargé, à l'exception de certaines zones comme le Mزاب et le piedmont de l'Atlas en Algérie, le Dahar en Tunisie et le Djebel Nefussa en Libye. Pourtant, par rapport aux réserves théoriques de l'aquifère (environ 60 000 milliards de m³), cette recharge (1 milliard de m³/an) est négligeable. On peut donc qualifier cet aquifère de quasiment fossile, ou du moins très peu renouvelable, et le niveau des nappes qui le constituent baissera inexorablement au fur et à mesure de leur exploitation.

Carte 3 Piézométrie et direction d'écoulement du Complexe terminal de l'aquifère du SASS

Cette carte montre l'exutoire du système notamment vers les chotts algériens et tunisiens, et vers la nappe de la Jeffara.



Source : OSS, 2008

Dans la pratique, ce système aquifère est intensément surexploité, car il est la seule ressource en eau de ces pays à ces latitudes. Son exploitation (2,5 milliards de m³/an) par près de 9 000 points d'eau, représentait déjà en 2003 un volume supérieur à 2,5 fois sa recharge, sans tenir compte des écoulements naturels vers les sorties de l'aquifère

...

...

(chotts algéro-tunisiens, sorties en mer dans le Golfe de Syrte) que l'on estime pour leur part à 1 milliard de m³/an, et qui s'ajoutent donc, au final, à son exploitation par l'homme. Cette exploitation intensive est en particulier due à la forte croissance démographique et à l'essor de l'agriculture dans des secteurs de forte évaporation (environ 40 000 hectares de cultures irriguées, mais aussi arboriculture et cultures sous serres).

Si cette exploitation se poursuit à ce rythme, on assistera à l'horizon 2050 à des baisses de niveaux de l'ordre de 20 à 60 m. Si elle augmente pour tenter de satisfaire les besoins croissants, ce rabattement pourrait atteindre 50 à 300 m selon les lieux et les formations aquifères du système. Un tel effondrement des niveaux provoquerait la disparition de l'artésianisme, rendrait impossible son exploitation à certains endroits (tarissement des foggaras dans le sud-ouest et de l'exutoire tunisien au nord), et entraînerait des intrusions marines qui détérioreraient sa qualité de manière irréversible. Outre les zones côtières, la salinité augmenterait au point de rendre l'aquifère inutilisable également ailleurs, notamment dans les secteurs très peuplés des chotts et de la plaine de la Djéffara.

Il conviendrait donc aujourd'hui de prendre la décision de limiter ou de modifier les pratiques agricoles, voire de changer de stratégie économique pour que l'exploitation de cet aquifère puisse continuer sous une forme plus soutenable, c'est-à-dire trouver à terme des modes d'exploitation qui préservent le mieux possible les niveaux des nappes et leur qualité. Ceci implique une concertation et une action coordonnée entre les trois pays concernés.

Source : partie 1.6 des travaux préalables.

1.2.5. *Les implications du caractère transfrontalier d'un système aquifère*

Sur le plan scientifique et technique, un système aquifère transfrontalier n'est pas différent d'un autre système aquifère. Simplement, il se trouve sous le territoire de plusieurs États et les frontières politiques ajoutent des contraintes supplémentaires qui rendent plus délicates et plus compliquées la connaissance et la gestion de ces ressources partagées. Les États ont en effet tendance à considérer les eaux situées dans leur sous-sol à l'intérieur de leurs frontières comme une ressource nationale sur laquelle ils souhaitent exercer une souveraineté absolue. Certains États contestent même la nature transfrontalière de certains aquifères les concernant (en profitant parfois des incertitudes ou des imprécisions des connaissances scientifiques existantes).

De fait, le principe de souveraineté nationale ne saurait avoir sur les eaux souterraines un caractère absolu : qu'elle soit souterraine ou superficielle, l'eau est par nature un

élément fondamentalement mobile et variable, dans le temps comme dans l'espace. Un pays ne pourra donc pas gérer « ses » eaux souterraines transfrontalières sans affecter – ni être affecté par – la gestion de ses voisins. S'agissant de la même ressource, son accès et son utilisation partagée, équitable et durable est une nécessité, sous peine d'engendrer des tensions, des crises et des conflits interétatiques, eux-mêmes préjudiciables à l'intérêt national des pays concernés.

En définitive, la gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers est indispensable, mais beaucoup plus complexe et délicate que celle des eaux partagées superficielles, du fait :

- du manque de perception du caractère transfrontalier par les autorités, les gestionnaires et les populations concernées ;
- du manque fréquent de connaissances précises et partagées par tous les pays riverains (nature, étendue, fonctionnement, interactions avec les eaux superficielles, potentiel d'exploitation, etc.) ;
- de l'absence fréquente, dans les États concernés, d'un cadre normatif national clair spécifique aux eaux souterraines et d'une institution nationale explicitement responsable de leur gestion et dotée des moyens nécessaires ;
- parfois, d'un manque de volonté politique pour mettre en œuvre une gestion à long terme ;
- d'un droit international encore embryonnaire dans ce domaine ; et
- des importants besoins de compétences et de financements indispensables pour développer des études scientifiques et mettre en place le cadre normatif et institutionnel approprié.

1.3. De la nécessité d'une gestion intégrée des systèmes aquifères transfrontaliers

Le fait de prélever de l'eau dans un système aquifère entraîne de multiples conséquences dans les trois dimensions du sous sol. Selon son importance, tout nouveau prélèvement réduit – plus ou moins loin et à plus ou moins à long terme – le débit des sources, des puits, des forages et des champs captants pré existants, notamment à son voisinage où il crée un cône de rabattement de la nappe. La multiplication de ces prélèvements peut affecter l'ensemble du système aquifère en cas de surexploitation avec, pour conséquence, la baisse et parfois même l'effondrement du niveau piézométrique. Dans certains cas, ceci peut entraîner l'apparition d'un phénomène de subsidence des terrains de surface. Si le système aquifère est renouvelable et communique avec

les rivières et les sources de la région, sa surexploitation diminue la réalimentation de celles-ci ; cela affecte leurs débits minimum durant les périodes d'étiage ou de sécheresse.

Réciproquement, un système aquifère renouvelable, en communication avec les eaux superficielles, sera lui aussi affecté et pourra cesser d'être alimenté si ces eaux de surface (rivières, lacs, étangs) sont elles mêmes surexploitées ou polluées.

Quant aux rejets, injections et infiltrations d'eau dans le sous sol, ils ont certes l'effet positif de réalimenter les systèmes aquifères mais ils peuvent aussi les contaminer durablement si ces apports sont pollués ou si certaines conditions sont réunies, comme dans le cas des chotts présenté précédemment.

Quels qu'en soient les usages et les raisons, les prélèvements et les rejets effectués au sein d'un même ensemble hydrogéologique (comprenant à la fois un système aquifère renouvelable et les eaux superficielles en relation hydraulique), sont interdépendants et solidaires ou hydrosolidaires. Tous dépendent, directement ou indirectement, de la densité et du mode d'occupation des sols, de l'urbanisation, de l'agriculture (dont l'élevage, la pêche et les forêts), de l'industrie et la production d'énergie, du mode de transport (par navigation fluviale), etc.

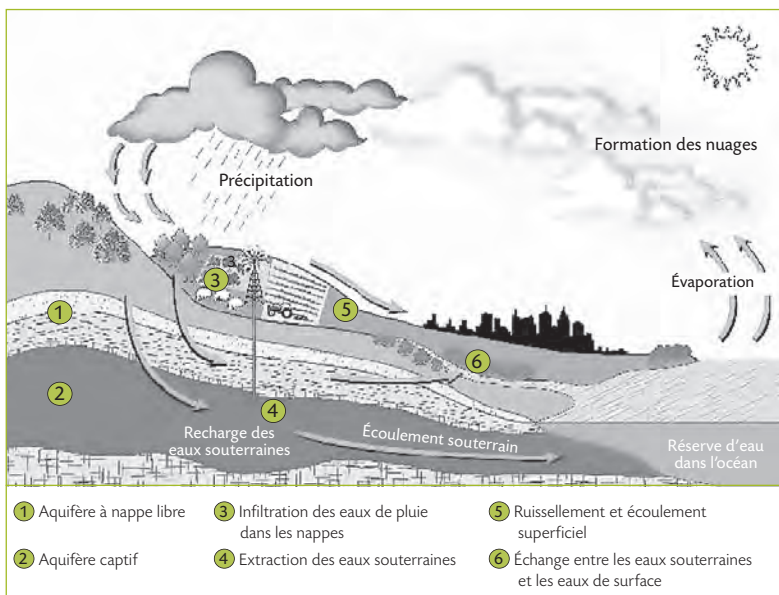
Il s'agit toujours – et partout – de concilier des intérêts légitimes mais différents, parfois même opposés, entre les usages, entre les utilisateurs et entre les territoires, à tous les niveaux : local, national et supra national pour les eaux transfrontalières.

Cette gestion concertée doit bien évidemment respecter les principes du développement durable, qui vise à concilier le progrès économique avec l'équité sociale et le respect de l'environnement. Elle doit aussi s'inscrire dans les principes de la GIRE définie par le *Global Water Partnership*^[5] comme un processus « *qui favorise le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser, de manière équitable, le bien-être économique et social en résultant, sans pour autant compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux* ». Formulé officiellement pour la première fois en 1992 à Dublin, lors de la Conférence internationale sur l'eau et le développement, le concept de la GIRE s'est progressivement affirmé durant les deux dernières décennies au sein de la communauté internationale. Toutefois, le volet « eau souterraine » y est encore trop souvent négligé.

La GIRE est précisément le concept qui permet de trouver les solutions harmonieuses et évolutives, adaptées à chaque cas, en appliquant un ensemble d'instruments complémentaires et cohérents qui sont présentés dans la deuxième partie de ce guide.

[5] Voir *Global Water Partnership Technical Ad Committee*, 2000.

Schéma 6 Cycle de l'eau : les interactions entre eaux superficielles et eaux souterraines expliquent la nécessité du recours à une GIRE



Source : adapté de Willoughby City Council (Australie, 2010).

Encadré 9 Exemple de gestion intégrée encore insuffisante : le bassin du Mékong

Le Cambodge, le Laos, la Thaïlande et le Vietnam ont conclu le 5 avril 1995 l'Accord de coopération pour le développement durable du bassin du fleuve Mékong, créant la Commission du fleuve Mékong (*Mékong River Commission*). Les deux autres États riverains du bassin du Mékong, la Chine et le Myanmar, ne sont pas signataires de l'Accord, mais sont « partenaires de dialogue » depuis 1996. La Commission coordonne le Programme Mékong, adopté en 2004 et destiné à appliquer les principes de la GIRE.

Un document d'orientations stratégiques pour le développement des ressources en eau du bassin a été élaboré. En ce qui concerne les eaux souterraines, ce document souligne le besoin d'études pour améliorer la connaissance et définir les limites d'une utilisation soutenable. Ces orientations stratégiques sont déclinées en actions dans un Plan stratégique 2006-2010.

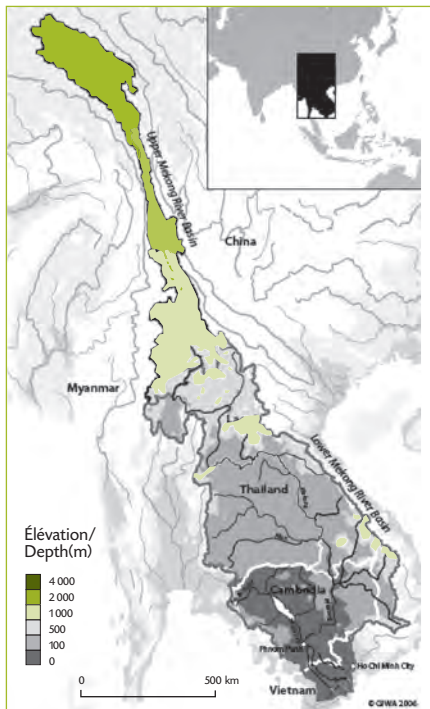
...

...

Ce plan est accompagné par 18 projets prioritaires, dont un seul porte sur la préservation des eaux souterraines au niveau des grandes villes. Ces orientations stratégiques ont aussi vocation à être déclinées dans les initiatives des bailleurs de fonds.

Malheureusement, ces programmes ne portent généralement que sur les eaux superficielles. Malgré des initiatives récentes allant dans le sens d'une meilleure prise en compte des systèmes aquifères, les eaux souterraines du bassin du Mékong sont donc encore trop peu concernées par des actions transfrontalières. Pourtant, comme les eaux souterraines et les eaux superficielles sont souvent en relation hydraulique, ces programmes devraient s'appuyer sur une connaissance combinée de ces deux systèmes pour pouvoir en garantir l'efficacité à terme.

Carte 4 Bassin hydrographique du Mékong



Source : Global International Waters Assessment (GIWA), 2006.

Source : deuxième partie des travaux préalables.

Toutes les activités humaines utilisent de l'eau. Elle est ainsi un lien matériel d'interdépendance qui solidarise les populations bénéficiaires et les relie physiquement à leur territoire, en particulier les eaux souterraines partie intégrante du sous sol. C'est la notion d'hydrosolidarité.

Cette hydrosolidarité sociale et territoriale à travers l'espace s'accompagne également d'une hydrosolidarité temporelle, vis-à-vis des générations futures.

Pour les eaux de surface, elle s'inscrit clairement à l'échelle du bassin hydrographique qui, dans de nombreux pays, est de plus en plus souvent reconnu et utilisé comme l'échelle appropriée pour la mise en œuvre d'une GIRE.

Pour les eaux souterraines, invisibles et complexes à identifier et cartographier, il est beaucoup plus difficile de percevoir et de reconnaître le même genre de solidarité. Pourtant, paradoxalement, elle est dans leur cas plus forte encore que pour les eaux superficielles, pour deux raisons :

- dans le cas des nappes, l'hydrosolidarité s'étend à travers l'espace dans les trois dimensions ;
- la complexité et la lenteur de la diffusion des impacts, quantitatifs et qualitatifs, dans les systèmes aquifères entraînent une hydrosolidarité temporelle à long terme, notamment pour les aquifères non renouvelables.

Pour ces raisons, la perception, la prise de conscience et la reconnaissance du caractère transfrontalier d'une nappe sont très difficiles, de la part aussi bien des responsables que des usagers eux-mêmes : elles ne peuvent se faire que de manière analytique, progressive, objective, c'est-à-dire scientifique et dépassionnée.

2. Outils disponibles pour la connaissance et la gestion des systèmes aquifères transfrontaliers

Pour une gestion efficace et durable des ressources en eau, la pratique montre qu'il est nécessaire de mettre en œuvre un ensemble d'outils complémentaires et cohérents, conformes aux concepts de développement durable et de GIRE, à savoir :

- *des outils scientifiques, techniques et technologiques*, pour améliorer la connaissance des eaux souterraines et des systèmes aquifères transfrontaliers ;
- *des outils organisationnels et institutionnels*, pour mettre en œuvre une GIRE ;
- *des outils juridiques et administratifs*, pour assurer le cadre de travail et les fonctions de régulation nécessaires des ressources en eau, de manière harmonieuse de part et d'autre des frontières ;
- *des outils économiques, financiers et fiscaux*, pour mobiliser les capitaux indispensables et inciter à l'atteinte d'objectifs communs ;
- *des outils de formation et de perfectionnement professionnel*, pour améliorer les compétences des décideurs politiques, des gestionnaires et du personnel technique et administratif ; enfin
- *des outils de participation et de coopération*, pour échanger en toute transparence des informations et développer une coopération dans la durée.

Aucune de ces six catégories d'outils n'est, à elle seule, suffisante. C'est leur conjugaison qui permet de progresser et d'atteindre des résultats satisfaisants et durables.

Ces outils doivent être mis en œuvre de façon parallèle et progressive, aux différents niveaux nécessaires pour les systèmes aquifères partagés : local, national, transfrontalier et international, en travaillant selon les unités géographiques naturelles que sont, pour les eaux souterraines, les bassins hydrogéologiques. Cependant, ces derniers ne correspondent pas toujours – voire rarement – aux périmètres des systèmes aquifères.

2.1. Les outils scientifiques et techniques d'investigation et d'étude

2.1.1. Inventaire des systèmes aquifères transfrontaliers

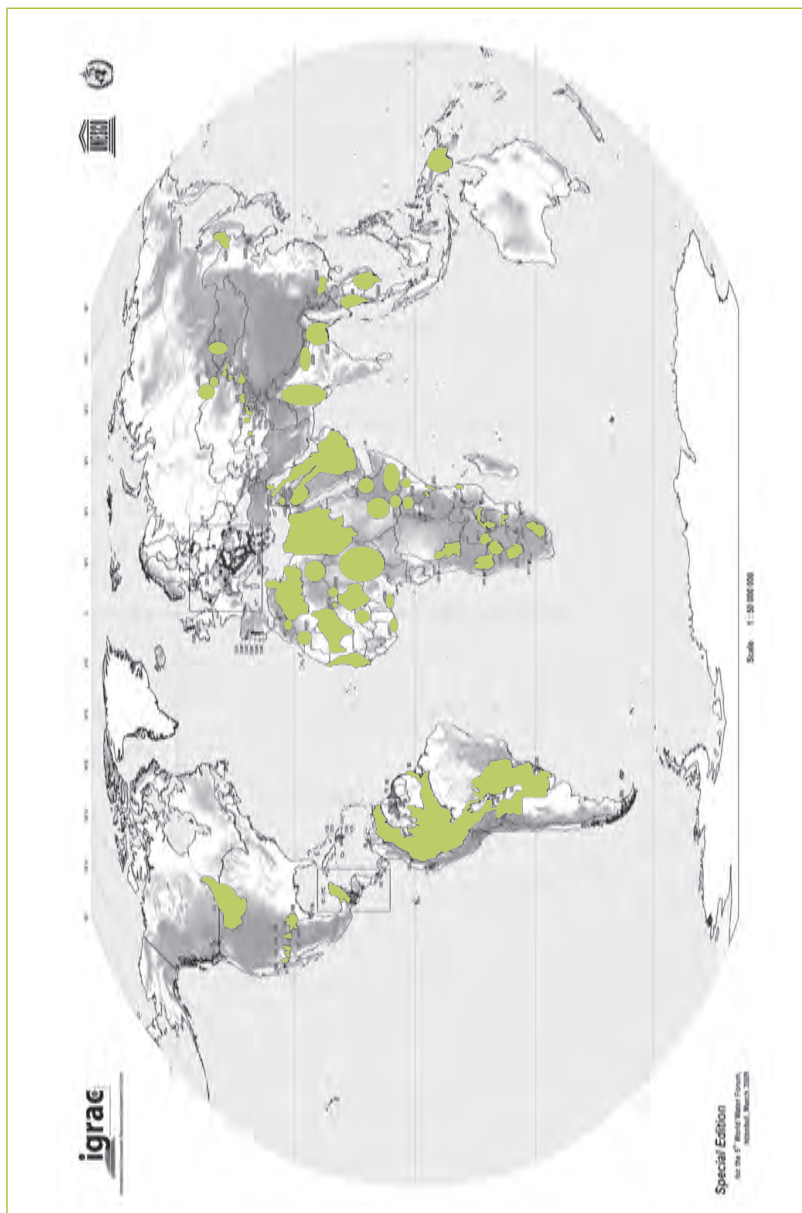
La Commission économique des Nations unies pour l'Europe (UNECE) a lancé, dans les années 1990, le premier inventaire régional des systèmes aquifères transfrontaliers portant sur les pays d'Europe, lequel a été étendu au Caucase et à l'Asie centrale en 2007.

En 1999, a été initié le programme *World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment (WHYMAP)*^[6] qui a pour but de collecter, rassembler et visualiser les informations hydrogéologiques à une échelle globale. Ce programme est conduit conjointement par l'UNESCO (Programme hydrologique international et Programme international de géosciences), l'Association internationale des hydrogéologues (AIH), la Commission de la carte géologique du monde, l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'*International Groundwater Assessment Center*, le *Global Runoff Data Centre* et le *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* (BGR, Institut fédéral de géosciences et de ressources naturelles), avec une participation d'experts extérieurs, notamment du BRGM. Ce travail de cartographie des systèmes aquifères a été affiné sur le continent africain entre 2003 et 2006, dans le cadre du projet SIG-Afrique coordonné par le BRGM et partiellement financé par le ministère français des Affaires étrangères et européennes (MAEE).

En 2000, sous l'égide de l'UNESCO, a été lancé le projet ISARM qui porte spécifiquement sur les systèmes aquifères transfrontaliers. Ce programme s'inscrit dans une perspective à long terme et vise à promouvoir l'étude scientifique des systèmes aquifères transfrontaliers et leur gestion de manière concertée et durable. Il est mis en œuvre à travers des initiatives régionales, continent par continent, en coopération avec d'autres partenaires, tels que l'Organisation des États d'Amérique sur le continent américain. Dans le cadre du programme ISARM, ont été effectués un inventaire préliminaire des systèmes aquifères transfrontaliers pour les Amériques, un inventaire préliminaire pour l'Afrique et un inventaire détaillé pour les Balkans et la rive Sud de la Méditerranée. À ce jour, plus de 270 systèmes aquifères transfrontaliers ont été recensés dans le monde, et beaucoup d'autres ne le sont pas encore. Les résultats de ce programme sont détaillés dans la première partie des travaux préalables.

[6] www.whymap.org

Carte 5 Les systèmes aquifères transfrontaliers du monde
(mise à jour : 2009)



Source : International Groundwater Assessment Center, 2009.

2.1.2. Inventaire des besoins pour mieux connaître les systèmes aquifères et leur fonctionnement

En dépit de toutes ces initiatives, l'état des connaissances des systèmes aquifères transfrontaliers reste très inégal et largement insuffisant. En effet, l'amélioration des connaissances exige des moyens techniques et technologiques multiples, des compétences spécialisées et pluridisciplinaires et des capacités financières dont beaucoup de pays ne disposent pas.

Le champ des connaissances nécessaires

La connaissance d'un système aquifère doit notamment porter sur :

- sa configuration géométrique (*i.e.* ses limites physiques en 3 dimensions) ;
- sa configuration géologique et structurale (identification des horizons constitutifs du système, leurs nature et évolution lithologique dans l'espace, leurs structures géologiques, l'extension des couches individuelles, etc.) ;
- sa configuration hydrogéologique et les paramètres hydrodynamiques correspondants (perméabilité, capacité de stockage, etc.) ;
- ses interactions internes (c'est-à-dire entre les différents horizons hydrogéologiques qui le constituent), et avec les eaux de surface associées, transfrontalières ou pas ;
- la configuration de ses écoulements en 3 dimensions (orientation, vitesses d'écoulement dans les 3 dimensions, etc.) ;
- les temps de transfert de pression (propagation dynamique des ondes et des pressions hydrodynamiques) et de masse (migration des polluants, etc.) ;
- ses zones de recharge naturelle et les données climatiques/météorologiques de la région concernée ;
- ses secteurs de décharge naturelle (cours d'eau, lacs, chotts, autres aquifères en aval, etc.) ;
- ses évolutions de niveaux et de débits dans le temps et dans l'espace ;
- son potentiel global et sectoriel (*i.e.* ce que le système aquifère peut fournir comme quantité d'eau sans mettre en péril son existence et de manière à pouvoir préserver les différents usages) et son évolution dans le temps ;
- les caractéristiques géochimiques de ses différents horizons ;
- la qualité naturelle de son eau dans l'espace tridimensionnel et son évolution dans le temps ;

- sa vulnérabilité face aux évènements extrêmes (crues et sécheresses) et face aux infiltrations d'agents polluants issus de l'activité humaine en surface ;
- la configuration de la demande en eau, du tissu socioéconomique, des usages et des pressions (prélèvements d'eau dont débit et nappe captée, sources de pollutions, etc.) et l'évolution de ces paramètres dans le temps.

La collecte des données

La collecte des données est primordiale et reste la première étape dans l'acquisition de la connaissance des systèmes aquifères. Outre le rassemblement des données existantes, il est aussi nécessaire de réaliser :

- des sondages mécaniques, des sondages et prospections géophysiques, de la photographie aérienne ou satellitaire pour dresser les contours géologiques, géométriques et structurels ;
- des forages, piézomètres, pompes d'essai et traçages, mesures du débit des sources et des niveaux de nappe pour déterminer les paramètres hydrogéologiques ;
- des sondages géochimiques et campagnes de prélèvements d'échantillons et d'analyses physico-chimiques, isotopiques, chloro-fluoro-carbones (CFC) pour établir les caractéristiques géochimiques et minéralogiques du sous-sol et de la qualité de l'eau.

Photos 1 2 3

Exemples d'outils mis en œuvre sur le terrain pour obtenir des données et des informations sur un système aquifère



Forages



Prélèvement d'échantillons et mesures piézométriques



Géophysique (panneau électrique en Afrique)

Source : banque d'images BRGM.

Il faut également mettre en place des réseaux permanents de mesures pour pouvoir retracer et établir les évolutions du système aquifère dans le temps. Deux séries de paramètres doivent être suivis sur le terrain : d'une part les paramètres liés aux aspects quantitatifs, dont les débits (naturels et d'exploitation) et les niveaux des systèmes aquifères et, d'autre part, les paramètres se rapportant à la qualité de l'eau.

Pour les premiers, des réseaux piézométriques et débitmétriques doivent être installés ou réhabilités, et pour les seconds, des réseaux qualimétriques, ou des réseaux de piézomètres, forages ou puits dédiés à la prise d'échantillons et à leur analyse biophysico-chimique. Tous ces réseaux de mesure doivent être correctement implantés et dimensionnés pour fournir des données représentatives de la ressource et de son évolution générale dans la durée (Pennequin *et al*, 2008). Il convient de souligner que certaines données sont assez aisément accessibles (niveaux piézométriques, qualité de l'eau), alors que d'autres, comme les flux d'échanges entre les horizons des systèmes aquifères ou entre les nappes et les rivières, seront toujours plus difficiles à obtenir et devront souvent être déterminés indirectement, par exemple par le biais d'un modèle mathématique.

La mise en place de réseaux permanents de mesures ainsi que la collecte et l'exploitation des données nécessitent l'existence sur le terrain non seulement des équipements appropriés, mais aussi d'un minimum de structures de service public à caractère technique et administratif. Cette structure publique permanente, établie au niveau national – voire transfrontalier – peut avoir différents statuts juridiques : soit un service de l'État au sein d'un ministère, soit une agence ou un organisme autonome. Cette organisation sera plus ou moins étoffée selon la taille du pays. Elle disposera, si besoin, d'un réseau d'antennes locales et elle sera en liaison étroite et permanente avec les institutions impliquées dans la gestion des ressources et des usages de l'eau. Dans le domaine des eaux souterraines, c'est loin d'être toujours le cas : l'organisation en place, lorsqu'elle existe, est souvent fragile et rarement pérenne.

Encadré 10 *Exemple de projet ayant permis la création d'une base de données hydrogéologiques partagées : gestion du risque hydrogéologique dans le système aquifère des lullemeden*

Le système aquifère des lullemeden comprend une partie du bassin du fleuve Niger et s'étend sur plus de 500 000 km² (31 000 km² à l'est du Mali, 434 000 km² dans la partie occidentale du Niger et 60 000 km² au nord-ouest du Nigeria). Le projet Gestion du risque hydrogéologique dans le système aquifère des lullemeden, financé par le *Global Environment Facility* (GEF) et mené sous l'égide de l'OSS, comprenait initialement deux composantes techniques principales :

...

...

- une composante 1 visant à évaluer l'état des connaissances des ressources en eau (analyse et diagnostic transfrontaliers, formation à la modélisation, études de terrain sur la recharge des systèmes aquifères, base de données) ;
- une composante 2 visant à mettre en place un mécanisme de concertation entre le Mali, le Niger et le Nigeria pour la gestion du système aquifère.

Le projet a permis de mettre en place un système d'information géographique (SIG) et une base de données spécifiques, d'effectuer une caractérisation préliminaire de la ressource avec notamment la réalisation de la première phase d'un modèle de nappe (en régime permanent) et, enfin, de proposer des lignes directrices en vue d'installer un réseau de suivi des nappes d'eau souterraine. Le projet a débuté en 2004 et s'est terminé à Bamako en mai 2008.

Carte 6 Carte schématique du système aquifère des lullemeden



Source : OSS, 2007.

Sources : partie 16 et deuxième partie des travaux préalables.

La validation, l'organisation et l'interprétation des données

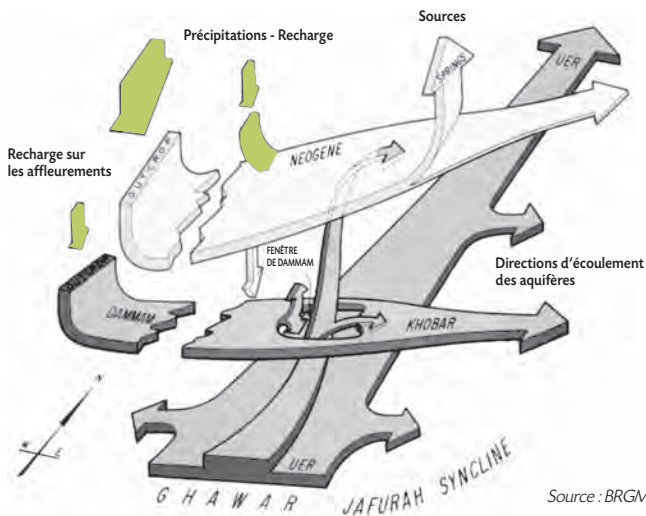
Après la collecte des données, la validation, l'organisation et l'interprétation des données sont la deuxième étape importante : les données acquises sur le terrain doivent être intégrées dans des bases de données et dans des SIG, pour ensuite pouvoir les associer dans l'espace tri-dimensionnel et temporel, en vue de reconstituer les caractéristiques et les modes de fonctionnement de la ressource considérée.

Le modèle conceptuel ou la connaissance qualitative de la ressource

Le modèle conceptuel ou la connaissance qualitative de la ressource est la troisième étape. Elle consiste généralement à élaborer un ou plusieurs modèles conceptuels du système aquifère qui permettra de comprendre et de retracer dans les grandes lignes ses caractéristiques et son fonctionnement, de manière qualitative. Ce ou ces modèles conceptuels élaborés en trois dimensions, permettent de représenter les relations spatiales réciproques des différents constituants du système aquifère et des autres compartiments naturels ou artificiels qui l'environnent.

La construction de modèles conceptuels s'établit à l'aide d'outils et de moyens spécifiques à l'étude des systèmes aquifères, dont notamment des synthèses géologiques et hydrogéologiques, des cartes thématiques de diverses natures (géologie, lithologie, piézométrie, vulnérabilité, etc.), et bien sûr, plus généralement, les bases de données et les SIG mentionnés ci-dessus.

Schéma 7 Schéma ou modèle conceptuel des flux du système aquifère d'Al Hassa, Arabie Saoudite



Source : BRGM, 1977.

Lecture du schéma : ici sont représentées les directions de flux des différentes formations hydrogéologiques du système d'Al-Hassa. La nappe captive de l'Umm er Radhuma (UER sur le schéma) alimente celle du Néogène et contribue à l'émergence de sources ; elle alimente aussi plus faiblement la nappe de Khobar à travers la lacune de sédimentation^[7] de Dammam. Les flèches vertes représentent la recharge.

Les modèles mathématiques et outils de gestion

La dernière étape dans l'acquisition de la connaissance d'un système aquifère nécessite l'élaboration d'outils mathématiques et numériques qui permettront, d'une part, de comprendre de manière approfondie le fonctionnement des hydro-systèmes et l'évolution de la ressource et, d'autre part, d'établir les procédures de gestion les plus adaptées en conciliant au mieux les intérêts de tous les acteurs.

Les modèles mathématiques, outre le fait de pouvoir aider à déterminer certains paramètres physiques difficiles à appréhender sur le terrain (vitesse, débits, volumes échangés, etc.), permettent effectivement de réaliser une synthèse générale, plus ou moins précise, du fonctionnement du système aquifère dans l'espace bi- ou tri-dimensionnel et de ses tendances d'évolution dans le temps, à la fois sur les plans qualitatif et quantitatif. Cela sert ensuite de base à l'élaboration de scénarios prospectifs ou de gestion de la ressource. Ce sont des outils puissants capables de fournir à la fois une vision globale du fonctionnement de la ressource, tout en simulant également les impacts locaux d'actions ou de pressions exercées (dans le cadre, par exemple, d'une exploitation ou d'une contamination de la ressource), et leur évolution progressive dans l'espace et dans le temps.

Pour pouvoir servir d'outils de gestion, les modèles mathématiques et numériques doivent être au préalable correctement structurés et dimensionnés, conformément aux modèles conceptuels précédemment élaborés qui leur ont servi de base, et ensuite suffisamment bien étalonnés pour les objectifs recherchés (processus qui vise à rendre le modèle conforme à la réalité qu'il est censé simuler). Toutes sortes de scénarios prospectifs peuvent alors être réalisés notamment pour :

- déterminer le potentiel de la ressource dans le cadre d'une gestion durable ou soutenable,
- tester l'impact de différents scénarios de pompage et d'exploitation sur les débits et niveaux en fonction de besoins exprimés ou de développements économiques projetés,

[7] Interruption de la sédimentation entraînant une discontinuité chronologique entre deux couches.

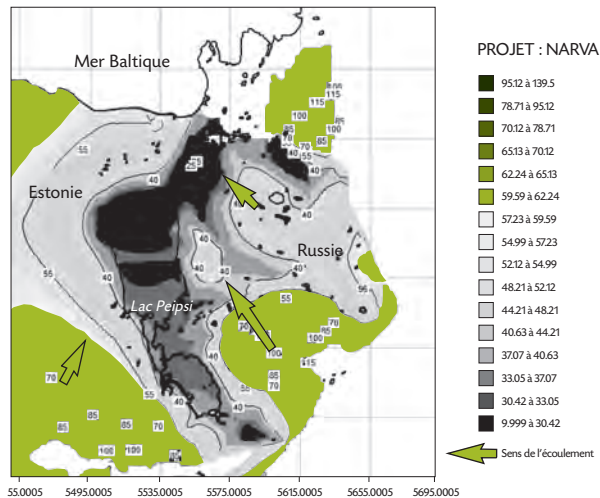
- calculer les conséquences de politiques d'aménagement du territoire sur la ressource,
- prévoir l'évolution d'une pollution et évaluer ses impacts dans l'espace et dans le temps,
- établir les modalités de protection ou de réhabilitation d'une ressource contaminée.

Une fois analysés et interprétés, les résultats des modèles et des scénarios simulés fournissent des bases précieuses aux discussions et aux mécanismes de concertation et d'action.

Encadré 11 Exemple de modèle mathématique du système aquifère transfrontalier du Lac Peipsi (Russie-Estonie)

Dans le cadre de l'étude réalisée par le BRGM sur la gestion du système aquifère transfrontalier du Lac Peipsi (Russie-Estonie), financée par le Fonds Français pour l'Environnement Mondial et par l'Union Européenne, l'élaboration et l'utilisation de modèles mathématiques ont permis à chaque pays concerné d'avoir une vision à la fois d'ensemble et locale sur l'état et le fonctionnement de la ressource en eau partagée.

Carte 7 Piézométrie calculée pour l'horizon aquifère de l'Ordovicien partagé entre l'Estonie et la Russie



Source : BRGM, 2007.

2.2. Les outils juridiques

2.2.1. Au niveau international

Au niveau international, le seul accord concernant spécifiquement la gestion conjointe d'un système aquifère transfrontalier est celui de la nappe du Genevois partagée entre la France dans le département de la Haute Savoie et la Suisse dans le canton de Genève (cf. encadré 23 et partie 1 des travaux préliminaires). Les eaux souterraines sont parfois mentionnées dans des accords relatifs à des eaux de surface transfrontalières ; les sources le sont aussi parfois mais rarement les nappes elles-mêmes, qui ne sont qu'indirectement évoquées dans certains accords internationaux portant sur la délimitation de frontières ou sur des questions minières.

Il existe cependant un certain nombre d'initiatives en la matière :

- **1989** : un projet de traité dit de « Bellagio » relatif aux eaux souterraines transfrontalières applique de façon spécifique les principes dégagés par les règles d'Helsinki, à savoir « l'unité de gestion » et la « communauté d'intérêts » ainsi que « l'utilisation optimale et la conservation sur une base raisonnable et équitable incluant la protection de l'environnement souterrain ». Il s'agit d'une initiative d'experts qui n'a pas de valeur juridique, mais qui n'est pas sans intérêt.
- **1992** : la Convention pour la protection et l'utilisation des cours d'eaux transfrontaliers et les lacs internationaux est adoptée par la Commission des Nations unies pour l'Europe ; dite « Convention d'Helsinki », elle porte sur toutes les eaux transfrontalières, y compris les systèmes aquifères partagés.
- **1997** : l'Assemblée générale des Nations unies adopte la Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eaux internationaux à des fins autres que la navigation. Ce texte n'est pas encore entré en vigueur car il n'est pas ratifié par un nombre suffisant d'États. Son application aux eaux souterraines partagées est limitée, car il ne concerne que les eaux souterraines associées à un cours d'eau international et ayant un point d'arrivée commun.
- **2008** : l'Assemblée générale des Nations unies adopte le 11 décembre une Résolution portant sur le droit des aquifères transfrontaliers (A/Res/63/124), incluant en annexe le projet d'articles préparé par la Commission du droit international des Nations unies. Ce texte bénéficie de l'appui et de la contribution scientifique et technique du Programme hydrologique international de l'UNESCO qui a réuni à cet effet des groupes d'experts et de nombreux partenaires qualifiés en la matière. Ce texte, simplement incitatif, n'a pas de force contraignante mais peut servir de référence aux États.

2.2.2 Au niveau national

En Europe, les diverses législations nationales sur l'eau ont largement transposé les directives européennes en la matière. En effet, la gestion de l'eau y est très encadrée juridiquement depuis les années 1970 à travers une trentaine de directives portant, d'une part, sur les usages de l'eau et, d'autre part, sur les rejets. La Directive cadre sur l'eau du 23 octobre 2000 est venue harmoniser cet ensemble. Toutes les masses d'eau, y compris transfrontalières, qu'elles soient superficielles, souterraines ou littorales, sont concernées par l'objectif de « bon état », à atteindre d'ici 2015 (sauf dérogation dûment justifiée). Le texte prescrit une approche de gestion par bassin hydrographique. Il prévoit pour chaque district hydrographique, national et international, de réaliser un état des lieux qui concerne toutes les masses d'eau, un plan de gestion qui définit les objectifs et un programme de mesures qui fixe les actions à engager pour les atteindre, ainsi qu'une consultation du public. En outre, il définit une méthode commune pour la surveillance de l'état des masses d'eau (*monitoring*) et une autre pour la communication des résultats atteints (*reporting*). Cette directive a été complétée par une directive-fille concernant spécifiquement les eaux souterraines : la Directive du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration. Elle prévoit des critères pour évaluer l'état chimique des eaux, des critères pour identifier les tendances à la hausse significatives et durables de concentrations de polluants dans les eaux souterraines ainsi que des mesures de prévention et de limitation des rejets indirects (après percolation à travers le sol ou le sous-sol) de polluants dans les eaux souterraines. Ces directives fixent aujourd'hui dans toute l'Union européenne un cadre harmonisé pour la gestion des eaux souterraines, ce qui constitue une valeur ajoutée particulièrement importante pour les systèmes aquifères partagés par plusieurs pays européens.

Ailleurs, dans de nombreux pays, les eaux souterraines ne sont pas encore pourvues d'un statut et d'un régime juridique clairement défini. Font exception certains pays qui se sont dotés d'un « code de l'eau » comme, par exemple, le Maroc, qui, depuis le début du 20^e siècle, a classé ses eaux souterraines dans le domaine public de l'État ; celui-ci dispose ainsi du pouvoir de délivrer des autorisations de prélèvement (concessions), éventuellement modifiables et négociables par son titulaire ou par le propriétaire du terrain concerné.

Dans chaque pays, il convient de donner aux eaux souterraines, comme aux eaux superficielles, un régime juridique qui en permette un contrôle suffisant par la puissance publique, assurant une gestion équitable et durable de la ressource ainsi que sa protection quantitative et qualitative. Il est également nécessaire d'instituer et de faire respecter une réglementation par un système d'autorisations ou de déclarations

concernant, d'une part, les prélèvements et les rejets dans la ressource (ce que l'on appelle la « police de l'eau ») et, d'autre part, l'exercice des activités ayant (ou susceptibles d'avoir) un impact négatif, direct ou indirect, à court ou à long terme, sur les eaux tant souterraines que superficielles. Ceci concerne notamment certaines pratiques agricoles et d'élevage, certaines installations industrielles ou artisanales, ou d'autres pouvant comporter des risques pour l'environnement et l'eau.

Cette réglementation doit, bien sûr, être soigneusement adaptée aux problèmes à résoudre et aux contextes socioéconomique, administratif et culturel du pays considéré.

2.2.3. Les principes juridiques généraux pour la gestion des systèmes aquifères transfrontaliers

Le projet d'articles annexé à la Résolution 63/124 applique aux aquifères transfrontaliers deux règles fondamentales du droit international de l'eau, largement développées pour les eaux de surface : (i) l'utilisation équitable et raisonnable, (ii) ne pas causer de dommage significatif.

La première règle (« utilisation équitable et raisonnable ») implique que les États concernés gèrent le système aquifère transfrontalier de façon à aboutir à une répartition équitable entre eux des avantages à en tirer. L'utilisation raisonnable est souvent définie comme « durable » ou « optimale ». Dans le cas des systèmes aquifères transfrontaliers, le but commun est de chercher à « maximiser les avantages à tirer à long terme » de l'utilisation des eaux partagées.

Cette règle de l'utilisation raisonnable et équitable nécessite pour son application la prise en considération de certains facteurs. L'article 5 en fournit une liste indicative et précise que le poids de chaque facteur est déterminé dans chaque cas particulier. Cette liste inclut les facteurs suivants :

- « a) La population tributaire de l'aquifère ou du système aquifère dans chaque État de l'aquifère ;
- b) les besoins économiques, sociaux et autres, présents et futurs, des États de l'aquifère concernés ;
- c) les caractéristiques naturelles de l'aquifère ou du système aquifère ;
- d) la contribution à la formation et à l'alimentation de l'aquifère ou du système aquifère ;
- e) l'utilisation actuelle et potentielle de l'aquifère ou du système aquifère ;
- f) les effets réels et potentiels de l'utilisation de l'aquifère ou du système aquifère dans un État de l'aquifère sur d'autres États de l'aquifère concernés ;

- g) l'existence d'autres solutions pour remplacer une utilisation particulière actuelle ou projetée de l'aquifère ou du système aquifère ;
- h) la mise en valeur, la protection et la conservation de l'aquifère ou du système aquifère et le coût des mesures à prendre à cet effet ;
- i) le rôle de l'aquifère ou du système aquifère dans l'écosystème qui en relève. »

Enfin l'article 5 précise (paragraphe 2) : « Pour déterminer ce qui est une utilisation équitable et raisonnable, il faut que tous les facteurs pertinents soient considérés ensemble et qu'une conclusion soit tirée sur la base de tous ces facteurs. Toutefois, pour évaluer les différents types d'utilisation d'un aquifère ou système aquifère transfrontière, il faut particulièrement tenir compte des besoins humains vitaux. »

La seconde règle (« ne pas causer de dommage significatif ») prescrit aux États impliqués de prendre toutes les mesures appropriées pour ne pas « causer de dommage significatif » aux autres États lorsqu'ils utilisent le même système aquifère.

Ces deux règles fondamentales, désormais reconnues comme coutumières pour les cours d'eaux internationaux, impliquent que la souveraineté des États sur des eaux partagées ne peut être absolue, mais forcément limitée : leur mise en œuvre concrète exige une étroite coopération entre les pays intéressés.

2.3. Les outils institutionnels, administratifs et organisationnels

Les autorités publiques doivent exercer une fonction essentielle de « régulateur » pour la réglementation relative aux ressources en eau et à leurs divers usages à différents niveaux :

- l'organisation de l'accès à l'eau pour tous ;
- la santé publique : établir et faire respecter les normes de qualité pour l'eau potable et pour les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles ;
- la sécurité publique : établir et faire respecter les meilleures pratiques en matière de conception, de construction et d'exploitation des ouvrages (forages), ou en matière de réglementation des installations industrielles pouvant présenter des risques pour l'environnement ;
- la concurrence : définir notamment la tarification de l'eau lorsqu'elle est marchande (structure et niveau) et assurer un équilibre satisfaisant entre vertus et excès de la compétition économique dans un domaine sujet par nature aux monopoles de situation ; encadrer les éventuels partenariats public-privé ;
- la protection de la nature, de la faune, de la flore et des écosystèmes : prescrire des objectifs de qualité des eaux.

Bien entendu, en fonction de l'organisation institutionnelle et administrative de chaque pays, divers niveaux de responsabilités interviennent dans le domaine de l'eau et de ses multiples utilisations. Les bassins hydrographiques et les systèmes aquifères qui sont les cadres géographiques naturels de la gestion de l'eau doivent, d'une manière ou d'une autre, être pris en considération, en conformité avec les principes de la GIRE.

En premier lieu, il est indispensable que soient bien définies et identifiées les responsabilités publiques en matière d'eaux souterraines dans les pays concernés, par exemple un service d'une administration ou un établissement public autonome spécialisé.

En second lieu, il est également nécessaire que soient précisés les liens entre l'entité responsable au niveau national et celles chargées de l'application de la réglementation sur le terrain aux niveaux régional et local.

Dans de nombreux pays, ces préalables ne sont pas toujours effectivement établis. Souvent les moyens humains, les compétences techniques et les ressources financières alloués dans ce secteur sont très limités. Il y a parfois des chevauchements, dispersions et divergences entre plusieurs entités publiques ; dans certains pays, il n'existe pas du tout de structure clairement chargée de ce domaine.

Encadré 12 *Exemple de l'organisation de la gestion des eaux souterraines en France*

En France, un service national est spécialement chargé des eaux souterraines (le Bureau des eaux souterraines et des ressources en eau au sein de la direction de l'Eau et de la Biodiversité du ministère de l'Écologie). Ce service est en relation avec les services régionaux et départementaux qui mettent en œuvre la politique de l'eau sous l'autorité du préfet de département et du préfet de région, représentants locaux de l'État. Le préfet coordonnateur de bassin coordonne les services déconcentrés de l'état dans la mise en œuvre de la réglementation et de la planification (à travers les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux). Sous son autorité, les agents chargés de la « police des eaux » assurent, au niveau départemental, le contrôle du respect de la réglementation en vigueur.

Par ailleurs l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), sous tutelle du ministère de l'Écologie, exerce une fonction d'animation, de coordination et de synthèse des données au plan national, en vue notamment du rapportage périodique au niveau européen.

Enfin les institutions de bassin hydrographiques (comités de bassin et agences de l'eau) assurent des fonctions essentielles de concertation, d'orientation technique et de financement du secteur de l'eau.

Dans le cadre de leurs missions, ces différents organismes s'assurent le concours d'établissements publics scientifiques et techniques, comme par exemple le BRGM pour les eaux souterraines.

2.4. Les outils économiques, financiers et fiscaux

La gestion des eaux souterraines en général et, plus encore lorsque celles-ci sont transfrontalières, nécessite des moyens financiers conséquents au niveau national et international, ce qui pose souvent problème dans de nombreux pays en développement.

Pour chaque usage de l'eau, il conviendrait de payer le service rendu à son juste prix, couvrant d'abord les dépenses d'investissement et de renouvellement des installations puis les frais d'exploitation, de maintenance et d'entretien des dites installations et, enfin – au moins en partie – les coûts externes (selon le principe du « pollueur-payeur »). Dans de nombreux pays, des mécanismes économiques innovants doivent être envisagés pour financer ce secteur.

Trois grandes sources de financement sont envisageables, selon la règle des trois « t » : les tarifs (selon le principe « l'eau paye l'eau »), les taxes ou redevances et les transferts (l'aide publique au développement).

Parmi les différentes catégories d'outils économiques utilisables, une importance accrue doit être accordée aux instruments fiscaux que sont les taxes et les redevances. En effet, le comportement des agents économiques individuels ou collectifs, exploitant ou influençant les ressources en eau (superficielles ou souterraines) peut être orienté et infléchi dans un sens ou dans un autre au moyen d'incitations financières ou fiscales établies par le législateur des pays concernés.

Ces incitations peuvent jouer dans deux sens :

- *des incitations attractives*, sous la forme d'aides financières, peuvent stimuler certaines exploitations par des crédits, éventuellement bonifiés, ou par des subventions en faveur des investissements souhaitables (notamment pour mobiliser la ressource et prévenir ou traiter les pollutions), par l'assurance gratuite des risques de prospection ou d'exécution des forages, par la détaxe des sources d'énergie pour le pompage, etc. Toutefois, ces aides doivent être raisonnées et cohérentes afin de ne pas encourager le gaspillage ou la surexploitation des eaux, ni distordre les conditions de la concurrence ;
- *des incitations négatives, ou impositions*, telles que des restrictions par des quotas ou une dissuasion d'exploiter par des redevances sur les prélèvements d'eau brute, modulables par zones géographiques, par saisons ou par catégories d'utilisateurs, suivant une politique rationnelle d'allocation de la ressource ; la taxation des actes générateurs de pollution en vertu du principe « pollueur-payeur » est également désormais largement reconnue au niveau international.

Encadré 13 *Exemple des institutions de bassin françaises : comités de bassin et agences de l'eau*

Les instruments économiques, financiers et fiscaux pour la gestion des eaux, aussi bien souterraines que superficielles, sont utilisés en France depuis la loi du 16 décembre 1964 sur le partage et la répartition des eaux. Celle-ci a créé sur le territoire métropolitain des institutions nouvelles très originales : les comités de bassin et les agences financières de bassin (aujourd'hui dénommées agences de l'eau) dans les six grands bassins hydrologiques français. Les agences de l'eau sont des établissements publics de l'État qui, sous l'égide de leur comité de bassin, œuvrent comme de véritables « banques de l'eau » : elles perçoivent des redevances auprès des usagers en fonction de la consommation d'eau et des rejets polluants et redistribuent les fonds collectés sous forme de subventions ou de prêts bonifiés aux collectivités locales, aux industriels et aux agriculteurs pour soutenir des projets visant à promouvoir l'utilisation rationnelle des ressources en eau, la lutte contre les pollutions et la protection des milieux aquatiques. En 2000, des offices de l'eau ont été créés sur le même modèle dans les départements et territoires d'outre-mer français.

Cette approche de récupération des coûts par application du principe « pollueur-payeur » est un principe essentiel de la Directive cadre sur l'eau, adoptée en 2000, qui est actuellement mise en œuvre dans tous les États membres et voisins de l'Union européenne.

2.5. Les outils de formation et de perfectionnement professionnel

Compte tenu de la complexité des outils requis dans le domaine des eaux souterraines, le développement des compétences est un facteur clé. Des actions de formation et de perfectionnement professionnels des personnels techniques et administratifs, focalisés sur la gestion concertée des eaux partagées et des systèmes aquifères transfrontaliers, s'avèrent particulièrement utiles.

Pour répondre à cette attente, le Programme hydrologique international de l'UNESCO a réuni un groupe d'experts multidisciplinaire afin de réfléchir et de concevoir un module de formation concernant spécifiquement les systèmes aquifères transfrontaliers. L'objectif de ce cours est d'offrir aux différents acteurs impliqués dans la gestion d'un système aquifère transfrontalier une formation et des notions de base dans les disciplines autres que la leur (Ainsi lors d'une première session pilote qui a eu lieu en octobre 2008 une formation de base en hydrogéologie a été offerte aux juristes et

aux décideurs, et une formation de base en droit et droit international de l'eau a été proposée aux hydrogéologues).

Depuis sa création en 1991, l'OIEau – dont la vocation est de « *développer les compétences pour mieux gérer l'eau* » – soutient les pays qui souhaitent mettre en place ou renforcer la GIRE. Il apporte en particulier une longue expérience de coopération en matière de gestion transfrontalière des ressources en eau partagées. Dans son centre national de formation aux métiers de l'eau, l'OIEau reçoit chaque année 6 500 stagiaires (techniciens, ingénieurs, élus locaux) répartis en 845 sessions de formation. Celles-ci portent sur des sujets aussi divers que la réalisation, le contrôle et la maintenance des forages d'eau, l'hydrogéologie, la surveillance des nappes souterraines, le traitement des nappes polluées ou encore la protection des captages pour l'alimentation en eau potable. L'OIEau assure également le secrétariat et l'animation du Réseau international des centres de formation aux métiers de l'eau, créé fin 2008.

Le BRGM a mis en place une démarche semblable pour la gestion des systèmes aquifères, notamment transfrontaliers, et propose toute une gamme de formations aux techniques liées à l'étude des ressources, à leur préservation et aux différents outils de gestion.

Outre ces initiatives, un certain nombre de centres de formations aux métiers de l'eau se sont développés dans les différentes régions du monde depuis une dizaine d'années, souvent à l'initiative – ou avec le concours technique et/ou financier – de la France.

2.6. Les outils de participation et de coopération

Dans un souci d'efficacité et de transparence, toutes les parties prenantes doivent être consultées et impliquées dans le processus de prise de décision et dans la gestion des ressources en eau. Afin de concilier les intérêts divergents des nombreux utilisateurs actuels et potentiels (agriculteurs, industriels, usagers domestiques, associations environnementales, etc.), il est particulièrement utile de constituer des commissions consultatives d'usagers (formelles ou informelles) et d'organiser des débats publics.

En ce qui concerne la coopération transfrontalière, il s'agit bien sûr de nouer des contacts multiformes entre les pays intéressés par le partage d'expériences concernant la ressource commune, sa gestion, les problèmes rencontrés, les risques encourus et les actions engagées.

Encadré 14 Exemples d'organismes de bassins transfrontaliers existants

Il existe, dans toutes les régions du monde, un certain nombre d'organisations concernant les eaux transfrontalières. Les plus anciennes ont porté sur la navigation sur les grands fleuves, comme le Rhin, le Danube, les fleuves Congo, Niger, Sénégal, etc.

A partir de la fin du 19^e siècle, le développement de la navigation, de l'alimentation en eau urbaine et de la production d'électricité d'origine hydraulique sur les cours d'eau partagés a entraîné une seconde génération d'organisations transfrontalières, comme l'*International Joint Commission* créée entre les États-Unis et le Canada en 1909, puis entre les États-Unis et le Mexique en 1944.

Enfin au cours des dernières décennies, est apparue sur tous les continents une troisième génération d'organisations concernant des bassins hydrographiques transfrontaliers, avec des compétences élargies et renforcées, pour mettre en œuvre une gestion intégrée des ressources en eau partagées. Parmi celles-ci : l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS), l'Autorité du Bassin du Niger (ABN), la Commission du Bassin du lac Tchad, la Commission internationale de l'Escaut, ou encore la Commission du fleuve Mékong.

Il convient de noter que toutes ces organisations transfrontalières ont été créées pour des eaux de surface partagées. Petit à petit, certaines de ces organisations commencent à s'intéresser également aux eaux souterraines transfrontalières situées (totalement ou partiellement) dans leur champ d'action territorial en vue d'une gestion concertée et globale de l'ensemble de ces ressources partagées. La plupart de ces organisations transfrontalières ont été étudiées dans les travaux préparatoires de ce guide.

Pour développer les échanges entre spécialistes homologues des pays impliqués, les associations professionnelles, scientifiques et académiques internationales – comme l'Association internationale des hydrogéologues – peuvent également jouer un rôle fort utile.

Ces contacts techniques doivent aussi s'élargir aux niveaux diplomatique et politique. Pour ce faire, les organisations internationales et régionales peuvent jouer un rôle de facilitateur, voire de médiateur si nécessaire.

Encadré 15 *Le rôle des organisations régionales dans la promotion d'une coopération au niveau de la gestion des eaux transfrontalières*

Dans plusieurs parties du monde, les institutions régionales jouent un rôle important de promotion, de médiation et d'appui technique dans la gestion des eaux transfrontalières. C'est le cas en Europe avec la Commission européenne et le Conseil de l'Europe, mais également avec d'autres organisations régionales décentralisées comme l'EUROMOT (réseau européen d'autorités locales transfrontalières). L'UNECE diffuse jusqu'en Europe orientale et en Asie centrale les principes de gestion transfrontalière des eaux partagées à travers la Convention d'Helsinki de 1992.

En Afrique, diverses organisations régionales s'intéressent à la gestion des eaux partagées : dans le sud du continent, la *Southern Africa Development Community* (SADC) promeut la coopération sur les eaux transfrontalières, y compris souterraines, par le biais de son protocole sur les cours d'eaux partagés. Elle a récemment créé en son sein une commission relative aux eaux souterraines. En Afrique de l'Ouest, la communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), avec son Centre de coordination des ressources en eau, joue un rôle de médiateur dans les processus de décision politique et apporte également un appui technique pour certaines étapes de mise en œuvre d'une gestion concertée (partage et analyse des données, réalisation des scénarios, élaboration des plans d'investissement, etc.). Il en est de même pour la Communauté économique et monétaire d'Afrique centrale (CEMAC) qui a mis en place un mécanisme de financement novateur pour le Bassin Congo – Oubangui – Sangha^[8].

L'Organisation des États américains (OEA) s'est également beaucoup impliquée dans ce domaine, notamment pour l'inventaire et la connaissance des systèmes aquifères transfrontaliers en Amérique du Sud.

Sources : parties 1.1 et 1.2 des travaux préalables.

[8] Voir à ce sujet la troisième partie de ce guide.

Par ailleurs, les réseaux d'échanges internationaux (tel que le RIOB et sa section spécialisée dans les eaux transfrontalières, le Réseau international des organismes de bassin transfrontaliers – RIOBT, cf. 3^e partie) et les nombreuses manifestations internationales organisées dans le domaine de l'eau^[9] peuvent contribuer à proposer des solutions techniques en vue de décisions politiques. Ces plateformes de concertation offrent en effet un espace neutre au sein duquel la possibilité de discuter de thèmes sensibles et de développer des relations, formelles ou informelles, stimule la confiance et la coopération.

Par la suite, des mécanismes officiels de dialogue, d'échange et de partage de données, puis de concertation et enfin de coopération, doivent être progressivement mis en place en vue de parvenir à une vision globale, à des stratégies de gestion commune et à des actions conjointes et coordonnées.

[9] Parmi ces manifestations, citons : le Forum mondial de l'eau, qui se tient tous les trois ans, et la Semaine mondiale de l'eau, organisée tous les ans à Stockholm.

3. Approche méthodologique et mécanismes proposés pour une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers

Du fait des enjeux présentés en première partie, la gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers est désormais devenue un sujet incontournable. En raison de la complexité du sujet et des situations, les approches et les mécanismes proposés devront être à la fois adaptés, pragmatiques, multiformes et progressifs.

Une gestion concertée, équitable et durable des systèmes aquifères transfrontaliers, nécessite non seulement des compétences techniques et des moyens financiers mais aussi, et surtout, une volonté politique suffisamment ferme et persévérante de la part des pays concernés, sans laquelle rien ne sera possible. L'engagement des autres parties prenantes (acteurs non-étatiques, organismes internationaux, etc.) pour la mise en œuvre des modalités de gestion mises en place est également nécessaire. En effet, les actions à mener avec la gamme des outils disponibles (exposés en deuxième partie de cet ouvrage) doivent être conduites à la fois aux niveaux national ou local, transfrontalier et dans certains cas ou pour certains aspects – international.

Les actions présentées ci-après pourront être réalisées de manière successive ou, si possible, simultanées aux niveaux national et local, au niveau transfrontalier par les États concernés et au niveau de la communauté internationale.

3.1. Aux niveaux national et local

Dans la mesure où elles sont situées au plus près du terrain et des populations concernées, les autorités responsables à l'échelon national et local sont les acteurs principaux pour la mise en place d'une gestion concertée d'un système aquifère transfrontalier : c'est sur elles que reposera, *in fine*, la mise en œuvre des actions concrètement engagées.

3.1.1. Clarifier les rôles et les responsabilités des institutions

Il est impossible d'espérer améliorer la gestion d'un système aquifère transfrontalier si la gestion des eaux souterraines n'est pas déjà suffisamment prise en compte et clarifiée aux niveaux national et local. Le statut des eaux souterraines doit donc être reconnu dans chaque pays (y compris dans les pays où elles sont encore peu exploitées), et elles doivent être perçues comme une ressource naturelle à préserver. Cela nécessite :

- tout d'abord, l'élaboration d'un cadre législatif et réglementaire définissant clairement le régime juridique des eaux souterraines, notamment par rapport au droit applicable au sol, aussi bien urbain que rural. En matière juridique, le régime des eaux souterraines doit être distinct du droit du sol avec lequel il sera coordonné ;
- ensuite, la définition, dans chaque pays, des responsabilités des diverses institutions publiques compétentes en la matière (ministères, offices, agences, etc.) et les liens qui les unissent ;
- enfin, le transfert de l'État aux services en charge de ces questions, des compétences ainsi que des outils techniques et financiers nécessaires pour accomplir leurs missions (études, modélisation, planification, etc.) et appliquer la réglementation en vigueur aux niveaux national et local.

Pour ce faire, les autorités de chacun des pays partageant un même système aquifère pourront utiliser tout ou partie de la gamme d'outils disponibles (cf. 2^e partie), comprenant en particulier des actions appropriées en matière de formation professionnelle, initiale et continue.

3.1.2. Améliorer la connaissance des systèmes aquifères transfrontaliers

La connaissance scientifique des eaux souterraines, notamment transfrontalières, doit s'inscrire dans la durée, dans la mesure où certains paramètres propres à ces ressources – ou qui les affectent – varient avec le temps (en particulier les modalités d'exploitation et de recharge), les usages en vigueur, ainsi que les conditions climatiques locales. Il est nécessaire d'améliorer cette connaissance grâce aux possibilités offertes par les moyens techniques et technologiques modernes, mais aussi en développant les échanges et la collaboration entre les pays concernés.

Aux niveaux national et local, cette connaissance doit nécessairement passer par la collecte de l'ensemble des données et des informations scientifiques et techniques disponibles. En fonction des lacunes constatées, il conviendra de compléter cette connaissance par des actions spécifiques, selon les besoins. L'objectif est de disposer progressivement de l'ensemble des données et informations indiquées dans la deuxième partie de ce guide.

Toutes ces données doivent être collectées de manière à pouvoir être interprétées et utilisées de manière efficace, puis partagées entre les différents acteurs des pays intéressés. À cet effet, il est souvent nécessaire de créer des bases de données et des SIG.

Ensuite, pour aider à comprendre le comportement du système aquifère et à préciser son fonctionnement, ou pour simuler des scénarios de développement, les conséquences des politiques d'aménagement du territoire, ou encore l'impact sur la ressource de pressions quantitatives et qualitatives, il est recommandé de recourir à l'élaboration de modèles mathématiques appropriés.

Pour déterminer correctement le fonctionnement du système aquifère – ainsi que les conséquences des différentes utilisations qui en sont faites et des pressions qui y sont exercées –, il convient de l'appréhender dans sa globalité. L'échelle du bassin hydrographique est souvent retenue aujourd'hui à cet effet, mais elle ne correspond pas toujours à l'extension hydrogéologique du système aquifère. En fonction des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface, comme des limites réelles du système aquifère, il convient de déterminer l'échelle de travail la plus appropriée : dans une majorité de cas, ce sera l'étendue utile du système aquifère ou le bassin hydrogéologique, une échelle transnationale en cas de systèmes aquifères transfrontaliers.

Dans le cas d'une ressource transfrontalière, ce travail de modélisation doit être réalisé à l'aide d'une mise en commun des données de tous les pays riverains qui la partagent. L'apport national est un point de départ, mais une concertation entre les pays riverains devient indispensable pour pouvoir connaître correctement un système aquifère transfrontalier et élaborer des règles de gestion pertinentes.

3.1.3. Information, participation et concertation des différents acteurs et usagers

La gestion moderne de l'eau ne saurait être imposée d'autorité : elle exige la participation effective de toutes les parties prenantes et l'instauration d'un mécanisme de concertation efficace. Pourtant, la complexité et la sensibilité des problèmes posés par la gestion des eaux souterraines en général, et des systèmes aquifères transfrontaliers en particulier, nécessitent de mettre en œuvre d'importants programmes d'éducation, de sensibilisation et d'information vis-à-vis des responsables, des usagers et de la population. Il convient à ce propos de prendre en compte, dans sa grande diversité, la dimension culturelle très particulière qui s'attache à l'eau dans toutes les régions du monde. Il est notamment nécessaire de leur faire prendre conscience de l'interdépendance des problèmes et des solutions possibles, de la nécessité d'une

véritable hydrosolidarité vis-à-vis des populations voisines qui partagent les mêmes eaux et du processus de coopération à long terme qu'il convient d'engager dans une perspective de développement durable. Chaque acteur doit bien prendre conscience de l'intérêt économique, social et stratégique de cette coopération ainsi que les retombées positives et concrètes pour chacun.

Ainsi, tout projet ou programme concernant les eaux souterraines devrait compter un volet d'information et de formation visant les parties prenantes concernées, afin de les préparer à une concertation où ils feront connaître leurs souhaits et leurs besoins. Ce volet doit bien sur être adapté au niveau de connaissance initial des acteurs.

Dans ce domaine, certains principes se dégagent :

- informer et former, le cas échéant, les autorités locales concernées, les représentants des différentes catégories d'usagers et les associations de protection de la nature ou porteuses d'intérêts collectifs composant la société civile ;
- promouvoir, auprès des gestionnaires et des usagers, une prise de conscience de l'intérêt général, du bien public et de l'importance de préserver la qualité de l'eau et de l'environnement en lien avec la santé ; expliquer la notion d'« utilisation équitable » ;
- adopter une approche participative dans la formation, en mobilisant les compétences et les capacités locales dans tout programme pédagogique.

3.1.4. Impliquer les collectivités et autorités locales concernées

Les eaux souterraines, nous l'avons vu, sont intimement liées au sous-sol et donc étroitement solidaires du territoire sus-jacent. Les collectivités et autorités locales, elles mêmes proches du terrain et de ses habitants qui utilisent ces ressources, doivent être impliquées dans leur gestion, y compris dans le cas des systèmes aquifères transfrontaliers.

L'expérience montre en effet clairement que les collectivités et autorités locales concernées peuvent avoir dans ce domaine un rôle des plus utiles et que les en tenir à l'écart ne peut qu'accroître les difficultés.

Il est à cet égard significatif d'observer l'action déterminante des collectivités et autorités locales dans deux exemples intéressants de gestion concertée de systèmes aquifères transfrontaliers : celui du Genevois, partagé entre la France et la Suisse, et celui des calcaires carbonifères, partagé entre la France et la Belgique.

L'implication des collectivités locales correspond à l'application du principe de subsidiarité – encouragée par la directive cadre européenne sur l'eau – selon lequel une responsabilité doit être prise par le plus bas niveau d'autorité publique compétent

pour résoudre le problème, c'est-à-dire, par l'échelon le plus pertinent et le plus proche des citoyens. Depuis quelques années, de nombreux pays ont adopté des mesures de décentralisation et de déconcentration des pouvoirs qui ont sensiblement accru les responsabilités des collectivités et des autorités locales, notamment pour rapprocher la gestion des services publics des usagers bénéficiaires. Dans le même temps, ces collectivités et autorités locales ont entrepris de développer à leur niveau des nouvelles formes de coopération internationale, appelées « coopération décentralisée », concernant de nombreux domaines, dont très souvent le secteur de l'eau et de l'assainissement.

Dans la dynamique de cette double évolution, les collectivités et autorités locales doivent être habilitées et encouragées à s'engager dans des coopérations décentralisées transfrontalières favorisant la gestion concertée des ressources en eau souterraines (et superficielles) partagées dont elles dépendent directement.

L'expérience acquise en Europe par la Mission opérationnelle en matière de coopération décentralisée transfrontalière pourrait être utilement mise à profit dans le domaine des eaux souterraines partagées.

Encadré 16 *Exemple de la coopération décentralisée transfrontalière en Europe*

La coopération transfrontalière s'est particulièrement développée entre les pays membres de l'Union européenne grâce à la politique de cohésion communautaire.

En 1997, la France a créé la Mission opérationnelle transfrontalière (MOT), sous l'égide de la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR), en vue de promouvoir l'émergence et la réalisation de projets transfrontaliers structurants au niveau local, en favorisant l'articulation des territoires de part et d'autre de ses frontières avec ses 9 pays voisins. Son action s'est d'abord axée sur cinq sites pilotes : Lille métropole, les trois Eurodistricts d'Alsace (Saint-Louis/Bâle, Mulhouse-Colmar-Fribourg-en-Brigau et Strasbourg/Kehl), l'Espace franco-genevois, la métropole Côte d'Azur (Menton-Ventimiglia) et la conurbation Bayonne-San Sebastian. Elle a ainsi développé des coopérations transfrontalières dans le domaine de l'eau dont :

- Syndicat mixte d'étude et d'aménagement de la Garonne (SMEAG, Espagne/France), création d'un observatoire transfrontalier de la Garonne dans le cadre du projet Interreg 3A^[10];

...

[10] Cf. www.garona-i-garonne.com

...

- contrat de rivière Semois/Semoy (Belgique/France)^[11] ;
- Conférence Rhin supérieur (fleuve et nappe) (Allemagne/France/Suisse)^[12].

Cette expérience, riche et diversifiée, dans les domaines économique, social, environnemental et culturel a amené la MOT à s'ouvrir au niveau européen pour devenir EUROMOT, avec un directeur général allemand.

3.2. Au niveau transfrontalier

3.2.1. Des contacts techniques préliminaires

Afin d'améliorer la connaissance de leurs systèmes aquifères partagés ainsi que la gouvernance de leurs ressources en eau, les pays concernés sont progressivement amenés à nouer des contacts.

Dans de nombreux cas d'études, les premiers contacts sont établis de façon informelle au niveau des techniciens responsables des mêmes domaines dans leurs pays respectifs. Ces échanges préliminaires permettent aux services nationaux de mieux se connaître et d'appréhender ensemble les différents aspects techniques de la question afin de faire valoir auprès de leur hiérarchie la nécessité et l'intérêt d'organiser une concertation permanente transfrontalière. Cette dernière peut être nécessaire, soit parce que les données collectées démontrent que des problèmes perturbant (ou risquant de perturber) la ressource partagée ne peuvent être résolus qu'en commun, soit parce que l'on met en évidence l'existence d'enjeux majeurs (surexploitation, pollution, pénurie d'eau, etc.), avec un risque de litige déclaré ou potentiel.

Cette concertation préalable est en fait indispensable. De fait, la plupart des blocages dans les négociations viennent souvent de prises de contact trop tardives, de niveaux socioéconomiques très différents entre les pays, ou encore de la position parfois hégémonique d'une des parties. Dans ces cas, l'intervention – à la demande des pays concernés – d'institutions internationales, multilatérales ou régionales peut aider à débloquer la situation et à esquisser des solutions. La notion "d'utilisation équitable" doit être présentée par un médiateur, explicitée et discutée.

[11] Cf. www.semois-semoy.org

[12] Cf. www.conference-rhin-sup.org

Après cette première phase de contacts informels entre responsables techniques, peut être abordée la préparation de rencontres plus formelles entre les institutions compétentes dans chacun des pays.

3.2.2. La tenue de réunions officielles

Les réunions « officielles » doivent rassembler des représentants des États concernés à l'invitation de l'un d'eux. Dans cette seconde étape, il est encore plus crucial d'associer des institutions multilatérales ou régionales, des délégués des Nations unies et de pays amis, des agences de développement ou des bailleurs de fonds susceptibles d'apporter une contribution technique et/ou financière. Ces réunions visent à :

- partager les connaissances : problèmes nationaux et interétatiques concernant les ressources en eaux souterraines transfrontalières, en liaison avec les eaux de surface le cas échéant ;
- s'accorder sur des objectifs communs à court, moyen et long termes ;
- échanger sur les actions concertées envisageables, en mettant en évidence les enjeux, les bénéfices économiques possibles, les avantages et les gains résultant d'une coopération constructive entre les pays concernés. Les thèmes suivants pourront être abordés :
 - actions nécessaires pour développer la connaissance des mécanismes hydrogéologiques en jeu et de leurs implications économiques et sociétales (harmonisation des supports de collecte de données et mise en place d'un observatoire des eaux transfrontalières),
 - articulation des politiques nationales avec les règles fixées par les mécanismes nouveaux à instaurer et les conventions internationales,
 - étude des mécanismes de concertation et des formes possibles de coopération à entreprendre, incluant la collecte, l'échange et l'exploitation des données et l'adaptation ou la création éventuelle d'une organisation chargée des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières (mise en commun des moyens nécessaires pour un développement équitable et durable des ressources en eau partagées) ;
- discuter et décider sur les coûts de cette coopération, sur le partage des dépenses correspondantes et sur le calendrier de mise en œuvre.

Les dispositions à envisager doivent être suffisamment flexibles pour pouvoir évoluer dans le temps et en fonction des changements éventuels des conditions économiques, sociales et même politiques.

3.2.3. Collecte, organisation et partage des données dans un cadre harmonisé

Il convient de chercher à mettre en place un réseau de mesures transfrontalier permettant de connaître l'évolution de la ressource (quantitative et/ou qualitative, selon les besoins). Celui-ci peut s'appuyer sur des réseaux nationaux, régionaux ou locaux existants. Il doit toutefois être très souvent complété pour remplir correctement sa fonction. Les campagnes de mesures doivent autant que possible être synchronisées et les données échangées entre les pays concernés, à une cadence à définir. Pour permettre ces échanges de données (et de métadonnées), celles-ci doivent être collectées et organisées sur des supports (bases de données, SIG) exploitables par chaque pays concerné afin de mieux connaître et mieux gérer les ressources partagées. La mise en cohérence des systèmes de surveillance, d'observation et d'information sur l'eau, ainsi que l'harmonisation des données et de leurs supports sont des opérations difficiles, longues et coûteuses mais souhaitables pour que le partage des données (interopérabilité des systèmes) et des connaissances, ainsi que le suivi des actions, puissent s'effectuer pleinement et de manière efficace. Le développement de cette coopération doit permettre, à terme, de définir et d'adopter des standards communs afin de mettre en place de véritables observatoires des eaux transfrontalières.

Encadré 17 Exemple de coordination des systèmes d'information : le cas du SASS

Le SASS constitue une ressource en très grande majorité non-renouvelable. Depuis le début des années 1980, l'exploitation des eaux souterraines a dépassé la recharge naturelle du système. Afin d'éviter une aggravation du phénomène, les trois pays concernés (Algérie, Libye, Tunisie) ont souhaité se concerter pour assurer la gestion commune du système aquifère et coordonner leurs actions (recherche, partage de l'information, mise à jour des modèles, définition d'indicateurs communs, plan d'action pour les zones à risques). Le projet du SASS, lancé en 1999 et finalisé en 2009, a contribué à réaliser, entre autres :

- la construction d'un modèle hydrogéologique régional de gestion de la nappe, ainsi que de trois sous-modèles locaux (Djeffara, Biskra, Bassin Ouest) ;
- la création d'une base de données connectée à un SIG et aux modèles, ainsi que des bases de données spécifiques aux trois sous-modèles ;
- la construction d'un serveur géographique ;
- la conception d'un réseau piézométrique validé et identifié sur le terrain, puis intégré dans les réseaux nationaux de chacun des pays.

...

...

En 2002, les trois pays ont approuvé une déclaration commune et adopté un premier schéma d'une structure technique de concertation temporaire ainsi que ses attributions. Cette première déclaration a été suivie en 2006 d'une deuxième qui a prévu la création d'une structure permanente appelée « mécanisme de concertation permanent pour le SASS ». Ce dernier a été mis en place en 2008 et sa coordination se fait sur une base tournante. Il a pour principale mission d'offrir un cadre d'échange et de coopération entre les trois pays *via* :

- la production d'indicateurs sur la ressource et la demande en eau ;
- l'élaboration de scénarios de gestion des ressources en eau pour le développement dans le bassin ;
- le renforcement et l'actualisation des bases de données communes par l'échange de données et d'informations ;
- le développement et la gestion de réseaux communs d'observation du système aquifère.

Pour la mise en œuvre des missions qui lui sont dévolues, le mécanisme de concertation vise notamment à encadrer des études et recherches en commun, définir des protocoles d'échanges de données, procéder à la mise à jour des modèles et à leur exploitation, identifier les zones à risques et formuler des propositions appropriées, assurer des actions de formation, d'information et de sensibilisation, etc.

Ce mécanisme de concertation représente un processus de coopération assez abouti, et le projet du SASS est, de l'avis général, un succès.

Carte 8 Système aquifère du Sahara septentrional

Répartition géographique des systèmes aquifères du Complexe terminal (hachuré) et du Complexe de base (grisé).



Source : OSS, 2008.

Source : Partie 16 des travaux préalables

3.2.4. L'élaboration d'outils communs d'aide à la gestion

La gestion d'un système aquifère nécessite l'élaboration d'outils, souvent des modèles mathématiques ou numériques, voire parfois des modèles intégrés incluant l'ensemble des aspects physiques, environnementaux, et socioéconomiques.

En effet, il convient de pouvoir quantifier et qualifier les caractéristiques et le fonctionnement de la ressource, et de simuler les impacts des usages et des politiques publiques d'aménagement et de développement socioéconomique proposés, afin de disposer des éléments d'appréciation nécessaires pour comparer les options possibles, effectuer les choix, définir une stratégie et aboutir à l'établissement d'un plan ou d'un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux considérées. Celui-ci doit préciser les actions à mener, les moyens à engager et le calendrier à respecter.

Pour être utilisés à des fins de gestion, les modèles doivent être correctement structurés, dimensionnés et étalonnés de manière à pouvoir représenter l'hydro-système qu'ils simulent avec un degré de fiabilité et de précision conforme aux objectifs fixés. Peuvent s'ajouter des modèles économiques, de comportement humain ou encore des modules d'aide à la concertation afin d'en faire des outils complets d'aide à la gestion de la ressource.

L'élaboration d'outils communs d'aide à la gestion des systèmes aquifères partagés est recommandé non seulement pour pouvoir disposer d'éléments quantifiés, fiables, nécessaires à l'établissement des plans de gestion, mais aussi parce que ces outils créent souvent un champ de collaboration pertinent entre techniciens des pays riverains. Ils favorisent ainsi le dialogue entre l'ensemble des acteurs de part et d'autre des frontières, notamment en fournissant des graphiques, cartes et schémas permettant d'expliquer, de manière pédagogique et simple, les incidences sur la ressource des politiques de développement ou les actions menées ou envisagées par les différentes parties. La nature renouvelable ou fossile du système aquifère en question est, bien sûr, un critère majeur à prendre en considération dans le choix des stratégies d'exploitation à adopter et dans les utilisations à privilégier.

Encadré 18 **Quels usages privilégier pour une gestion soutenable ou durable d'un système aquifère transfrontalier ?**
Quelques indications en fonction du type d'aquifère

La distinction entre systèmes aquifères à eau renouvelable et à eau fossile revêt une importance fondamentale à la fois pour le choix des modèles de gestion et pour le choix des usages à privilégier.

1. **Les systèmes aquifères renouvelables**, dont les eaux sont souvent de qualité meilleure, plus stable et mieux protégée que les eaux de surface, devraient être utilisés de préférence pour les usages les plus « nobles », en commençant par la consommation humaine ; cependant ils doivent toujours être gérés de façon équilibrée et durable, sans surexploitation, en étant au besoin rechargés périodiquement avec des eaux prétraitées.
2. **Les systèmes aquifères non renouvelables** doivent être différenciés selon qu'ils se situent dans les régions humides ou tempérées, ou dans des régions arides ou semi-arides :
 - dans les régions humides ou tempérées, qui disposent à la fois de cours d'eau permanents et de systèmes aquifères renouvelables, les systèmes aquifères non renouvelables n'ont généralement guère besoin d'être utilisés ; il est préférable de les laisser intacts, en les considérant comme des réserves de sécurité et de précaution, dont l'exploitation ne saurait intervenir qu'en dernier recours, en restant effectuée avec rigueur et parcimonie ;
 - dans les régions arides ou semi arides, où les systèmes aquifères non renouvelables représentent la principale – voire la seule – ressource en eau disponible, leur gestion est particulièrement délicate : à court et moyen terme, l'exploitation de ces ressources – de toute façon non durable – doit être menée avec une extrême rigueur et une grande parcimonie, en tenant compte des besoins des générations futures et du long terme. En complément, d'autres solutions peuvent être recherchées : stockage d'eau de surface ou utilisation de ressources en eau dites « non conventionnelles » (dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres, réutilisation des eaux usées traitées, etc.). Dans ce cas, l'usage prioritaire est la consommation humaine, puis les productions agricoles à des fins alimentaires locales et les activités industrielles, en fonction des options de la politique économique des pays concernés.

Cette distinction entre systèmes aquifères renouvelables et non renouvelables, transfrontaliers ou pas, entraîne donc de grandes différences dans les modes de gestion correspondants, tant au niveau de l'évaluation de la ressource que de la stratégie d'exploitation. S'il est possible d'adopter une stratégie conservatoire (*i.e.* prévenir la surexploitation) pour les systèmes aquifères à ressource renouvelable, il ne peut en

•••

...

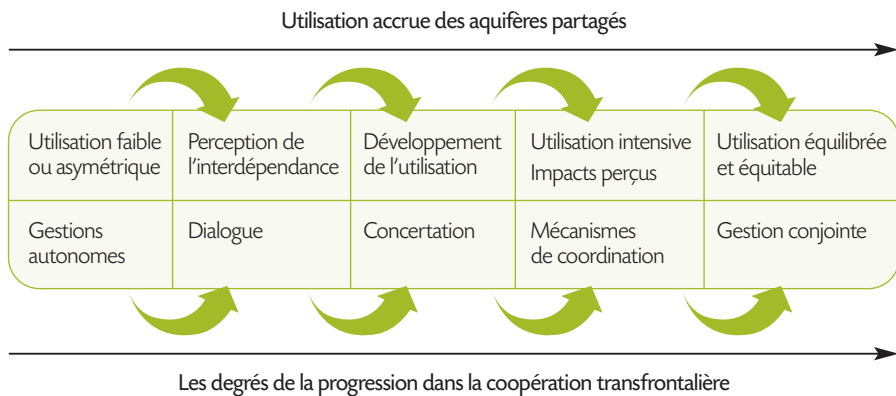
revanche y avoir d'exploitation importante véritablement durable pour les systèmes aquifères non renouvelables où les choix doivent donc être opérés de façon particulièrement stricte.

Cette distinction implique qu'il est souvent préférable de parler de « répartition équitable du flux moyen transfrontalier » ou de « débit prélevable de chaque côté de la frontière » pour les systèmes aquifères à ressource renouvelable, et de « partage équitable des transferts d'influence (baisse de niveau) déterminés par les déstockages », pour les systèmes aquifères à ressource non renouvelable (un concept qui ne peut certes s'appliquer que sur une base temporaire).

3.2.5. Du simple dialogue à la planification concertée et à la gestion conjointe

Les relations transfrontalières peuvent comporter différents degrés dans la coopération. Dans le cas d'une utilisation faible ou asymétrique de la ressource, avec peu ou pas d'impact perçu de part et d'autre des frontières, une gestion autonome au niveau national peut convenir, la coopération transfrontalière se limitant à un simple échange périodique d'informations, voire à une brève consultation, à une fréquence déterminée en fonction du contexte et des besoins. À l'opposé, dans les situations de prélèvements intenses avec des répercussions marquées – réelles ou potentielles – de part et d'autre des frontières, il est indispensable de disposer de mécanismes de concertation solides et efficaces, voire d'une structure institutionnelle commune transfrontalière pour une gestion conjointe de la ressource.

Schéma 8 Esquisse de typologie des situations



Source : adaptation de Alker et al., 2008 par l'Académie de l'eau.

En Europe, par exemple, la Directive cadre sur l'eau a permis de formaliser cette démarche, en demandant aux États d'établir un seul plan de gestion pour chaque district hydrographique international, ou à défaut d'assurer une coordination des plans de gestion couvrant les parties du district international situées sur leurs territoires respectifs.

Tous les acteurs permettant en particulier de relayer et de faciliter sur le terrain l'application concrète des mesures prévues, doivent être associés.

3.3. Les actions conseillées au niveau de la communauté internationale

3.3.1. Affermir le droit international concernant les eaux souterraines transfrontalières

Le droit international général incite les États à coopérer. Pour les eaux partagées, superficielles ou souterraines, cette incitation trouve de nombreuses applications qui vont de l'organisation de l'échange de données entre États riverains à la mise en œuvre de mécanismes de prise de décision et de gestion en commun.

Malgré l'avancée importante qu'a représenté en décembre 2008 l'adoption par l'Assemblée générale des Nations unies de la Résolution A/RES/63/124 relative au droit des aquifères transfrontaliers, les deux règles fondamentales sur lesquelles reposent le droit international de l'eau en général^[13] et le droit international des aquifères transfrontaliers en particulier (tel que codifié par la Commission du droit international) n'ont à ce jour pas de force contraignante. Elles peuvent l'acquérir avec le temps si elles font l'objet d'applications nombreuses qui les font ainsi entrer progressivement dans le droit coutumier international. Elles peuvent aussi être intégrées dans un accord engageant les pays partageant un système aquifère ou dans une convention internationale spécifique qui devra être ratifiée par un nombre d'États suffisant.

Il importe que les organisations internationales encouragent le développement et la mise en œuvre du droit international concernant les eaux souterraines transfrontalières. Il est notamment souhaitable que les principes que promeut la Résolution A/RES/63/124 soient largement appliqués, acquérant ainsi le statut de droit coutumier. Quoi qu'il en soit, l'Assemblée générale des Nations unies a inscrit à l'ordre du jour provisoire de sa 66^e session (en septembre 2011), une question intitulée « *Le droit des aquifères transfrontaliers* », en vue d'examiner, notamment, « *la question de la forme qu'il pourrait être donné au projet d'articles* ».

[13] Voir sur ce sujet la deuxième partie de ce guide.

3.3.2. Encourager et soutenir, diplomatiquement et techniquement, les pays concernés

L'expérience montre que les institutions multilatérales, internationales ou régionales, les agences de développement, les bailleurs de fonds et certains instituts de recherche et de coopération peuvent jouer un rôle très positif et très constructif pour promouvoir la gestion concertée des ressources en eau transfrontalières. Ils l'ont clairement montré dans le cas de bassins hydrographiques transfrontaliers comme l'Indus, le Mékong, le Danube, le Gange, le Nil, la mer d'Aral, le SASS, etc. Ces structures peuvent également intervenir aussi efficacement pour les eaux souterraines transfrontalières ; certaines ont déjà acquis de l'expérience dans ce domaine et peuvent donc être force de propositions et un soutien indéniable, à la demande des pays concernés, pour mener à bien des initiatives en la matière. On peut mentionner à ce titre l'UNESCO, la Commission des Nations unies pour l'Europe, la Commission européenne, ainsi que des instituts comme le BRGM et le BGR pour les aspects plus techniques.

Ces organisations disposent d'importants atouts qui leur sont spécifiques : elles sont neutres et objectives et peuvent donc assurer un rôle de « médiateur » ; elles ont une grande expérience pratique de la diplomatie d'influence, par la voie du dialogue et de la persuasion ; enfin, elles possèdent un réseau mondial de compétences pluridisciplinaires de haut niveau.

3.4. Nature et fonctions de l'organisme de gestion des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières à créer ou renforcer

Plutôt que de créer *ex nihilo* une organisation nouvelle supplémentaire, mieux vaut – lorsque cela est possible et raisonnable – essayer de se rattacher à des structures supranationales ou régionales préexistantes, dont les compétences peuvent être adaptées ou élargies au domaine des eaux souterraines transfrontalières. C'est notamment le cas lorsqu'existe déjà une institution compétente pour les eaux superficielles d'un bassin hydrographique partagé entre plusieurs pays.

Certains organismes de bassin transfrontalier ne comprennent pas tous les pays concernés par le système aquifère partagé, ou bien les pays concernés par un même système aquifère transfrontalier se retrouvent parfois dans des organismes de bassin différents. Ces organismes pourraient, selon les cas, non seulement être élargis thématiquement aux eaux souterraines partagées, mais aussi être géographiquement étendus. Ils deviendraient ainsi des « organismes de gestion des eaux superficielles

et souterraines transfrontalières ». Il est également envisageable que ces organismes développent des relations entre eux afin de permettre une coordination globale du système aquifère transfrontalier. Dans tous les cas, il sera nécessaire d'ajouter aux compétences existantes les compétences complémentaires spécifiques aux eaux souterraines.

Lorsqu'il n'existe pas d'organisme de bassin transfrontalier, les besoins liés à la gestion concertée d'un aquifère partagé peuvent conduire à la mise en place d'un tel organisme. Dans les régions arides dépourvues en eau de surface, par exemple, des « organismes de gestion des eaux souterraines transfrontalières » peuvent être créés. Pour servir de support à une concertation, puis à une coopération et enfin à une gestion commune, ces nouveaux mécanismes de coordination peuvent être définis dans une convention fondatrice dont les signataires seraient les États impliqués.

De fait, il n'existe pour le moment qu'un exemple abouti d'organisme de gestion conjointe des eaux souterraines transfrontalières : c'est le cas de la nappe du Genevois partagée entre la France et la Suisse présenté à la fin de cette partie.

3.4.1. Structure possible d'un organisme de gestion des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières

Les « organismes de gestion des eaux (superficielles et) souterraines transfrontalières » devraient à terme comprendre les organes de gouvernance suivants :

- une assemblée composée de membres désignés par les États (ministres voire chefs d'État) et les instances associées qui élit périodiquement son président (éventuellement alternativement parmi les membres de chaque État) ;
- un conseil d'administration (ou instance équivalente) ;
- une instance chargée des litiges éventuels ;
- des groupes de travail, qui peuvent être permanents traitant de problèmes généraux et se réunissant périodiquement, ou *ad hoc*, traitant de problèmes plus spécifiques et occasionnels ;
- un secrétariat permanent (condition essentielle pour un fonctionnement efficace) ;
- une cellule chargée de la communication, des échanges et des consultations.

La convention fondatrice devrait définir de façon précise le rôle de chacun de ces organes, l'étendue des pouvoirs qui lui sont dévolus, ainsi que les dispositions et procédures relatives à l'adoption des décisions ou des recommandations (unanimité, majorité qualifiée, etc.). Elle pourrait également fixer la périodicité de réunion des

instances non permanentes (assemblée, conseil et groupes de travail), ainsi que le siège du secrétariat permanent. Peuvent également être prévus des organes annexes, comme les « comités nationaux » assistant les groupes de travail, et un « groupe conseil » rassemblant des délégués d'organisations internationales similaires amies.

3.4.2. Fonctions possibles d'un organisme de gestion des eaux souterraines (et éventuellement superficielles) transfrontalières

Un « organisme de gestion des eaux (superficielles et) souterraines transfrontalières » est susceptible d'exercer des responsabilités de différente nature qu'il importe de définir clairement :

- **des responsabilités de nature technique**, telles que la collecte, l'interprétation et l'échange de données scientifiques, la coordination de la planification et de la mise en œuvre des projets, la surveillance et le contrôle des usages ou de la qualité de l'eau ;
- **des responsabilités de nature économique et financière**, telles que la recherche, le montage, la gestion des financements nationaux et éventuellement internationaux (bilatéraux, régionaux et multilatéraux), la répartition des coûts et des bénéfices des actions ;
- **des responsabilités de nature juridique et administrative**, telles que l'élaboration et la mise en œuvre de règles et de procédures harmonisées concernant la gestion des eaux partagées, en étroite liaison avec les diverses institutions nationales des pays membres ;
- **des responsabilités de nature politique** avec pouvoir décisionnel.

L'expérience des organisations existantes conduit à suggérer d'autres fonctions susceptibles d'être attribuées à un tel « organisme de gestion des eaux (superficielles et) souterraines transfrontalières » :

- des fonctions consultatives, pour formuler des avis, des suggestions et, le cas échéant, des recommandations ;
- des responsabilités opérationnelles relatives aux ouvrages ;
- des fonctions de prévention et de résolution des conflits, en forme de médiation et d'arbitrage vis-à-vis des parties ;
- des fonctions pédagogiques, d'animation et de formation.

Encadré

19

Exemple d'organisation institutionnelle ayant débouché sur une coopération réussie pour la gestion d'eaux transfrontalières : la Commission internationale de l'Escaut (CIE)

L'Escaut est un fleuve européen de 355 km de long, qui traverse 3 pays et 7 régions, avant de se jeter dans la mer du Nord. Afin de renforcer la coopération transfrontalière entre les différentes parties prenantes pour préserver et améliorer la qualité du fleuve, la France, la Région wallonne, la Région flamande, la Région de Bruxelles capitale et les Pays-Bas ont créé, en 1995, la Commission internationale de l'Escaut.

Après un état des lieux initial sur la qualité des eaux de l'Escaut, deux opérations ont été réalisées: (i) la mise en place d'un réseau de mesures homogène composé de 14 stations de mesures le long du fleuve et (ii) la création d'un système d'alerte commun visant à garantir la circulation rapide des informations dès qu'une pollution accidentelle susceptible d'avoir des répercussions transfrontalières est détectée.

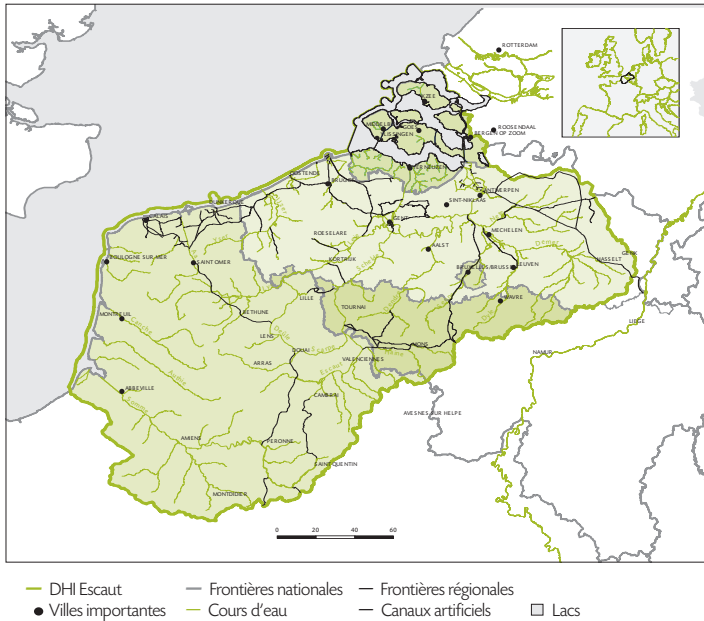
La gestion transfrontalière du Bassin de l'Escaut a été réorganisée le 3 décembre 2002 par la signature de l'accord de Gand, qui intègre les nouvelles exigences de la Directive cadre européenne sur l'eau. Le Royaume de Belgique est devenu la sixième partie contractante à ce nouvel accord, qui crée le « district hydrographique international de l'Escaut ». Outre les eaux du bassin hydrographique de l'Escaut, ce district comprend les eaux souterraines et côtières qui lui sont associées. L'accord intègre explicitement la gestion conjointe et coordonnée des eaux de surface et des eaux souterraines conformément aux exigences de la Directive.

Entre 2003 et 2005, dans le cadre du programme Interreg III B Europe du Nord-Ouest, le projet pilote européen Scaldit^[14] a établi une coopération transfrontalière très poussée entre les parties, selon un plan d'action précis incluant la caractérisation du district hydrographique, la gestion de l'information et des données, la gestion de l'eau et l'aménagement du territoire, la communication et la connaissance, et la préparation à un plan de gestion de l'Escaut. Dans ce projet pilote, le district hydrographique de l'Escaut fait partie des bassins tests désignés pour évaluer l'applicabilité de la directive cadre européenne sur l'eau, en particulier avec la caractérisation et les mesures de gestion des eaux souterraines partagées.

...

[14] Cf. http://www.scalditproject.nl/pages/index_content_hr_fr.html

Carte 9 District hydrographique international de l'Escaut



Source : Scaldit, décembre 2004.

Source : partie 16 des travaux préalables.

3.4.3. Formes juridiques envisageables

Compétence territoriale

La compétence territoriale d'un « organisme de gestion des eaux (superficielles et souterraines transfrontalières » – ou de tout autre nouveau mécanisme à mettre en place – devrait s'étendre sur l'ensemble du système aquifère partagé, conformément aux préconisations de la GIRE. Lorsque cela n'est pas possible, la compétence territoriale de ce mécanisme ne portera, dans un premier temps, que sur une partie du système considéré.

Statut juridique

Le statut juridique du mécanisme nouveau mis en place doit être formellement défini, à la fois du point de vue du droit international comme vis-à-vis de l'ordre juridique interne et des institutions de chacun des pays intéressés. Il importe de bien préciser la structure de ce genre d'organisme, en particulier la place, la forme et le degré d'implication des États membres. En cas de rattachement à une structure préexistante – comme une organisation de bassin transfrontalier –, les accords existants en matière d'eaux de surface partagées devraient être étendus aux eaux souterraines.

Encadré 20 *Exemple : le statut juridique du Groupement européen de coopération territoriale*

Particulièrement actif dans le domaine de la coopération transfrontalière, le Conseil de l'Europe a adopté dès 1980 la convention cadre de Madrid sur la coopération transfrontalière entre les collectivités et autorités locales. De son côté, la Commission européenne a proposé et obtenu du Parlement européen en 2006, la création d'un nouvel outil institutionnel, le Groupement européen de coopération territoriale, doté d'une personnalité juridique et d'une autonomie financière et ouvert aux autorités publiques et à leurs partenaires qui souhaitent développer une coopération transfrontalière dans tous les domaines, y compris celui des eaux partagées.

Règles et procédures de fonctionnement

Il est nécessaire d'établir clairement, dès l'origine et en fonction du contexte, les modalités de préparation des décisions, les méthodes de consultation, les procédures et les niveaux de prise de décisions de nature technique, financière ou politique requises.

Outre les règles internes, il est nécessaire de clarifier les relations à développer avec les principaux interlocuteurs et partenaires extérieurs (institutions internationales, multilatérales ou régionales, bailleurs de fonds, pays non membres mais susceptibles de le devenir, collectivités et autorités locales, secteur privé, etc.).

Participation des différentes parties prenantes aux discussions et aux décisions

La participation de représentants des collectivités territoriales, des communautés locales et des usagers est fortement souhaitable : il faut non seulement que les dispositions proposées bénéficient d'un consensus des États, mais aussi qu'elles correspondent aux souhaits et aux besoins réels des usagers qui auront finalement à en supporter le coût directement (par le prix des services) et indirectement (par l'impôt). Même si ces acteurs ne sont généralement pas signataires des accords internationaux, leur participation doit être prévue, notamment dans les groupes de travail.

3.4.4. Financements nécessaires à la mise en place et à un fonctionnement durable

La répartition, en pourcentage, des frais de création et de fonctionnement de l'« organisme de gestion des eaux (superficielles et) souterraines transfrontalières » entre les parties signataires doit être définie par la convention fondatrice (la fixation du montant des dépenses pouvant être du ressort de l'assemblée, sur proposition du secrétariat permanent et du conseil d'administration). L'assemblée fixe aussi le budget des éventuels travaux communs et leur répartition entre les parties, tant pour les investissements que pour les frais d'exploitation et de maintenance des installations. Parmi les possibles sources de financement de l'organisme, on peut mentionner :

- une dotation initiale et des subventions allouées annuellement par les États membres ;
- éventuellement, des contributions d'organisations économiques régionales visant à impulser la gestion des ressources en eau partagées (par exemple : CEDEAO, Communauté économique des États de l'Afrique centrale – CEEAC, Communauté de développement des États d'Afrique australe – SADC) ;
- éventuellement, des concours financiers extérieurs pour les investissements (dons ou prêts à taux réduit et à durée privilégiée) ;
- à terme, des redevances appliquant les principes "pollueur-payeur" et/ou "utilisateur-payeur" correspondant aux impôts ou taxes fiscales pesant sur la pollution et le gaspillage d'eau (par exemple : agences de l'eau en France).

Le choix des outils économiques n'est pas neutre. Dans le cas où l'organisme en question a bénéficié d'un financement extérieur pour sa création et son fonctionnement initial, il est indispensable de prévoir, dès le début, des ressources propres et pérennes qui leur assure une existence indépendante des aides extérieures. Il est en effet primordial que l'organisme dispose des moyens financiers lui permettant d'exercer sa mission de manière autonome, neutre et dans une perspective de durabilité .

Encadré 21 *Exemple de mécanisme de financement novateur : le financement de la Commission internationale du Bassin Congo-Oubangui-Sangha (CICOS) par la taxation des échanges*

La CICOS a été créée le 6 novembre 1999 par l'accord instituant un régime fluvial uniforme, signé par les chefs d'État de la République du Cameroun, la République Centrafricaine, la République du Congo et la République Démocratique du Congo, ainsi que son additif, également signé par les quatre Chefs d'État le 22 février 2007. La CICOS est chargée de gérer de façon durable les voies navigables et de promouvoir et garantir la GIRE dans le Bassin du Congo.

Les chefs d'État et de Gouvernement de la CEMAC ont adopté un mécanisme de financement autonome : la taxe communautaire d'intégration (TCI), prélevée sur les importations. Le Cameroun, la Centrafrique et le Congo (qui sont membres de la CEMAC) contribuent à la CICOS à travers la TCI, qui représente ainsi 70 % du financement (hors projet) de la CICOS. La République Démocratique du Congo n'est pas membre de la CEMAC et contribue donc directement.

Carte 10 *Le Bassin du Congo, deuxième bassin hydrologique du monde*



Source : CICOS, 2008

3.4.5. Réseaux d'échanges d'expériences

Au sein du RIOB (188 membres dans 68 pays), créé en 1994, les organisations et commissions de fleuves transfrontaliers se sont regroupées tant pour échanger des informations entre elles que pour aider à la création et au fonctionnement de nouvelles organisations interétatiques. Ces organisations et commissions ont mis en place le RIOBT, qui compte aujourd'hui de nombreux membres représentant plus de 40 pays de toutes les régions du monde. Depuis son assemblée constitutive, qui s'est tenue en novembre 2002 à Thonon-les-Bains (France), le RIOBT s'est réuni à trois reprises : en novembre 2004 à Dakar (Sénégal), en mars 2007 à Johannesburg (Afrique du Sud) et en janvier 2010 à nouveau à Dakar. La Déclaration de Dakar, adoptée le 22 janvier 2010 par l'Assemblée générale du RIOB, met largement l'accent sur la nécessité d'une meilleure gestion des eaux souterraines – notamment transfrontalières – et d'une meilleure articulation avec celle des eaux superficielles.

Il est vivement conseillé que les organismes (actuels ou à venir) spécialisés dans la gestion concertée de systèmes aquifères transfrontaliers adhèrent au RIOB puis au RIOBT afin de renforcer les échanges d'informations et d'expériences dans ce domaine.

Encadré

22

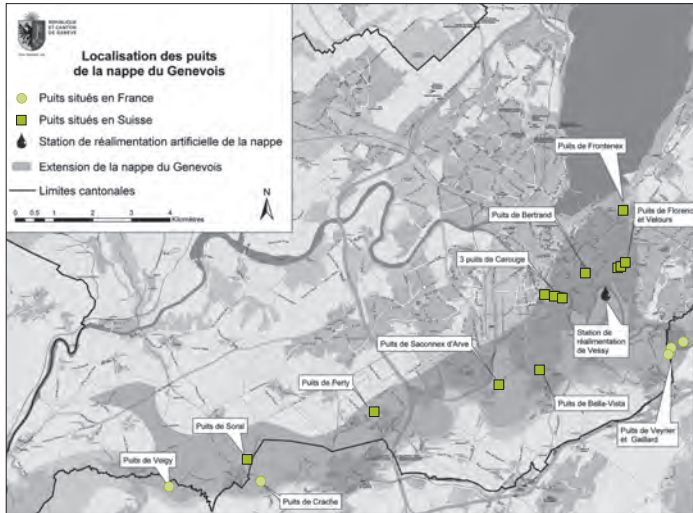
Un très rare exemple d'accord bilatéral sur la gestion d'un système aquifère transfrontalier : l'aquifère franco-suisse du Genevois

La nappe dite du Genevois est un système aquifère transfrontalier d'une longueur d'environ 19 km et d'une surface d'environ 30 km², localisée au sud du lac Léman, au sud du cours du Rhône, et dont la plus grande partie se situe entre le Rhône et l'Arve. La nappe est essentiellement exploitée pour la fourniture en eau potable. Elle alimente 20 % de l'agglomération de Genève.

À partir de 1960, l'augmentation des pompages provoquent une baisse importante du niveau moyen de la nappe (de 7 m en 20 ans) ; il est donc envisagé de recharger artificiellement la nappe avec de l'eau de l'Arve. Le canton de Genève initie alors des négociations avec le département français de la Haute Savoie en vue d'entreprendre des études sur la réalimentation artificielle : c'est la naissance d'un projet original de coopération décentralisée transfrontalière. Ces négociations aboutissent à la signature, le 9 juin 1978, d'un accord entre le Canton de Genève d'une part, et le préfet de Haute Savoie d'autre part, intitulé Arrangement relatif à la protection, à l'utilisation, et à la réalimentation de la nappe franco-suisse du Genevois.

...

Carte 11 Système aquifère du Genevois



Source : État de Genève, Service de géologie, sols et déchets, 2009.

Ce premier accord, d'une durée de 30 ans, crée une Commission d'exploitation de la nappe souterraine du Genevois, composée de trois membres suisses et trois membres français.

La mission de la Commission est de proposer un programme annuel d'utilisation de la nappe. Elle donne son avis technique sur la construction de nouveaux équipements ou leur modification et elle procède à la vérification du coût de la construction et des frais d'exploitation des ouvrages de réalimentation. Tous les ouvrages de prélèvement sont munis de dispositifs de mesure volumétrique et de mesures de niveaux de la nappe. L'accord précise que le canton de Genève prend à sa charge la construction et l'exploitation de la station de recharge artificielle, et qu'il en demeure l'unique propriétaire. L'accord prévoit que les communes françaises ne peuvent prélever plus de 5 millions de m³/an, dont 2 millions en franchise de règlement. Chaque partie doit indiquer à la Commission une estimation de ses prélèvements dans la nappe. L'accord prévoit également le calcul de la participation française aux frais de la réalimentation artificielle pour chaque exercice annuel. Enfin il est prévu un contrôle de qualité et un dispositif d'alerte en cas de pollution accidentelle.

...

Le premier accord a été remplacé, le 18 décembre 2007, par une nouvelle convention d'une durée de 30 ans, qui reprend quasiment les mêmes termes que la précédente. Les signataires sont, pour la Suisse, le Canton de Genève et, pour la France, la communauté de communes de la région annemassienne, la communauté de communes du Genevois, et la commune de Viry ; ce second accord a donc été directement signé entre collectivités territoriales.

Le système aquifère franco-suisse du Genevois est, à ce jour, l'exemple le plus abouti en matière de gestion conjointe d'une ressource en eau souterraine transfrontalière.

Source : partie 1.6 des travaux préalables.

Conclusion

Du fait des pressions de plus en plus fortes sur les ressources en eau, il est indispensable de rechercher un partage équitable des bénéfices provenant de l'utilisation des systèmes aquifères transfrontaliers. Il convient de prendre davantage conscience de l'inestimable valeur du patrimoine naturel que représentent les eaux souterraines, milieux sensibles et encore très inégalement connus, qui peuvent être compromis de manière irréversible par une gestion de court terme. En raison de l'importance des enjeux, les parties prenantes sont encouragées à mettre en œuvre une discipline collective, à toutes les échelles – locales, nationales, régionales et mondiales – dans la connaissance, l'exploitation et la protection de ces précieuses ressources.

Une première étape consiste à améliorer la connaissance des systèmes aquifères transfrontaliers grâce aux outils scientifiques et techniques, disponibles et très performants. Un effort de sensibilisation – voire de formation complémentaire – des parties prenantes est nécessaire pour qu'elles puissent prendre pleinement conscience de la situation, des problèmes rencontrés et des risques encourus si les pays partageant un même système aquifère exploitent celui-ci sans gestion concertée.

Une fois l'interdépendance de ces pays reconnue et acceptée, **une seconde étape** consiste à établir des contacts entre eux, d'abord techniques, puis diplomatiques. Cette étape permet d'échanger des points de vue, de développer des relations de confiance et de solidarité, de partager des informations et de mettre en œuvre, de manière cohérente, pragmatique et progressive, les divers outils présentés dans cet ouvrage.

Les organisations internationales peuvent utilement accompagner de telles démarches, en apportant leurs conseils, leur appui et en encourageant le développement et la mise en œuvre du droit international relatif aux eaux souterraines transfrontalières. Les collectivités et autorités locales des pays impliqués peuvent également jouer un rôle important en développant des initiatives et des actions de coopération transfrontalière pertinentes.

Les organisations déjà existantes pour la gestion des eaux de surface transfrontalières sont tout naturellement susceptibles d'étendre leur champ d'action territorial aux systèmes aquifères les concernant. Elles disposent en effet d'une expérience, d'un cadre institutionnel et de réseaux de relations internationales des plus utiles. Elles pourront aisément renforcer leurs compétences dans le domaine des eaux souter-

raines. Les pays concernés pourront ainsi institutionnaliser leur coopération au sein d'« organismes de gestion des eaux superficielles et souterraines transfrontalières ». Des projets pilotes permettent déjà d'enrichir les outils présentés dans ce guide et d'approfondir les savoir-faire. Les leçons de ces expériences pourraient être mieux valorisées et partagées au travers de réseaux de formation professionnelle.

Pour mener à bien cette démarche, les pays concernés devront faire preuve d'une volonté politique forte et pérenne.

Annexe 1

Études de cas préalables à la réalisation du guide

Le tableau 1 constitue une synthèse des principales études de cas réalisées au cours des travaux préparatoires au présent document. Il vise à présenter un certain nombre d'initiatives plus ou moins avancées en matière de gestion transfrontalière de ressources en eau souterraines partagées. La liste des exemples traités n'est pas exhaustive ; elle est toutefois représentative de la grande diversité des situations rencontrées en la matière dans différentes régions du monde. La plupart des accords signés entre les pays partageant un même système aquifère ne portent que sur les eaux superficielles. Néanmoins, les avancées dans la coopération transfrontalière – même si celle-ci ne concerne que les eaux superficielles – doivent être encouragées, car elles vont dans le sens d'une plus grande concertation entre pays et posent ainsi les bases et la relation de confiance indispensables pour ensuite élargir le champ de la coopération aux systèmes aquifères partagés.

Ces cas ont été traités dans les parties 1.6 et 2 des travaux préparatoires : la première présente des cas ayant déjà donné lieu à des projets, la deuxième, des cas à forts enjeux dans lesquels s'amorce un processus de coopération transfrontalière.

Tableau 1 Synthèse des études de cas

Dénomination du système aquifère	Pays concernés	Principaux enjeux	Avancées dans la coopération transfrontalière
Bassin du Taoudéni-Tanezrouft	<ul style="list-style-type: none"> Mauritanie (partie sud et centre-est) Mali (majorité du territoire) Burkina Faso (nord-ouest) Algérie (le Tanezrouft au sud) 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentation en eau pour la consommation humaine et divers autres usages (domestique, pastoral, maraîchage et petite irrigation). Pollution des eaux, notamment en raison des exploitations minières. 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune action concertée des pays concernés. Des organismes de concertation, relatif à des fleuves internationaux existent autour du système aquifère et dont font partie certains des États : OMVS pour le Mali et la Mauritanie; ABN pour le Burkina Faso, le Mali et le Niger ; SASS pour l'Algérie. Ces organismes pourraient offrir le cadre pour une concertation.

Dénomination du système aquifère	Pays concernés	Principaux enjeux	Avancées dans la coopération transfrontalière
Systèmes aquifères du bassin du Lac Tchad	<ul style="list-style-type: none"> • Tchad • Niger • Nigeria • Cameroun • Centrafrique • Soudan • Algérie • Lybie (une très petite partie) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sécheresse, désertification et tarissement des ressources en eau. • Assèchement du Lac Tchad dont la surface s'est réduite de 90 % en 40 ans. • Baisse du niveau de la nappe depuis 20 ans. • Salinité de l'aquifère Pliocène; concentration importante en fluor au Nigeria; contamination des puits par les nitrates. 	<ul style="list-style-type: none"> • Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT), créée en 1964 par les États riverains du lac Tchad (Cameroun, Niger, Nigeria, Tchad) (Convention de Fort Lamy). La République Centrafricaine l'a rejointe en 1994 et le Soudan en 2000. La Convention ne crée aucune obligation pour la gestion partagée des ressources du bassin ; cependant, la CBLT exerce un important rôle de coordination.
Systèmes aquifères du bassin des Iullemeden	<ul style="list-style-type: none"> • Niger • Nigeria • Mali • Algérie <p>En moindre mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bénin • Burkina Faso 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution par l'industrie minière – notamment celle de l'uranium – et par les pesticides et les déchets solides et liquides. • Surexploitation par une augmentation exponentielle des prélèvements qui dépassent la recharge moyenne. • Baisse du niveau piézométrique et dégradation de la qualité des ressources. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projet « Gestion des risques hydrogéologiques dans le système aquifère d'Iullemeden » permettant d'accroître la connaissance hydrogéologique sur le système aquifère (2004-2008). • Protocole d'accord du 20 juin 2009 prévoyant la création d'un mécanisme de concertation à part entière pour le système aquifère d'Iullemeden d'ici 2011 (pas encore formellement adopté par les États).
Systèmes aquifères du bassin sénégal-mauritanien	<ul style="list-style-type: none"> • Sénégal • Mauritanie • Gambie • Guinée-Bissau 	<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de recharge et abaissement des nappes, du fait du climat aride et de la croissance démographique. • Salinisation de l'eau et des terres agricoles, en particulier en Mauritanie et dans la basse vallée et le delta du fleuve Sénégal • Pollution par les rejets d'eaux usées, les pesticides et les engrais, surtout au Sénégal • Pollutions d'origine minière en Guinée, au Mali et au Sénégal • Pollution naturelle au fluor, surtout au Sénégal 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence d'accord formel entre les pays du bassin et d'échange de données sur l'évolution quantitative et qualitative des aquifères. Cependant, 2 organismes existent pour la gestion des fleuves partagés : l'OMVS et l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Gambie (OMVG). • Une dynamique de concertation est toutefois engagée depuis longtemps et la gouvernance mise en place pour la gestion des bassins évolue vers des d'actions pour la protection des aquifères.



Dénomination du système aquifère	Pays concernés	Principaux enjeux	Avancées dans la coopération transfrontalière
Systèmes aquifères du bassin côtier Ghana-Togo-Bénin	<ul style="list-style-type: none"> • Ghana • Togo • Bénin • Nigeria (en moindre mesure) 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des besoins en eau potable, du fait de la forte densité de population et de l'urbanisation galopante dans les zones côtières. • Déficit de recharge dû à une diminution de la pluviométrie et aux aménagements urbains (imperméabilisation des surfaces). • Épuisement, salinisation des systèmes aquifères côtiers et pollution. • Pollutions minières, rejets industriels et domestiques non traités, surtout en zone littorale. • Multiplication de forages sans contrôle qualitatif ni quantitatif. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le projet intitulé « Gestion conjointe des ressources aquifères partagées entre le Bénin, le Ghana, la Côte-d'Ivoire, le Nigeria et le Togo » proposé en 2005 n'a pas connu de suites. Il n'existe pas à l'heure actuelle de structure de concertation à l'échelle de du système aquifère entre les 3 pays (Ghana-Togo-Bénin), mais ils font partie de l'Autorité du Bassin de la Volta (ABV) créée en 2009 suite à l'entrée en vigueur de l'accord de 2007. Cette Autorité comprend également le Burkina Faso, la Côte-d'Ivoire et le Mali.
SASS	<ul style="list-style-type: none"> • Algérie • Tunisie • Libye 	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse du niveau des nappes, avec comme conséquences la diminution de l'artésianisme et à terme l'assèchement des puits de faible profondeur et celui des foggaras. • Tarissement des exutoires des deux systèmes aquifères. • Remontée excessive de nappes phréatiques à certains endroits due aux rejets d'eaux usées. • Dégradation de la qualité des eaux. • Salinisation des sols (impact sur l'agriculture). 	<ul style="list-style-type: none"> • Un programme commun d'études a conduit à la réalisation d'outils techniques régionaux de gestion de la nappe (études hydrogéologiques, base de données, SIG, modèle hydrogéologique) et à la signature d'un accord formel de concertation entre les trois pays en 2002 puis en 2006. • En 2008, une structure permanente appelée « Mécanisme de concertation permanent pour le système aquifère du Sahara septentrional » a été mise en place et représente à l'heure actuelle un processus de coopération assez abouti, sans qu'il s'agisse encore d'une gestion commune.
Système aquifère des Grès Nubiens	<ul style="list-style-type: none"> • Libye • Égypte • Tchad • Soudan 	<ul style="list-style-type: none"> • Surexploitation en raison de l'utilisation surtout agricole mais également domestique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Signature en 1992 d'un accord créant une « Autorité conjointe pour l'étude et le développement des eaux de l'aquifère des Grès de Nubie », entre l'Égypte et la Libye, rejoints en 1996 par le Soudan et en 1999 par le Tchad. Trois projets se sont succédé en 1998, 2004 et 2006 (en cours). Ils ont globalement permis d'obtenir des résultats techniques importants. • Les actions mises en œuvre dans le cadre du processus de coopération ont donné, quant à eux, des résultats plus mitigés. ●●●

Dénomination du système aquifère	Pays concernés	Principaux enjeux	Avancées dans la coopération transfrontalière
Système aquifère du Stampriet	<ul style="list-style-type: none"> Namibie Botswana Afrique du Sud 	<ul style="list-style-type: none"> En Namibie, le Stampriet constitue la source principale d'eau douce pour les activités agricoles (abreuvement du bétail et un peu d'irrigation). Il est peu utilisé en Afrique du Sud et au Botswana. La qualité de l'aquifère se détériore vers l'Est, avec une salinisation progressive de la Namibie au Botswana. À l'avenir, la demande la plus importante proviendra probablement de Namibie. 	<ul style="list-style-type: none"> En 2008, un projet d'étude comprenant une étude hydrogéologique, un modèle de gestion du système aquifère et un plan de gestion des eaux souterraines a été présenté au SADC par les équipes techniques des trois pays. Il n'y a pour le moment aucun système de gestion transfrontalière, mais une proposition est en préparation par l'<i>Orange-Senqu River Basin Commission</i> (ORASECOM), dont les 3 pays font partie. Cette proposition inclurait également l'aquifère transfrontalier Ramotswana Dolomitic partagé entre le Botswana et l'Afrique du Sud et devrait donc associer la Commission du Limpopo. Il s'agit de la première initiative de coopération sur des aquifères transfrontaliers en Afrique australe.
Système aquifère du Guarani	<ul style="list-style-type: none"> Brésil Argentine Paraguay Uruguay 	<ul style="list-style-type: none"> Pollution diffuse due à l'utilisation grandissante d'engrais et pesticides. Surexploitation de la ressource entraînant des baisses de niveaux. Pollutions ponctuelles liées à la présence de complexes industriels et des industries pétrolières. Pollutions dues à l'insuffisance d'usines de traitement des eaux usées en zone urbaine. Risque d'intrusion saline (secteur lié au Rio Uruguay). 	<ul style="list-style-type: none"> Le « Projet de protection environnementale et de développement durable du système aquifère du Guarani », lancé officiellement en 2003 et clôturé en 2009, apparaît comme une réussite, ayant enclenché un processus de coopération entre les 4 États. Il a permis d'améliorer la connaissance scientifique du système aquifère, de mettre en place un réseau régional de suivi et de créer des systèmes d'information locaux, nationaux et régionaux. Grâce à la réalisation des 4 projets pilotes, 4 modèles de gestion de la nappe ont été développés et 4 commissions locales ont été créées pour aider à la gestion du système aquifère.
Aquifères transfrontaliers du bassin du Mékong	<ul style="list-style-type: none"> Chine (Provinces de Qinghai et du Yunnan) Myanmar (extrême Nord-Est) Laos Thaïlande Cambodge Vietnam 	<ul style="list-style-type: none"> Développement économique et accroissement de la demande en eau. Surexploitation et salinisation des systèmes aquifères. Pollution des systèmes aquifères et dégradation des écosystèmes. 	<ul style="list-style-type: none"> Accord de coopération pour le développement durable du Bassin du fleuve Mékong, signé en 1995 entre le Cambodge, le Laos, la Thaïlande et le Vietnam, créant la Commission du fleuve Mékong (<i>Mékong River Commission</i>). La Chine et le Myanmar sont depuis 1996 « partenaires de dialogue » de l'accord. Celui-ci ne concerne que les eaux du Mékong ; il ne mentionne pas les eaux souterraines.

Dénomination du système aquifère	Pays concernés	Principaux enjeux	Avancées dans la coopération transfrontalière
Système aquifère du Rhin supérieur	<ul style="list-style-type: none"> • France • Allemagne • Suisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Nappe très vulnérable qui correspond à une zone d'agriculture intensive et de forte densité de population. L'agriculture est la plus importante source de pollution (nitrates, phytosanitaires notamment atrazine). Des pollutions chimiques (chlorures) y sont dues à l'exploitation des mines de potasse d'Alsace. Plus de 30 ans après l'accident de Benfeld-Erstein en 1970 (déversement de tétrachlorure de carbone), cette pollution rend certaines parties de la nappe toujours impropres à la consommation. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'accord de Bonn du 22 octobre 1975 signé entre la France, l'Allemagne et la Suisse a créé une « Commission intergouvernementale » et donné un cadre institutionnel à la coopération transfrontalière dans le Rhin supérieur. • La Convention pour la protection du Rhin, signée en 1999, a remplacé les accords précédents. Dans cette nouvelle convention, les parties à la Commission internationale pour la protection du Rhin ont décidé d'étendre les actions communes au bassin versant du Rhin et aux eaux souterraines.
Système aquifère du Carbonifère	<ul style="list-style-type: none"> • France • Belgique (Wallonie et Flandre) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nappe très exploitée pour l'eau potable et l'industrie, entraînant jusqu'à une époque récente une baisse piézométrique importante, causant également des effondrements de terrain. Les risques de pollutions diffuses sont présents. • La nappe a une pollution naturelle au fluor. • L'existence de communications karstiques avec l'Escaut, par ailleurs pollué, rend la nappe très vulnérable aux pollutions. 	<ul style="list-style-type: none"> • En 1994, la France, la Région flamande, la Région Wallonne, la Région Bruxelles-capitale et les Pays-Bas ont créé la Commission internationale pour la protection de l'Escaut (CIPE), devenue en 2002 Commission Internationale de l'Escaut (CIE), avec l'intégration de la Belgique. Ce nouvel accord, dit de Gand, tient compte des exigences de la DCE et intègre les eaux souterraines. En 1997, un accord de coopération entre la Région wallonne et la Région flamande relatif à la nappe du calcaire carbonifère a été signé. Parallèlement, au début des années 2000 une étude franco-belge de caractérisation du système aquifère a été menée. Deux rencontres ont eu lieu à Tournai en 2002 et 2007, le premier créant un Observatoire Transfrontalier de la nappe du Carbonifère, le deuxième affirmant la nécessité de signer une convention tripartite (France-Wallonie-Flandre)

•••

Dénomination du système aquifère	Pays concernés	Principaux enjeux	Avancées dans la coopération transfrontalière
Système aquifère du Genevois	<ul style="list-style-type: none"> • Suisse • France 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de contamination en raison de la pression urbaine (hydrocarbures, solvants chlorés). Il existe aussi une pollution aux nitrates en Suisse. La pression croissante des prélèvements agricoles et de l'alimentation en eau potable peut constituer un risque. De plus, une dégradation de la qualité de l'Arve obligerait à la suspension de la réalimentation : le risque est donc surtout quantitatif 	<ul style="list-style-type: none"> • Un accord d'une durée de 30 ans, est signé en 1978 entre le Canton de Genève et le préfet de Haute Savoie intitulé « Arrangement relatif à la protection, à l'utilisation, et à la réalimentation de la nappe franco-suisse du Genevois ». Il crée une commission franco-suisse de la nappe souterraine du Genevois. L'accord, très simple du point de vue institutionnel mais à caractère très technique, a été renouvelé en 2008 pour une durée de 30 ans par une nouvelle convention. C'est sans doute à ce jour l'exemple le plus abouti en matière de gestion conjointe d'une ressource en eau souterraine transfrontalière.
Système aquifère de la Montagne et système aquifère côtier de la bande de Gaza	<ul style="list-style-type: none"> • Israël • Territoires palestiniens 	<ul style="list-style-type: none"> • Graves enjeux de surexploitation et de pollution, accentués par le conflit israélo-palestinien. Les écoulements naturels diminuent et des biseaux salés se développent (sur le système aquifère côtier) de plus en plus. D'importants problèmes environnementaux sont prévisibles à très court terme. La situation est particulièrement dramatique pour le système aquifère côtier, dont seulement 5 à 10 % de l'eau est potabilisable. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'efficacité de la <i>Joint Water Commission</i>, créée en 1994 par les accords d'Oslo, est compromise par: <ul style="list-style-type: none"> - la nécessité d'obtenir un accord unanime sur chaque action, - la nécessité d'obtenir l'accord d'Israël pour les travaux dans les Territoires palestiniens, et - le manque de pouvoirs de cette commission qui n'est pas habilitée à statuer sur ce qui se pratique sur le sol israélien. • A noter l'accord de Genève de 2003, d'origine extra-gouvernementale et sans valeur juridique, dont l'Annexe 10 sur l'eau comporte un projet de disposition concernant la définition d'une quantité maximale de prélèvement annuel pour chacune des deux parties dans l'aquifère de la Montagne.

Annexe 2

Résolution 63/124 relative au droit des aquifères transfrontaliers

Nations Unies

A/RES/63/124



Assemblée générale

Distr. générale
15 janvier 2009

Soixante-troisième session
Point 75 de l'ordre du jour

Résolution adoptée par l'Assemblée générale

[sur la base du rapport de la Sixième Commission (A/63/439)]

63/124. Le droit des aquifères transfrontières

L'Assemblée générale,

Ayant examiné le chapitre IV du rapport de la Commission du droit international sur les travaux de sa soixantième session¹, qui contient le projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontières,

Notant que la Commission a décidé de lui recommander a) de prendre acte du projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontières dans une résolution et d'annexer ces articles à cette résolution ; b) de recommander aux États concernés de prendre des dispositions appropriées au plan bilatéral ou régional pour assurer convenablement la gestion des aquifères transfrontières sur la base des principes énoncés dans ces articles ; et c) d'envisager également, à une date ultérieure, et étant donné l'importance de la question, d'élaborer une convention sur la base du projet d'articles²,

Soulignant que la codification et le développement progressifs du droit international envisagés à l'alinéa a) du paragraphe 1 de l'Article 13 de la Charte des Nations Unies conservent toute leur importance,

Notant que le droit des aquifères transfrontières revêt une importance majeure dans les relations entre États,

Prenant acte des observations des gouvernements sur le sujet et des débats qui ont eu lieu à cet égard à la Sixième Commission, à sa soixante-troisième session,

1. *Se félicite* que la Commission du droit international ait achevé ses travaux sur le droit des aquifères transfrontières et adopté un projet d'articles et des commentaires détaillés sur le sujet ;

2. *Remercie* la Commission de continuer à contribuer à la codification et au développement progressif du droit international ;

3. *Remercie également* le Programme hydrologique international de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, et les

¹ Documents officiels de l'Assemblée générale, soixante-troisième session, Supplément n° 10 (A/63/10).

² Ibid., par. 49.

A/RES/63/124

autres organisations concernées pour l'assistance scientifique et technique précieuse qu'ils ont apportée à la Commission du droit international³ ;

4. *Prend note* du projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontières présenté par la Commission, dont le texte est annexé à la présente résolution, et le recommande à l'attention des gouvernements sans préjuger de la question de son adoption future ou de toute autre mesure appropriée ;

5. *Encourage* les États concernés à conclure des accords bilatéraux ou régionaux appropriés pour gérer convenablement leurs aquifères transfrontières en tenant compte des dispositions du projet d'articles ;

6. *Décide* d'inscrire à l'ordre du jour provisoire de sa soixante-sixième session une question intitulée « Le droit des aquifères transfrontières », en vue d'examiner, notamment, la question de la forme qui pourrait être donnée au projet d'articles.

67^e séance plénière
11 décembre 2008

Annexe

Le droit des aquifères transfrontières

...

Conscient de l'importance pour l'humanité des ressources en eaux souterraines indispensables à la vie dans toutes les régions du monde,

Ayant à l'esprit l'alinéa a du paragraphe 1 de l'Article 13 de la Charte des Nations Unies, qui dispose que l'Assemblée générale provoque des études et fait des recommandations en vue d'encourager le développement progressif du droit international et sa codification,

Rappelant la résolution 1803 (XVII) de l'Assemblée générale, du 14 décembre 1962, relative à la souveraineté permanente sur les ressources naturelles,

Rappelant les principes et recommandations adoptés par la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, tenue en 1992, dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement⁴ et Action 21⁵,

Tenant compte de la demande croissante d'eau douce et de la nécessité de protéger les ressources en eaux souterraines,

Attentif aux problèmes particuliers posés par la vulnérabilité des aquifères, exposés à la pollution,

Convaincu de la nécessité d'assurer la mise en valeur, l'utilisation, la conservation, la gestion et la protection des ressources en eaux souterraines en favorisant une exploitation optimale et durable des ressources en eau au bénéfice des générations actuelles et futures,

³ Ibid., par. 51.

⁴ *Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992*, vol. 1, *Résolutions adoptées par la Conférence* (publication des Nations Unies, numéro de vente : F.93.I.8 et rectificatif), résolution 1, annexe I.

⁵ Ibid., annexe II.

Affirmant l'importance de la coopération internationale et du bon voisinage dans ce domaine,

Soulignant la nécessité de prendre en considération la situation particulière des pays en développement,

Conscient de la nécessité de promouvoir la coopération internationale,

...

Première partie
Introduction

Article 1

Champ d'application

Les présents articles s'appliquent :

- a) À l'utilisation des aquifères ou systèmes aquifères transfrontières ;
- b) Aux autres activités qui ont un impact sur ces aquifères ou systèmes aquifères ou qui sont susceptibles d'en avoir un ;
- c) Aux mesures de protection, de préservation et de gestion de ces aquifères ou systèmes aquifères.

Article 2

Termes employés

Aux fins des présents articles :

- a) On entend par « aquifère » une formation géologique perméable contenant de l'eau superposée à une couche moins perméable et l'eau contenue dans la zone saturée de cette formation ;
- b) On entend par « système aquifère » une série de deux ou plusieurs aquifères qui sont hydrauliquement reliés ;
- c) On entend par « aquifère transfrontière » ou « système aquifère transfrontière », respectivement, un aquifère ou un système aquifère situé dans plusieurs États ;
- d) On entend par « État de l'aquifère » un État sur le territoire duquel est située toute partie d'un aquifère ou d'un système aquifère transfrontière ;
- e) L'expression « utilisation d'aquifères et de systèmes aquifères transfrontières » comprend l'extraction d'eau, de chaleur et de minerais, et le stockage ou le rejet de toute substance ;
- f) On entend par « aquifère alimenté » un aquifère qui reçoit une alimentation contemporaine d'un volume d'eau non négligeable ;
- g) On entend par « zone de réalimentation » la zone qui contribue à l'alimentation en eau d'un aquifère, comprenant l'aire de réception des eaux pluviales et l'aire d'écoulement de ces eaux dans un aquifère par ruissellement et infiltration dans le sol ;
- h) On entend par « zone de déversement » la zone où l'eau en provenance d'un aquifère s'écoule vers ses points de sortie, tels qu'un cours d'eau, un lac, une oasis, une zone humide ou un océan.

A/RES/63/124

Deuxième partie

Principes généraux

Article 3

Souveraineté des États de l'aquifère

Chacun des États de l'aquifère exerce sa souveraineté sur la portion d'aquifère ou de système aquifère transfrontière située sur son territoire. Il l'exerce conformément au droit international et aux présents articles.

Article 4

Utilisation équitable et raisonnable

Les États de l'aquifère utilisent les aquifères ou systèmes aquifères transfrontières selon le principe de l'utilisation équitable et raisonnable, de la manière suivante :

a) Ils utilisent les aquifères ou les systèmes aquifères transfrontières de façon compatible avec une répartition équitable et raisonnable des avantages qui en découlent entre les États de l'aquifère concernés ;

b) Ils poursuivent le but de maximiser les avantages à tirer à long terme de l'utilisation de l'eau qui y est contenue ;

c) Ils établissent individuellement ou conjointement un plan global d'utilisation, en tenant compte des besoins présents et futurs en eau des États de l'aquifère et des autres ressources possibles en eau pour ces États ;

d) Ils s'abstiennent d'utiliser un aquifère ou un système aquifère transfrontière alimenté à un degré qui empêcherait l'aquifère ou le système aquifère de continuer à fonctionner de manière efficace.

Article 5

Facteurs pertinents pour une utilisation équitable et raisonnable

1. L'utilisation d'un aquifère ou système aquifère transfrontière de manière équitable et raisonnable, au sens de l'article 4, implique la prise en considération de tous les facteurs pertinents, notamment :

a) La population tributaire de l'aquifère ou du système aquifère dans chaque État de l'aquifère ;

b) Les besoins économiques, sociaux et autres, présents et futurs, des États de l'aquifère concernés ;

c) Les caractéristiques naturelles de l'aquifère ou du système aquifère ;

d) La contribution à la formation et à l'alimentation de l'aquifère ou du système aquifère ;

e) L'utilisation actuelle et potentielle de l'aquifère ou du système aquifère ;

f) Les effets réels et potentiels de l'utilisation de l'aquifère ou du système aquifère dans un État de l'aquifère sur d'autres États de l'aquifère concernés ;

g) L'existence d'autres solutions pour remplacer une utilisation particulière actuelle ou projetée de l'aquifère ou du système aquifère ;

h) La mise en valeur, la protection et la conservation de l'aquifère ou du système aquifère et le coût des mesures à prendre à cet effet ;

i) Le rôle de l'aquifère ou du système aquifère dans l'écosystème qui en relève.

2. Le poids à accorder à chaque facteur doit être déterminé en fonction de son importance pour l'aquifère ou le système aquifère transfrontière, par rapport à celle des autres facteurs pertinents. Pour déterminer ce qui est une utilisation équitable et raisonnable, il faut que tous les facteurs pertinents soient considérés ensemble et qu'une conclusion soit tirée sur la base de tous ces facteurs. Toutefois, pour évaluer les différents types d'utilisation d'un aquifère ou système aquifère transfrontière, il faut particulièrement tenir compte des besoins humains vitaux.

Article 6

Obligation de ne pas causer de dommage significatif

1. Lorsqu'ils utilisent les aquifères ou systèmes aquifères situés sur leur territoire, les États de l'aquifère prennent toutes les mesures appropriées pour prévenir un dommage significatif aux autres États de l'aquifère ou à d'autres États sur le territoire desquels est située une zone de déversement.

2. Lorsqu'ils mènent des activités autres que l'utilisation d'un aquifère ou d'un système aquifère transfrontière qui ont, ou peuvent avoir, un impact sur cet aquifère ou ce système aquifère transfrontière, les États de l'aquifère prennent toutes les mesures appropriées pour prévenir un dommage significatif, au travers dudit aquifère ou système aquifère, aux autres États de l'aquifère ou aux autres États sur le territoire desquels une zone de déversement est située.

3. Lorsqu'un dommage significatif est néanmoins causé à un autre État de l'aquifère ou à un autre État sur le territoire duquel est située une zone de déversement, l'État de l'aquifère dont les activités ont causé ce dommage prend, en consultation avec l'État qui le subit, toutes les mesures d'intervention appropriées pour l'éliminer ou l'atténuer en tenant dûment compte des dispositions des articles 4 et 5.

Article 7

Obligation générale de coopérer

1. Les États de l'aquifère coopèrent sur la base de l'égalité souveraine, de l'intégrité territoriale, du développement durable, de l'avantage mutuel et de la bonne foi en vue de parvenir à une utilisation équitable et raisonnable et à une protection appropriée de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières.

2. Aux fins du paragraphe 1, les États de l'aquifère devraient établir des mécanismes conjoints de coopération.

Article 8

Échange continu de données et informations

1. En application de l'article 7, les États de l'aquifère échangent régulièrement des données et informations facilement accessibles sur l'état de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières, en particulier celles qui sont d'ordre géologique, hydrogéologique, hydrologique, météorologique et écologique et celles qui concernent l'hydrochimie des aquifères ou systèmes aquifères, ainsi que les prévisions qui s'y rapportent.

2. Lorsque les connaissances sur la nature et l'étendue d'un aquifère ou système aquifère transfrontière sont insuffisantes, les États de l'aquifère concernés s'emploient de leur mieux à collecter et à produire des données et informations plus

A/RES/63/124

complètes au sujet de l'aquifère ou du système aquifère en question, compte tenu des pratiques et règles existantes. Ces États prennent de telles mesures individuellement ou conjointement et, le cas échéant, avec la coopération d'organisations internationales ou par leur entremise.

3. Si un État de l'aquifère se voit demander, par un autre État de l'aquifère, de fournir des données et informations relatives à un aquifère ou un système aquifère qui ne sont pas facilement accessibles, il s'emploie de son mieux à satisfaire à cette demande. L'État auquel la demande est adressée peut poser comme condition le paiement par l'État demandeur des frais raisonnablement exposés pour la collecte et, le cas échéant, le traitement de ces données ou informations.

4. Les États de l'aquifère s'emploient de leur mieux, le cas échéant, à collecter et à traiter les données et informations d'une manière propre à en faciliter l'utilisation par les autres États de l'aquifère auxquels elles sont communiquées.

Article 9

Accords et arrangements bilatéraux et régionaux

Aux fins de la gestion d'un aquifère ou d'un système aquifère transfrontière particulier, les États de l'aquifère sont encouragés à conclure entre eux des accords ou arrangements bilatéraux ou régionaux. De tels accords ou arrangements peuvent être conclus pour tout ou partie d'un aquifère ou d'un système aquifère, ou pour un projet ou un programme particulier ou une utilisation particulière, sauf dans la mesure où ils portent atteinte, de façon significative, à l'utilisation de l'eau de l'aquifère ou du système aquifère par un ou plusieurs autres États de l'aquifère, sans le consentement exprès de ces États.

Troisième partie

Protection, préservation et gestion

Article 10

Protection et préservation des écosystèmes

Les États de l'aquifère prennent toutes les mesures appropriées pour protéger et préserver les écosystèmes qui sont situés à l'intérieur, ou sont tributaires, de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières, notamment des mesures pour veiller à ce que la qualité et la quantité de l'eau qui est contenue dans un aquifère ou un système aquifère, ainsi que de l'eau qui s'écoule par ses zones de déversement, soient suffisantes pour protéger et préserver ces écosystèmes.

Article 11

Zones de réalimentation et de déversement

1. Les États de l'aquifère identifient les zones de réalimentation et de déversement des aquifères ou systèmes aquifères transfrontières situés sur leur territoire. Ils prennent des mesures appropriées pour prévenir et réduire à un minimum les conséquences préjudiciables que peuvent subir les processus de réalimentation et de déversement.

2. Tous les États sur le territoire desquels est située tout ou partie d'une zone de réalimentation ou de déversement d'un aquifère ou système aquifère, et qui ne sont pas des États de l'aquifère à l'égard de cet aquifère ou de ce système aquifère, coopèrent avec les États de l'aquifère pour protéger ledit aquifère ou système aquifère et les écosystèmes qui en relèvent.

Article 12
Prévention, réduction et maîtrise de la pollution

Les États de l'aquifère, individuellement et, s'il y a lieu, conjointement, préviennent, réduisent et maîtrisent la pollution de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières, y compris dans le cadre du processus de réalimentation, lorsqu'une telle pollution est susceptible de causer des dommages significatifs à d'autres États de l'aquifère. Les États de l'aquifère adoptent une approche de précaution en cas d'incertitude quant à la nature et à l'étendue d'un aquifère ou d'un système aquifère transfrontière, et quant à sa vulnérabilité à la pollution.

Article 13
Surveillance

1. Les États de l'aquifère assurent la surveillance de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières. Ils s'acquittent, autant que possible, de cette surveillance conjointement avec les autres États de l'aquifère concernés et, s'il y a lieu, en collaboration avec les organisations internationales compétentes. Toutefois, lorsque les activités de surveillance ne peuvent pas être menées conjointement, les États de l'aquifère échangent entre eux les données recueillies.

2. Les États de l'aquifère utilisent des critères et une méthodologie convenus ou harmonisés pour assurer la surveillance de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières. Ils devraient déterminer les paramètres de base qu'ils surveilleront en se fondant sur un modèle conceptuel convenu des aquifères ou systèmes aquifères. Ces paramètres devraient comprendre les paramètres relatifs à l'état de l'aquifère ou du système aquifère visés au paragraphe 1 de l'article 8 de même que des paramètres relatifs à l'utilisation des aquifères ou systèmes aquifères.

Article 14
Gestion

Les États de l'aquifère établissent et mettent en œuvre des plans visant à assurer la gestion appropriée de leurs aquifères ou systèmes aquifères transfrontières. Ils tiennent, à la demande de l'un quelconque d'entre eux, des consultations concernant la gestion d'un aquifère ou d'un système aquifère transfrontière. S'il y a lieu, un mécanisme de gestion mixte est mis en place.

Article 15
Activités projetées

1. Lorsqu'un État est raisonnablement fondé à penser qu'une activité particulière projetée sur son territoire risque de porter atteinte à un aquifère ou à un système aquifère transfrontière et, partant, d'avoir des effets négatifs significatifs sur un autre État, il détermine, dans la mesure du possible, les effets éventuels de cette activité.

2. Avant que des activités projetées susceptibles de porter atteinte à un aquifère ou à un système aquifère transfrontière et, partant, d'avoir des effets négatifs significatifs sur un autre État ne soient mises à exécution ou autorisées, cet État doit en recevoir notification en temps utile. Une telle notification doit être accompagnée des données techniques et informations disponibles, y compris, le cas échéant, des résultats de toute étude d'impact sur l'environnement, afin que l'État auquel elle est adressée ait la possibilité d'évaluer les effets éventuels des activités projetées.

3. Si l'État auteur de la notification et l'État auquel elle est adressée sont en désaccord quant aux effets éventuels des activités projetées, ils engagent des consultations et, si nécessaire, des négociations en vue de parvenir à une solution équitable. Ils peuvent faire appel à un organe d'enquête indépendant pour déterminer de manière impartiale les effets desdites activités.

Quatrième partie **Dispositions diverses**

Article 16

Coopération technique avec des États en développement

Les États, agissant directement ou par l'intermédiaire des organisations internationales compétentes, promeuvent la coopération dans les domaines de la science, de l'éducation, de la technique, du droit et autres avec des États en développement en vue de la protection et de la gestion des aquifères ou systèmes aquifères transfrontières. Cette coopération comprend, entre autres, les éléments suivants :

- a) Renforcer les capacités des États en développement dans les domaines scientifique, technique et juridique ;
- b) Faciliter leur participation aux programmes internationaux pertinents ;
- c) Leur fournir le matériel et les installations nécessaires ;
- d) Accroître leur capacité de fabriquer ce matériel ;
- e) Fournir des services consultatifs et mettre en place des installations permettant de mener des programmes de recherche, de surveillance, d'éducation et autres ;
- f) Fournir des services consultatifs et mettre en place des installations pour réduire à un minimum les effets préjudiciables des principales activités touchant leur aquifère ou système aquifère transfrontière ;
- g) Fournir des services consultatifs pour élaborer des études d'impact sur l'environnement ;
- h) Favoriser l'échange de connaissances techniques et pratiques entre États en développement afin de renforcer la coopération entre ces États en matière de gestion de l'aquifère ou du système aquifère transfrontière.

Article 17

Situations d'urgence

1. Aux fins du présent article, on entend par « situation d'urgence » une situation qui est soudainement provoquée par des causes naturelles ou par des activités humaines, qui touche un aquifère ou un système aquifère transfrontière et qui présente un risque imminent de dommage grave aux États de l'aquifère ou à d'autres États.
2. L'État sur le territoire duquel survient une situation d'urgence :
 - a) En informe sans retard et par les moyens les plus expéditifs disponibles les autres États qui risquent d'être atteints ainsi que les organisations internationales compétentes ;
 - b) En coopération avec les États qui risquent d'être atteints et, s'il y a lieu, avec les organisations internationales compétentes, prend immédiatement toutes les

mesures possibles que dictent les circonstances pour prévenir, atténuer et éliminer toute conséquence dommageable de la situation d'urgence.

3. Lorsqu'une situation d'urgence présente une menace pour des besoins humains vitaux, les États de l'aquifère peuvent prendre les mesures strictement nécessaires pour répondre à ces besoins, même en dérogeant aux dispositions des articles 4 et 6.

4. Les États fournissent une coopération scientifique, technique, logistique et autre aux États dans lesquels survient une situation d'urgence. Cette coopération peut comprendre la coordination des opérations et communications internationales d'urgence et la mise à disposition de personnel d'urgence, de matériel et de fournitures d'urgence, de compétences scientifiques et techniques et d'une aide humanitaire.

Article 18

Protection en période de conflit armé

Les aquifères ou systèmes aquifères transfrontières et les infrastructures, installations, et autres ouvrages connexes bénéficient de la protection accordée par les principes et règles du droit international applicables aux conflits armés internationaux et non internationaux et ne doivent pas être utilisés en violation de ces principes et règles.

Article 19

Données et informations vitales pour la défense ou la sécurité nationales

Aucune disposition des présents articles n'oblige un État à fournir des données ou informations vitales pour sa défense ou sa sécurité nationales. Néanmoins, cet État coopère de bonne foi avec les autres États en vue de fournir autant d'informations que les circonstances le permettent.

Liste des sigles et abréviations

ABN	Autorité du Bassin du Niger
ABV	Autorité du Bassin de la Volta
AFD	Agence Française de Développement
AIH	Association internationale des hydrogéologues
BGR	<i>Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe</i> (Institut fédéral de géosciences et de ressources naturelles)
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CBLT	Commission du Bassin du Lac Tchad
CEDEAO	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CEEAC	Communauté économique des États de l'Afrique centrale
CEMAC	Communauté économique et monétaire d'Afrique centrale
CFC	Chloro-fluoro-carbones
CICOS	Commission internationale du Bassin Congo-Oubangui-Sangha
CIE	Commission Internationale de l'Escaut
CIPE	Commission internationale pour la protection de l'Escaut
DATAR	Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale
EUROMOT	Réseau européen d'autorités locales transfrontalières
GEF	<i>Global Environment Facility</i>
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
GWP TAC	<i>Global Water Partnership Technical Ad Committee</i>
IHP	<i>International Hydrological Programme</i> (UNESCO)
ISARM	<i>Internationally Shared Aquifer Resources Management</i>
MAEE	Ministère français des Affaires étrangères et européennes

MOT	Mission opérationnelle transfrontalière
OEA	Organisation des États américains
OIEau	Office international de l'eau
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMVG	Organisation pour la mise en valeur du fleuve Gambie
OMVS	Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal
ONEMA	Office national de l'eau et des milieux aquatiques
ORASECOM	<i>Orange-Senqu River Basin Commission</i>
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PIB	Produit intérieur brut
RICFME	Réseau international des centres de formation aux métiers de l'eau
RIOB	Réseau international des organismes de bassin
RIOBT	Réseau international des organismes de bassin transfrontaliers
SADC	Communauté de développement des États d'Afrique australe
SADC	<i>Southern Africa Development Community</i>
SASS	Système aquifère du Sahara septentrional
SIG	Système d'information géographique
SMEAG	Syndicat mixte d'étude et d'aménagement de la Garonne
TCI	Taxe communautaire d'intégration
UNECE	Commission économique des Nations unies pour l'Europe
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
WHYCOS	<i>World Hydrological Cycle Observing System</i>
WHYMAP	<i>World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme</i>

Glossaire ^[15]

Abaissement des niveaux : mouvement de descente, naturelle ou déterminée par l'exploitation, des niveaux piézométriques d'une nappe souterraine. Hauteur de baisse pendant une période définie aux points d'observation.

Aire (ou zone) d'alimentation (d'une nappe souterraine) : domaine dans lequel ont lieu les apports d'eau, continus ou temporaires, qui alimentent une nappe souterraine, un aquifère défini, notamment un aquifère en partie captif, non alimenté sur toute son étendue.

Analyse isotopique : détermination des compositions isotopiques de constituants atomiques de molécules de l'eau ou de solutés qu'elle contient, notamment d'isotopes stables ou instables, tels que le Deuterium D, le Tritium 3H, l'Oxygène 18, le Carbone 13 ou le Carbone 14.

Analyse physico-chimique : identification de la composition ionique quantitative des solutés présents dans l'eau d'un échantillon ou d'autres caractéristiques physiques, telles que la conductivité.

Aquifère : corps (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée (ensemble du milieu solide et de l'eau contenue) suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciables. Un aquifère peut comporter une zone non saturée.

Aquifère captif et nappe captive : aquifère surmonté d'horizons géologiques peu perméables dont la nappe souterraine qu'il contient est sans surface libre; elle est soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Cette nappe est dite « captive » et sa surface piézométrique est supérieure au toit de l'aquifère.

Aquifère à nappe libre ou à nappe libre : aquifère généralement superficiel dont la surface piézométrique forme la limite supérieure et dont la nappe est dite « à surface libre », qui fluctue librement et dont la pression est équivalente à la pression atmosphérique.

[15] Sources : Margat (2008) et Le Petit dictionnaire Larousse illustré (2004).

Artésianisme : phénomène de jaillissement naturel d'eau souterraine sous pression.

Bassin hydrographique (ou bassin versant) : territoire délimité, drainé par un cours d'eau et ses tributaires, dont il constitue l'aire d'alimentation. Tout bassin versant se définit géométriquement, par rapport à un lieu donné d'un cours d'eau (embouchure ou un point quelconque), par un contour (ligne de partage des eaux) et par une superficie.

Captage : toute action et tout ouvrage de prise, d'extraction d'eau souterraine à des fins d'utilisation, par gravité (captage d'une source, captage par galerie) ou par puisage (captage par puits).

Chott : dépression fermée, en zone aride d'Afrique du Nord, d'origine tectonique ou parfois éolienne, dont le fond est occupé par un marécage asséché à sol salé (Sebkha), champ d'évaporation d'eau de ruissellement épisodique ou d'eau souterraine d'origine profonde.

Décompression : diminution de charge d'une nappe captive.

Dépression topographique : aire d'altitude inférieure à celle de son environnement, formant parfois une cuvette fermée (concept de géographie physique).

Déstockage : diminution de réserve d'un aquifère due aux prélèvements durant une période définie. Volume d'eau correspondant.

Eau fossile : eau souterraine présente dans un aquifère depuis une longue durée, chiffrée en siècles ou millénaires, du fait d'une vitesse de déplacement très lente et/ou d'une longue distance depuis l'aire d'alimentation.

Ecosystème ripisylve : écosystème composé de flore et de faune implanté en bordure d'une étendue d'eau.

Endoréique : cours d'eau n'atteignant pas la mer, qui se déverse dans des dépressions fermées.

Exutoire : lieu où un flux d'eau permanent ou temporaire sort d'un aquifère, à niveau généralement imposé et à débit variable : source, ligne d'émergence ou de drainage par un cours d'eau.

Foggara : galerie de captage d'eau souterraine par gravité, généralement à usage d'irrigation, en Algérie et en Tunisie, dénommée aussi Qanat en Iran (pays d'origine), Karez en Chine et en Asie centrale, ou Rhettara au Maroc.

Fond géochimique : concentrations des différentes substances chimiques présentes en solutions dérivées de processus naturels d'origine géologique, biologique ou atmosphérique. Concept relié à celui d'état naturel qualitatif de l'eau superficielle ou souterraine.

Horizon aquifère (ou couche aquifère) : aquifère constitué par une couche de roche sédimentaire individualisée, notamment dans un système aquifère multicouche.

Hydraulique : qui a trait au mouvement de l'eau, qui utilise son énergie statique ou dynamique.

Hydrogéologique : relatif à l'hydrogéologie, qui a trait aux connaissances et aux recherches sur les eaux souterraines.

Hydrographique : relatif à l'hydrographie, à la géographie physique des eaux continentales, plus particulièrement des eaux de surface. Cf. «réseau hydrographique».

Hydrosolidarité : rapport existant entre deux ou plusieurs personnes, collectivités ou États qui, ayant un lien d'interdépendance vis-à-vis de ressources en eau partagées, superficielles et/ou souterraines, ont un intérêt réciproque à coopérer et sont ainsi amenés à collaborer afin d'atteindre des objectifs communs.

Karstique : résultant de l'action, en grande partie souterraine, d'eaux qui dissolvent les matériaux calcaires, créant des chenaux, grottes, etc.

Maladie hydrique : maladie imputable à des agents pathogènes ou parasites dont l'eau est le milieu générateur ou le vecteur, telles que le paludisme, la bilharziose, l'onchocercose ou encore le choléra.

Nappe captive : nappe souterraine ou partie d'une nappe, sans surface libre, donc soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique et dont la surface piézométrique est supérieure au toit de l'aquifère – à couverture moins perméable – qui la contient.

Nappe littorale : nappe souterraine située dans un aquifère en domaine littoral, généralement limitée par une interface entre eau douce et eau salée.

Nappe phréatique : nappe souterraine à surface généralement libre et à faible profondeur (ordre métrique à décamétrique), accessible et exploitable par les puits ordinaires.

Nappe souterraine : ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique.

Niveau d'étiage : niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau.

Niveau piézométrique : niveau supérieur de la colonne liquide statique qui équilibre la pression hydrostatique au point auquel elle se rapporte. Il est matérialisé par le niveau libre de l'eau dans un tube vertical ouvert au point considéré (piézomètre). Son élévation est définie soit par son altitude par rapport au nivellement général, soit par sa hauteur rapportée au toit de l'aquifère dans le cas d'une nappe captive.

Ordovicien : système du paléozoïque, entre le cambrien et le silurien (environ – 450 millions d'années).

Paléozoïque : ère géologique s'étendant de -540 à -245 millions d'années, allant du cambrien au permien.

Piézomètre : dispositif servant à mesurer la hauteur du niveau piézométrique en un point donné d'un aquifère, qui indique la pression en ce point, en permettant l'observation ou l'enregistrement d'un niveau d'eau libre ou d'une pression. Sondage, tube constituant l'essentiel de ce dispositif.

Pollution : sens actif (action de polluer) : introduire des agents physiques, chimiques ou biologiques dans un milieu aquatique naturel qui provoquent des modifications de ce milieu en en réduisant les possibilités d'usages par l'homme et/ou en perturbant les écosystèmes aquatiques. Sens passif (état pollué) : présence dans l'eau de produits et d'effets issus des activités humaines, qui la rendent impropre à son utilisation par l'homme et/ou perturbent les écosystèmes aquatiques.

Propagation d'influence : déplacement d'une variation de charge hydraulique (donc de niveau piézométrique) d'origine naturelle ou artificielle, à partir du lieu de son impulsion, en régime transitoire.

Propriétés hydrodynamiques : caractéristiques physiques d'un milieu aquifère qui régissent son aptitude à contenir et conduire l'eau et à transmettre les changements de pression, définies par les paramètres structuraux : porosité, coefficient d'emma-gasinement, perméabilité.

Qualité de l'eau : aptitude de l'eau, déterminée par ses caractéristiques physiques, chimiques, biotiques ou organoleptiques, à servir à un usage défini ou à permettre le fonctionnement d'un milieu aquatique donné.

Rabatement de nappe : action de rabattre, d'abaisser, en permanence ou temporairement, la surface piézométrique d'une nappe dans une aire délimitée, pour rendre possible ou faciliter divers travaux dans le sous-sol (fondations, excavations) en le dénoyant localement.

Remarque : lorsque l'abaissement des niveaux piézométriques dans une aire définie est le résultat de l'exploitation de la nappe souterraine et non un objectif, il est dénommé plutôt « dépression ».

Rabatement piézométrique maximal : en un point donné d'un aquifère, abaissement maximal du niveau piézométrique techniquement possible sous l'effet d'un prélèvement.

Réorientation des écoulements : changement de direction des lignes de courant d'une nappe souterraine dû aux transformations de la surface piézométrique sous l'effet des exploitations ou d'une recharge artificielle.

Réseau piézométrique : ensemble de piézomètres d'observation périodique des niveaux piézométriques d'un système aquifère ou des différents systèmes aquifères d'un territoire.

Résilience : pour des cours d'eau ou des nappes d'eau souterraine, capacité de rétablissement spontané, plus ou moins rapide, des quantités et/ou des qualités, après une perturbation temporaire, notamment une pollution accidentelle.

Ressources en eau souterraine : eaux souterraines accessibles, exploitables techniquement et économiquement, et de qualités utilisables, sans impact inacceptable sur les eaux de surface ou sur les écosystèmes associés.

Ressource (en eau souterraine) renouvelable/non renouvelable : la ressource en eau est renouvelable lorsqu'elle est offerte par le captage d'un flux, ou non renouvelable lorsqu'elle est offerte par la possibilité d'extraction d'un stock (réserve d'un aquifère) nécessairement non durable.

Sondage mécanique : forage, généralement de petit diamètre, réalisé pour recueillir des informations ou des échantillons sur le sous-sol, notamment pour placer un piézomètre.

Surexploitation : au sens strict : exploitation d'une nappe souterraine en rupture d'équilibre, lorsque les prélèvements sont supérieurs à la diminution de décharge qu'ils induisent, donc sont en partie couverts par une diminution de la réserve. Au sens large : toute exploitation d'eau souterraine ayant des effets préjudiciables aux usagers, à des tiers ou à l'environnement.

Système aquifère : aquifère ou ensemble d'aquifères et de corps semi-perméables (« aquitards ») d'un seul tenant, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique continue et qui est circonscrit par des limites faisant obstacle à toute propagation d'influence appréciable vers l'extérieur, pour une constante de temps donnée. Un système aquifère est à la fois le champ d'écoulement des eaux souterraines (et de transport par celles-ci), suivant la répartition des potentiels (charges hydrauliques), et le champ de propagations d'influences de toutes origines, naturelles et artificielles.

Traçage : procédure expérimentale visant à rendre apparent et observable le déplacement réel de l'eau souterraine dans un aquifère suivant une – ou des – trajectoires définies entre un point d'origine et un ou plusieurs points de détection, au moyen de traceurs artificiels marquant l'eau.

Transfert de masse : déplacement, translation d'un volume d'eau, superficielle ou souterraine, défini, sous l'effet de l'écoulement, dans un cours d'eau ou un aquifère, pendant une durée donnée.

Transfert de pression : déplacement d'un changement de pression dans un fluide, en particulier dans une masse d'eau, notamment dans un aquifère captif.

Zone interfluve : relief qui sépare des vallées.

Bibliographie

Avertissement : les références suivantes ne sauraient représenter une liste exhaustive des publications sur les aquifères transfrontaliers.

Ouvrages et guides de référence

Ouvrages généralistes (concepts, inventaires, gestion)

AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE-CORSE (2010)

Site Web : <http://www.eaurmc.fr/pedageau/les-milieux-aquatiques/les-zones-humides/le-fonctionnement-dune-zone-humide.html>

ALMAQQY A. et Z. BUZAS (1999), *Inventory of Transboundary Groundwaters*, UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment, Lelystad
http://iwacportal.org/File//downloads/inventory_transboundary_groundwaters.pdf

AURELI A. et J. GANOULIS (2005), "The UNESCO project on internationally shared aquifer resources management (UNESCO/ISARM): overview and recent developments" in STOURNARAS G. et al. (eds) Proc. 7th Hellenic Hydrogeological Conference, Vol II, pp.35-46, Hellenic Chapter of IAH, Athènes.

BANQUE MONDIALE (2007), "Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa", *MENA Development Report*, Banque mondiale, Washington DC.

DARNAULT C. (ed.) (2008), *Overexploitation and Contamination of Shared Groundwater Resources*, Springer, Dordrecht.

FOSTER S. et D.P. LOUCKS (eds.) (2006), "Non-renewable groundwater resources: A guidebook on socially-sustainable management for water policy makers", IHP Groundwater Series No.10.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146997E.pdf>.^[16]

GWP et RIOB (2009), *Manuel de gestion intégrée des ressources en eau par bassin*, Elanders, Mölnlycke.

[16] Outre des chapitres scientifiques sur les eaux souterraines non renouvelables, cet ouvrage comprend quelques cas d'études, notamment sur le NSAS et le SASS.

GWP TAC (2000), « La Gestion Intégrée des Ressources en Eau. Partenariat mondial de l'eau », *Background Paper No. 4*, Stockholm.

IGRAC (2009), *Transboundary aquifers of the world, update 2009*, Édition spéciale pour le 5^e Forum mondial de l'eau, Istanbul 2009 ([/www.isarm.net/publications/313#](http://www.isarm.net/publications/313#))

MARGAT J. (2008), *Les eaux souterraines dans le monde*, BRGM éditions, Orléans.

PENNEQUIN D. (2000), « Transfert des contaminants dans le sous-sol saturé; principaux mécanismes en jeu et modélisation mathématique ou numérique adaptée ». *Houille Blanche*, 2000(6), 67-73.

PENNEQUIN D. (2002), « Fonctionnement des hydrosystèmes », *Annales des Entretiens de l'Environnement*, APESA, Pau.

PENNEQUIN D. et S. FOSTER (2008), "Groundwater quality monitoring: the overriding importance of hydrogeologic typology (and need for 4D Thinking)", Chapter 5.1, *The Water Framework Directive: ecological and chemical status monitoring*, John Wiley and Sons Ed., Hoboken.

PENNEQUIN D. (2010), "Management of transboundary aquifer systems: a world-wide challenge, a need for increased concertation and political support", proceedings of the 3rd International Conference on Managing Shared Aquifer Resources in Africa, UNESCO/IHP, Tripoli, Lybie, 25-27 mai 2008.

PENNEQUIN D. et H. MACHARD DE GRAMONT (parution prévue en 2011) : "Implementation of the Water Framework Directive concepts at the frontiers of Europe for trans-boundary water resources management : illusion or reality ?", IV International Symposium on Transboundary Waters Management, Thessaloniki, Greece, 15th-18th October 2008.

PURI S., B. APPELGREN, G. ARNOLD, A. AURELI, S. BURCHI, J. BURKE, J. MARGAT et P. PALLAS (2001), *Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management, Their Significance and Sustainable Management. A framework Document*, IHP-VI, Paris. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001243/124386e.pdf>

PURI S. et A. AURELI (ed.) (2009), *Atlas of Transboundary aquifers, Global maps, regional cooperation and local inventories*, UNESCO-IHP, Paris. <http://www.isarm.net/publications/323>

STEPHAN R.M (2010), « La coopération transfrontalière sur les eaux souterraines : un processus en évolution », *Dynamiques Internationales* n° 2.

<http://www.dynamiques-internationales.com/publications/numero-2-janvier-2010/>

UNECE (2000), *Guidelines on monitoring and Assessment of Transboundary Ground- waters*, Task Force on Monitoring and Assessment, Lelystad.

<http://www.unece.org/env/water/publications/documents/guidelinesgroundwater.pdf>

UNECE (2007), *Our Waters: Joining Hands across Borders, First Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters*, New York et Genève.

<http://unece.org/env/water/publications/pub76.htm>.^[17]

Ouvrages juridiques

BURCHI S. et K. MECHLEM (2005), *Groundwater in International Law*, UNESCO, FAO, Rome. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5739e/y5739e00.pdf>

DA FRANCA N., R.M. STEPHAN, M.C. DONOSO M.C, A. GONZALEZ, L. DEL CASTILLO_LABORDE, M. MILETO, A. AURELI ET L. UGAS (2008), *Marco legal e institucional en la gestion de los sistemas acuíferos transfronterizos en las Americas*, Programa UNESCO/OEA ISARM Americas No. 2, Montevideo, Washington D.C.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001589/158963s.pdf> ^[18]

STEPHAN R. M. (2006), "Evolution of International Norms and Values for Transboundary Groundwater Governance" in TURTON, A.R., D. ROUX, D., M. CLAASSEN, et J. HATTINGH (Eds.) (2006), *Governance as a Trialogue: Government-Society-Science in Transition*, Springer-Verlag, Berlin.

STEPHAN R. M. (2008), *The new legal framework for groundwater under the EU Water Framework Directive and Daughter Directive*, ICAFI University Press, Hyderabad.

STEPHAN R. M. (2009), "Groundwater monitoring in international conventions and agreements" in QUEVAUVILLER P., A-M. FOUILLAC, J. GRATH J. et R. WARD (ed) (2009), *Groundwater quality assessment and monitoring*, Wiley & sons Ed, Hoboken.

[17] Cette publication inclut l'inventaire de 51 aquifères transfrontaliers en Europe du Sud Est (en collaboration avec la chaire de l'UNESCO INWEB et l'université Aristote de Thessalonique) et 18 dans la région du Caucase et de l'Asie centrale.

[18] Une traduction anglaise est disponible. Cette publication constitue un inventaire complet de la situation juridique et institutionnelle de 22 pays du continent américain en ce qui concerne les aquifères transfrontaliers, aussi bien au niveau transfrontalier qu'au niveau national.

Études de cas

APPELGREN, B. (ed) (2004), "Managing Shared Aquifer Resources in Africa", *Series on Groundwater* No. 8, IHP-VI, UNESCO, Paris. Actes de la seconde Conférence sur les aquifères transfrontaliers en Afrique, Tripoli, juin 2002.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001385/138581m.pdf>

BOUZIT M. et E. ANSIK (2008), "Socio-economic analysis integrating soil-water system modelling for the Kempen region – heavy metal pollution in groundwater", Aquaterra, BRGM

BRGM (1977), Projet de Développement de Al Hassa – Etude des ressources en eau et programme de gestion – ministère de l'Eau et de l'Agriculture d'Arabie Saoudite.

BRGM (2006), Carte hydrogéologique du Sultanat d'Oman. Étude réalisée en partenariat avec la société ECO.

BRGM (2007), Gestion du bassin transfrontalier du Lac Peipsi – Modèle hydrogéologique du bassin de la Narva et du lac Peipsi (projet financé par le Fonds français pour l'environnement mondial, l'Union européenne et le BRGM).

DA FRANCAN, M. MILETTO M, M.C. DONOSO, A. AURELI, S. PURI, O. TIJCHNEIDER ET A. RIVERA (2007), *Sistemas Acuiferos transfronterizos en las Américas: Evaluacion preliminar*, Programa UNESCO/OEA ISARM Americas No. 1, Montevideo, Washington D.C.
<http://www.oas.org/dsd/Water/Documentos/Sistemas%20Acu%3%ADferos%20Transfronterizos%20en%20las%20Am%3%A9ricas.pdf> ^[19]

ÉTAT DE GENÈVE (2009), Service de géologie, sols et déchets – carte des puits de l'aquifère du Genevois. Carte fournie par M. Gabriel de Los Cobos.

FERRAGINA E. et F. GRECO (2008), "The Disi project an internal/external analysis", *Water International*, décembre, 451-463, Routledge, Abingdon.

GIWA (2006), Global International Waters Assessment – Mekong River _GIWA Regional Assessment 55. http://www.unep.org/dewa/giwa/areas/reports/r55/giwa_regional_assessment_55.pdf

OSS (2004), Gestion concertée d'une ressource partagée – Cas du Système aquifère du Sahara septentrional – Gestion de la rareté de l'eau dans la région du Moyen Orient et Afrique du Nord – Présentation de l'OSS au FIDA, Rome (février).

[19] Cette publication représente un premier atlas des aquifères transfrontaliers sur le continent américain.

OSS (2007), *Système aquifère des lullemeden (Mali-Niger, Nigeria) Gestion concertée des ressources en eau d'un aquifère transfrontalier sahélien*, Collection Synthèse.
http://www.oss-online.org/pdf/synth-sai_Fr.pdf

OSS (2008), *Système aquifère du Sahara septentrional – Gestion concertée d'un aquifère transfrontalier*, Collection Synthèse n° 1, OSS, Tunis.
http://www.oss-online.org/pdf/synth-sass_Fr.pdf

PENNEQUIN D. et H. MACHARD DE GRAMONT (2006), *Application of the WFD concept at the frontiers of Europe for transboundary resources management; illusion or reality?*, International symposium – Aquifers Systems Management – 30 mai-1^{er} juin 2006, Dijon.

SCALDIT (2004) – Projet INTERREG – Analyse transnationale de l'état des lieux du District hydrographique international de l'Escaut.
 Site Web : <http://www.isc-cie.com/members/docs/documents/19400.pdf>

SCHEUMANN W. et E. HERRFAHRDT-PÄHLE (ed.) (2008), *Conceptualizing cooperation on Africa's transboundary groundwater resources*, German Development Institute, Bonn. [http://www.die-gdi.de/CMS-Homepage/openwebcms3.nsf/\(ynDK_contentByKey\)/ANES-7FJFVT/\\$FILE/Studie%2032.pdf](http://www.die-gdi.de/CMS-Homepage/openwebcms3.nsf/(ynDK_contentByKey)/ANES-7FJFVT/$FILE/Studie%2032.pdf)

TECHNOLOGIES DE L'EAU (2009), article de ABU EL-NAEEM M.F, Z. ABU HEEN et K. TUBAIL, "Factors behind groundwater Pollution by Nitrate in North Governorates of Gaza Strip (1994-2004)" – 13^e Conférence internationale sur les technologies de l'eau – Hurgada, Egypte.

UNESCO/OSS, ISARM-AFRICA (2006), « Ressources en eau et gestion des aquifères transfrontaliers de l'Afrique du Nord et du Sahel », *IHP Series on Groundwater* No. 11.^[20]

ZAICHENG H., W. HAO et C. RUI (2006), *Transboundary Aquifers in Asia with special emphasis to China*, UNESCO, Beijing.
http://www.isarm.net/dynamics/modules/SFIL0100/view.php?fil_Id=221

[20] Ce CD comprend une étude monographique de plusieurs aquifères transfrontaliers en Afrique du Nord et au Sahel, tels que le SASS, le système du Grès Nubien, le système aquifère lullemeden, le système aquifère du Bassin de Taoudéni-Tanezrouft et le système aquifère sénégal-mauritanien.

Textes réglementaires

- Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation, adoptée par l'Assemblée générale des Nations unies (1997).
- Convention sur la Protection et l'Utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (1992) de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (UNECE).
- Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- Protocole sur les cours d'eaux partagés du SADC (2000).
- Résolution sur le droit des aquifères transfrontaliers adoptée par l'Assemblée générale des Nations unies le 11 décembre 2008 (A/Res/63/124).

Sites Internet

- Agence Française de Développement : www.afd.fr
- Académie de l'eau : www.academie-eau.org
- Bureau de recherches géologiques et minières : www.brgm.fr
- Office international de l'eau : www.oieau.org
- Projet ISARM : www.isarm.net
- Réseau international des centres de formation aux métiers de l'eau : www.ricfme.org
- Réseau international des organismes de bassin : www.riob.org
- UNESCO-PHI : www.unesco.org/water

Liste des auteurs

Hubert MACHARD DE GRAMONT est hydrogéologue. Suite à sa formation universitaire (Université Paris VI), il est très tôt intervenu sur des projets d'études de ressources en eaux à l'étranger, particulièrement au Moyen Orient et dans plusieurs pays d'Afrique. D'abord consultant indépendant, il a rejoint en 1977 un bureau d'études du Groupe Lyonnaise des eaux (Arlab) puis a participé, à partir de 1989, au dispositif de la Coopération française auprès de diverses directions de l'hydraulique de pays d'Afrique. Il occupe depuis 1998 la fonction de chef de projet au sein du BRGM.

Contact : h.machard@brgm.fr

Coralie NOEL est ingénieur agronome de l'Institut national agronomique Paris-Grignon, ingénieur des Ponts, des Eaux et Forêts et titulaire d'un DEA de droit de l'environnement et de l'urbanisme. Elle se consacre depuis 10 ans aux enjeux de l'eau, de l'environnement, de la santé et de la gestion des risques. Elle a exercé dans différents ministères ainsi qu'en administration régionale et en cabinets ministériels. Après avoir occupé le poste de directrice générale adjointe de l'Office international de l'eau, elle vient de rejoindre le ministère de l'Outre-mer comme chef du service Ecologie, logement, développement et aménagement durables.

Contact : coralie.noel@hotmail.fr

Jean-Louis OLIVER est ancien élève de l'École polytechnique et de l'École nationale des Ponts et Chaussées. Il a occupé diverses fonctions de responsabilité dans l'aménagement du territoire, régional ou urbain, et dans la gestion des ressources et des usages de l'eau, tant dans le secteur public, en France et à l'international – y compris à la Banque mondiale – que dans le secteur privé. Il est actuellement secrétaire général de l'Académie de l'eau et membre de nombreuses associations dans ce domaine.

Contact : academie@academie-eau.org

Didier PENNEQUIN a fait ses études supérieures aux États-Unis et en France ; il est diplômé de l'Université du Wisconsin/Madison (États-Unis) et de l'École supérieure d'électricité (France). Après avoir débuté sa carrière comme chercheur dans un centre de recherche aux États-Unis, il a travaillé 17 ans dans le secteur privé en France, notamment dans les groupes Johnson Screens, SYBEL et Suez-Lyonnaise des eaux.

Il dirige depuis 2001 le service Eau du BRGM et est membre de plusieurs associations professionnelles ; il est actuellement le vice-président Europe de l'Association internationale des hydrogéologues (AIH).

Contact : d.pennequin@brgm.fr

Martina RAMA, de nationalité italienne, a étudié à Boulogne. Elle est diplômée de l'Institut d'études politiques de Paris, option environnement, développement durable et risques. Elle a débuté sa carrière à l'UNESCO avant d'occuper le poste de chargée de mission au sein de l'équipe permanente de l'Académie de l'eau.

Contact : martinarama@hotmail.com

Raya Marina STEPHAN est juriste et dispose d'une expérience professionnelle étendue en droit de l'eau, et plus spécifiquement en ce qui concerne les aquifères transfrontaliers. Consultante auprès du Programme hydrologique international de l'UNESCO, elle coordonne la composante juridique du projet ISARM (*International Shared Aquifer Management Resources*). Elle a participé notamment au groupe de travail qui a assisté la Commission du droit international lors de l'élaboration du projet d'articles sur le droit des aquifères transfrontaliers. Elle intervient dans différents projets relatifs aux eaux souterraines, transfrontalières ou non, pour la coordination et l'encadrement des activités juridiques.

Contact : R.stephan@unesco.org

Qu'est-ce que l'AFD ?

Établissement public, l'Agence Française de Développement (AFD) agit depuis près de soixante-dix ans pour combattre la pauvreté et favoriser le développement dans les pays du Sud et dans l'Outre-mer. Elle met en œuvre la politique définie par le Gouvernement français.

Présente sur le terrain dans plus de 50 pays et dans 9 collectivités d'Outre-mer, l'AFD finance et accompagne des projets qui améliorent les conditions de vie des populations, soutiennent la croissance économique et protègent la planète : scolarisation, santé maternelle, appui aux agriculteurs et aux petites entreprises, adduction d'eau, préservation de la forêt tropicale, lutte contre le réchauffement climatique

En 2009, l'AFD a consacré plus de 6,2 milliards d'euros au financement d'actions dans les pays en développement et émergents et en faveur de l'Outre-mer. Ils ont notamment contribué à la vaccination de 1,8 million d'enfants, l'amélioration de l'approvisionnement en eau potable pour 7,3 millions de personnes et le soutien à 900 000 emplois dans le secteur productif. Les projets d'efficacité énergétique sur la même année permettront d'économiser près de 5 millions de tonnes de CO₂ par an.

www.afd.fr

Vers une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers

Les systèmes aquifères, qui représentent souvent une partie très importante des ressources en eau mobilisables d'un pays, sont inégalement connus.

Or, beaucoup plus souvent que les fleuves transfrontaliers, ils sont partagés entre plusieurs pays qui les utilisent généralement de façon indépendante, et souvent intensive, en partie pour l'alimentation en eau potable et pour les usages industriels, mais surtout pour l'agriculture irriguée. Les utilisations souvent mal contrôlées de ces ressources entraînent dans de nombreux cas des phénomènes de surexploitation et de pollution, qui génèrent à leur tour des tensions locales, avec des risques de crises et de conflits entre pays.

C'est pourquoi il est aujourd'hui nécessaire d'améliorer la connaissance de ces systèmes aquifères et de promouvoir une gestion concertée, équitable et durable de ces ressources.

C'est l'objet du présent guide méthodologique qui présente la panoplie des divers types d'instruments utilisables et propose une démarche progressive, multiforme et pragmatique qui doit permettre d'atteindre ces objectifs dans l'intérêt commun de toutes les parties impliquées.

Ouvrage collectif

CONTACT

Karine FROUIN

Division Eau et assainissement, AFD

frouink@afd.fr

eau_assainissement@afd.fr

