

Les ressources en eau souterraines représentent une source importante d'eau dans le monde, en général, et dans les zones arides et semi-arides en particulier. Les eaux souterraines jouent un rôle déterminant dans le développement socio-économique aussi bien au niveau local, régional que national; ainsi elles constituent une source d'alimentation en eau potable (aussi bien pour le monde urbain que rural), en eaux industrielles et apportent une contribution considérable au développement de l'irrigation.

Au cours des 50 dernières années, l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation est devenue de plus en plus importante. L'usage intensif des eaux souterraines a permis le développement d'une économie agricole, basée sur les eaux souterraines, dans de nombreux pays à travers le monde. Cette dynamique masque la perception ancienne des eaux souterraines considérées comme une menace pour l'agriculture irriguée à travers l'engorgement et la salinité des sols. Toutefois, le recours massif aux eaux souterraines a également causé des surexploitations des nappes phréatiques, la dégradation de leur qualité et plus largement des impacts écologiques négatifs sur les écosystèmes aquatiques. Selon la taille des aquifères et de l'intensité de l'utilisation des eaux souterraines, des rabattements des niveaux des nappes allant de 0,5 à 1 à m/an ont été enregistrés dans plusieurs régions du monde, plus particulièrement sur le pourtour méditerranéen. On estime que plus de 10% de la production alimentaire mondiale dépend des aquifères qui sont déjà surexploités ou menacés.

Au Maroc, sur un potentiel de 22 milliards de m³ de ressources en eau mobilisables, près de 4 milliards de m³ proviendraient des nappes souterraines. La majeure partie de ce potentiel sert à l'irrigation et le reste sert à l'alimentation en eau potable et industrielle. La mobilisation des ressources en eau souterraine a commencé à connaître un essor de taille durant les périodes longues de sécheresse des années 1980; celle-ci continue surtout par la prospection des nappes profondes.

Jusqu'à présent, les efforts visant à concevoir des stratégies efficaces de gestion des eaux souterraines n'ont pas rencontré beaucoup de succès. Les solutions exigent peut-être un changement de paradigme passant d'une gestion technique, juridique ou économique de l'eau souterraine à la notion plus globale de gouvernance des eaux souterraines, qui doit s'opérer à différents niveaux d'échelle, d'acteurs et d'instruments. De telles approches devraient s'appuyer sur la prise en compte des intérêts et préoccupations spécifiques, même s'ils peuvent paraître parfois divergents, des acteurs concernés par les différentes facettes de la gestion intégrée et durable des eaux souterraines, à savoir l'accès, la recharge, l'utilisation et les modes de concertation et de coordination. Elles peuvent être formalisées et reconnues par la loi, comme pour les récents accords de coopération autour des eaux souterraines dans la cadre de la directive européenne sur l'eau. En somme, l'enjeu est de trouver le point d'équilibre entre la sauvegarde de la ressource et le fonctionnement de l'économie générée par les eaux souterraines.

Le présent numéro spécial de la revue Homme, Terre et Eaux « HTE » rassemble un bon nombre d'études de cas sur l'évaluation de la dynamique des eaux souterraines, la performance de leurs usages ainsi que leurs modalités de gestion au Maghreb et en France. Les articles sélectionnés ont fait l'objet de présentations lors de la conférence régionale européenne de la Commission Internationale de l'Irrigation et du Drainage -CIID- intitulée « Groundwater 2011 » organisée, à Orléans - France du 14 au 16 Mars 2011, par l'Association Française de l'Eau, de l'Irrigation et du Drainage (AFEID). L'Association Nationale des Améliorations Foncières de l'Irrigation, du Drainage et de l'Environnement (ANAFIDE) a été honorée d'être associée par l'AFEID à cette manifestation en tant que partenaire privilégié de dans une optique de renforcer et d'élargir leur coopération en la matière, notamment pour la région Méditerranéenne.

Les deux parties tiennent à présenter leurs vifs remerciements aussi bien aux auteurs des communications, ci-jointes, qu'aux membres additionnels du comité de lecture de la revue «HTE», notamment Messieurs Sami Bouarfa, Marcel Kuper (du côté de l'AFEID) et Ali Hammani (du côté de l'ANAFIDE).

Le Président de l'AFEID
François BRELLE

Le Président de l'ANAFIDE
Abdelhafid DEBBARH

Partenaires

 Cemagref Sciences, eau & territoires	 brgm Solutions pour une Terre durable	 G-eau Gestion de l'Eau, Achats, Budget	 cirad LA RECHERCHE AGRICOLE POUR LE DÉVELOPPEMENT
 IRD Institut de recherche pour le développement	 ONEMA Office National de l'Eau et des Ressources Aquatiques	 SHF	 Région Centre
 FAO FIAT PANIS	 Académie de l'Eau	 UNESCO	 astee
 eau seine NORMANDIE	 ORLÉANS	 DREAM Eau & Milieu	 CFH
 CHAMBRE D'AGRICULTURE EURE-ET-LOIRE	 CHAMBRE D'AGRICULTURE LOIRET	 comité de bassin Loire-Bretagne	 Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION CENTRE

الجمعية المغربية للتجديدات العقارية و الري و صرف المياه و البيئة



Jean Margat

UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES POUR L'IRRIGATION DANS LE MONDE, CHIFRES-CLÉS

(Nonobstant les incertitudes notables qui affectent les statistiques dans beaucoup de pays) :

- Les prélèvements globaux d'eau souterraine utilisée pour l'irrigation doivent approcher à présent 900 km³/an dont la moitié en Asie, surtout en Inde (plus de 200 km³/an, record mondial), puis en Chine et au Bangladesh.
- Ces prélèvements ont été fortement croissants au cours des cinquante dernières années. Estimés à 100 à 150 km³/an en 1950, ils ont depuis doublé 3 fois. Tandis qu'aux USA, ils ont presque triplé de 1950 à 1975 (passant de 28 à 80 km³/an), puis se sont stabilisés et ont légèrement décliné (74 km³/an en 2005), leur croissance s'est accélérée en Asie, surtout en Inde, depuis 1970.
- Ils forment au moins les 3/4 des quantités d'eau souterraine prélevées dans le monde et près de 25 % des quantités d'eau totales consacrées à l'irrigation.
- Une fraction mineure (environ 30 km³/an), mais concentrée en quelques pays en zone aride, en Arabie Saoudite principalement, correspond à l'exploitation minière d'eau « fossile » non renouvelable, donc à une source d'approvisionnement en eau non durable.
- Sur un total mondial de 301 millions d'ha irrigués, 113 millions d'ha le sont par eau souterraine, dont 80 millions d'ha en Asie selon les dernières statistiques de la FAO.

TROIS COMMENTAIRES

- En quasi-totalité, les eaux souterraines utilisées pour l'irrigation ne sont pas marchandes. Leurs exploitations, surtout individuelles par des millions de fermiers, sont souvent largement subventionnées, notamment par la tarification des sources d'énergie pour le pompage (fuel, électricité).
- L'eau souterraine est utilisée pour l'irrigation généralement de manière plus économe et plus efficace que l'eau de surface, comme l'ont remarqué la FAO (J. Burke, 2003) et l'IWMI (T. Sha, 2004). La comparaison globale des volumes d'eau utilisée et des surfaces irriguées respectives à présent le confirme, en semblant indiquer qu'en moyenne pour irriguer 1 ha on utiliserait deux fois moins d'eau souterraine que d'eau de surface.

Par exemple, en Inde les irrigations par eau souterraine utilisent en moyenne 8 500 m³/an par ha, tandis qu'en Egypte (Vallée du Nil) et en Iraq (Vallées de l'Euphrate

et du Tigre) les irrigations par eau de surface très prédominante utilisent en moyenne au moins 15 000 m³/an par ha.

Quant à l'efficacité socio-économique (valeur de production et emplois créés par m³ d'eau utilisée), elle serait 3 à 10 fois plus élevée en irrigation par eau souterraine qu'en irrigation par eau de surface.

- Le développement de l'irrigation utilisant l'eau souterraine a entraîné en plusieurs régions du monde des surexploitations caractérisées et croissantes, en particulier en Inde, en Chine, aux Etats-Unis, où des effondrements de niveau de nappe souterraine de plusieurs dizaines de m ont été provoqués.

Ainsi, en Inde, au Rajasthan, Punjab et Haryana (cas le plus patent), la **surexploitation** d'eau souterraine était évaluée en 2006 à 13,2 km³/an ; entre 2002 et 2008 la diminution de réserve a été chiffrée à 109 km³ et elle serait actuellement de l'ordre de 18 km³/an.

POUR CONCLURE

Le problème majeur de la gestion des eaux souterraines, notamment quand elles sont exploitées et utilisées principalement pour l'irrigation, est que les ressources sont nécessairement collectives alors que leur accès et leur exploitation sont individuels : leur structure doit dépendre la définition d'unités de gestion, est encore ignorée ou mal perçue par les exploitants qui confondent ressource et productivité locale des puits ou forages et n'ont pas d'objectif de gestion de ressource à leur niveau... Cette gestion relève nécessairement de la communauté des exploitants.

RÉFÉRENCES

- BURKE, J.J. (2003). Groundwater for irrigation: Productivity gains and the need to manage hydro- environmental risk. Intensive use of groundwater. Challenges and opportunities, M.R. Llamas and E. Custodio, eds., Balkema, Lisse (Allemagne) : 59-92.
- FAO (2003b). Rethinking the Approach to Groundwater and Food Security. Water Report 24. Rome, FAO, 49p.FAO (2010). AQUASTAT Database.
- MARGAT, J. (2008). Les eaux souterraines dans le monde (BRGM éditions, UNESCO).
- SHAH, T. (2004). Groundwater and Human Development: Challenges and Opportunities in Livelihoods and Environment. Stockholm, the 2004 World Water Week. Water Science and Technology.
- Collectif/IWMI (2007). Water for food, Water for life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Part. 4, 10 – Coord. T. SHAH. Groundwater: a global assessment of scale significance. (Earthcan/International Water Management Institute, 2007).
- Collectif (2009). UN World Water Development Report n°3. Water in a changing world.

JUSQU'À OÙ DOIT-ON CONNAÎTRE LA RESSOURCE SOUTERRAINE POUR POUVOIR LA GÉRER : UN EXEMPLE DANS LE MARAIS-POITEVIN

Gh. de Marsily¹, P. Combes², M. Grila³, P.H. Mondain⁴, C.Roy³

INTRODUCTION

Les nappes jurassiques du Dogger et du Lias inférieur du Sud Vendée sont largement exploitées pour l'irrigation de la plaine qui borde le Nord du Marais Poitevin. Ces nappes sont en communication hydraulique avec les fossés et canaux de la bordure septentrionale du marais, de sorte qu'il existe une relation entre la piézométrie des nappes et les niveaux d'eau dans le réseau hydraulique des marais de bordure. Les années particulièrement sèches ont montré la nécessité de mettre en place une gestion de la ressource en eau pour permettre à la fois l'exploitation des nappes et le maintien de niveaux soutenable dans les canaux et fossés du marais, afin de préserver les qualités écologiques du milieu. Cette gestion passe par une appréciation objective des potentialités quantitatives de ces nappes et des conditions optimales de leur exploitation.

La zone d'étude porte sur toute la bordure plaine/marais comprise dans le département de la Vendée, et concerne trois bassins distincts régis par une commission Inter-SAGE (bassins du Lay, de la Vendée et des Autises).

Key words: Marais Poitevin, Irrigation, Gestion des Nappes, Ecosystèmes

PROTOCOLE DE GESTION DES NAPPES

Un protocole de gestion des nappes du Sud-Vendée a été mis en place dès 1992, en concertation entre les pouvoirs publics, la profession agricole, et les associations de protection de l'environnement. Il est ajusté avant chaque saison d'irrigation. Mais dans le cadre de l'Inter-SAGE Marais Poitevin, un groupe de travail technique mis en place par la DIREN Poitou-Charente a voulu définir en octobre 2007 des objectifs de gestion de ces nappes, pour préparer le SDAGE 2009-2015 du Bassin Loire-Bretagne. Ces objectifs prescrivent des cotes limite que doit respecter la nappe en début et fin d'étiage (POEd, POEf⁵), et des dates où les appliquer ; celles-ci font peu de cas de la réalité des conditions géologiques, hydrogéologiques et environnementales et compromettent par ailleurs sérieusement les activités économiques en place. Trois critiques majeures peuvent

être faites à ce travail :

- (i) il fixe des POEd au 1^{er} juillet qui sont, pour la plupart, inatteignables. En effet, la comparaison de ces POEd avec vingt ans d'historique des niveaux réels des nappes montre que bien souvent, et même en années très humides à prélèvements de printemps très modestes, ces POEd ne pourraient pas être respectées. Proposer de telles cotes revient à pratiquement interdire l'irrigation de printemps et les semis et donc à condamner totalement l'activité agricole irriguée ultérieure. Or les prélèvements de printemps, quand les sources de bordure continuent à couler, affectent peu la réserve estivale des nappes ;
- (ii) les POEf ne s'appuient pas sur des observations de l'effet écologique des assecs estivaux dus aux prélèvements agricoles, justifiant des mesures aussi draconiennes. L'absence de telles observations exclut de pouvoir proposer des volumes prélevables sur lesquels puisse s'établir un consensus. D'autres phénomènes peuvent être également responsables des évolutions des écosystèmes du marais (durée des inondations de printemps, perturbations de la qualité des eaux, urbanisation, évolution du climat...);
- (iii) les volumes prélevables proposés sont issus de méthodes d'estimation très approchées, qui conduisent à des autorisations de prélèvement très fortement réduites (entre 50 et 75% par rapport aux prélèvements actuels), qui auraient des répercussions dramatiques sur l'agriculture régionale.

RECHERCHE DE NOUVELLES RÈGLES DE GESTION

A la suite de quoi, le Conseil Général de la Vendée a engagé en 2008 une étude pour proposer de nouveaux principes de gestion réalistes et tenables au regard des enjeux écologiques et économiques liés à l'agriculture irriguée. Au vu des 20 ans d'historique des niveaux piézométriques et des 10 ans de données des volumes des prélèvements agricoles, on a pu établir par simple régression linéaire et sans aucune autre hypothèse, une relation incontestable qui relie les volumes prélevés

¹ - Université Paris VI, Académie des Sciences: GDemarsily@aol.com

² - Centre de Géoscience, Ecole des Mines de Paris: pierre.combes34@gmail.com

³ - Conseil Général de Vendée, La Roche-sur-Yon: maggy.grila@vendee.fr, clauderoy@vendee.fr

⁴ - Bureau d'Etudes Calligée, Nantes: ph.mondain@calligee.fr

⁵ - Piézométrie Objectif d'Etiage, de début (d) ou de fin (f)

en été aux piézométries observées dans la nappe de bordure, secteur par secteur. Il n'a pas été nécessaire pour cela de construire un modèle maillé, dont le calage aurait de toutes façons été très difficiles à valider. Cette avancée a permis de traduire toute proposition de volume exploitable en piézométrie dans la nappe, pour tous les points d'observation de la bordure nord du marais. Grâce à cette relation, divers scénarios d'exploitation des eaux souterraines ont pu être testés pour en proposer un qui, tout en étant raisonnablement exigeant vis-à-vis de la profession agricole, permet un gain très appréciable sur le niveau de la nappe de bordure du Marais. Ce gain se traduit par un nombre de jours d'assecs fortement réduit par rapport aux conditions actuelles d'exploitation.

Une proposition de nouvelles règles de gestion des prélèvements pour l'irrigation en Vendée a été faite. Les règles actuelles de gestion des nappes sont complexes. Elles font intervenir un volume maximal autorisé et divers niveaux piézométriques d'alerte, dont la valeur évolue au cours de la saison, et qui engendrent des réductions au cours d'un même été des autorisations de prélèvement. Enfin un seuil de crise est défini, qui impose l'arrêt de tous les prélèvements.

On constate que ces règles, difficiles à appliquer, ont de plus été souvent modifiées au cours de ces dernières années, et qu'elles manquent d'efficacité puisque le niveau des nappes descend souvent très en dessous des objectifs affichés. Compte tenu d'un effort très important qui va être demandé à la profession agricole en matière de réduction de ses prélèvements, il a été proposé de fixer un volume exploitable par secteur, qui sera établi pour les 5 ans de la durée du SDAGE, et qui réduit d'environ 20% les prélèvements par rapport à la situation antérieure. La proposition de volume exploitable a

pour objectif de s'approcher des POEf du SDAGE à atteindre 4 années sur 5. Mais ensuite on ne se sert plus de ces POEf pour la gestion quotidienne de l'irrigation. Il appartiendra à l'Organisme Unique de gestion prévu par la loi d'allouer ce volume prélevable entre les exploitants et selon le calendrier qu'il choisira, de faire si nécessaire évoluer ces autorisations de prélèvement en fonction des observations que lui-même fera, et de ne retenir pour l'Administration qu'une seule cote de gestion, la Piézométrie de Crise (PCR), qui engendre l'arrêt de tout prélèvement autre que l'alimentation en eau potable, clause qui ne devrait jouer qu'en situations très exceptionnelles. On a pu calculer, sur l'historique disponible, quel aurait été l'effet de cette politique sur l'impact environnemental, c'est-à-dire sur la durée où la nappe est à une cote inférieure à un seuil fixé, qui conditionne la durée des assecs. Nous proposons, en lieu et place des POEd, de fixer un volume prélevable de printemps, allant jusqu'au 1^{er} juin, basé sur la moyenne des prélèvements réels faits sur les cinq dernières années.

DISCUSSION - CONCLUSION

La mise en place d'un programme de suivi à long terme de l'évolution de l'état de l'écosystème du Marais en relation avec son état hydrique (améliorations ou détériorations) est proposée. Il permettra, pour le prochain SDAGE en 2015, de disposer de données objectives pour éventuellement redéfinir les nouvelles règles de gestion. La mise en œuvre de ce programme fait partie des missions confiées au nouvel Etablissement Public en cours de création pour la gestion du Marais Poitevin.

LA NAISSANCE DE LA GESTION VOLUMÉTRIQUE : D'ABORD UNE AVENTURE HUMAINE

JM Leluc¹, JF Robert²

La gestion volumétrique de la nappe de Beauce émane d'hommes novateurs qui avaient la mémoire de la « nature » et la connaissance parfaite des diversités des territoires et des hommes de leur région. Ce volontarisme et cette ambition a pour origine l'histoire de l'irrigation de notre région :

La Beauce est une des régions les plus sèches de France. Il pleut en moyenne 630 millimètres par an avec des années déficitaires proches de 400 millimètres (régions arides !). La variabilité moyenne de la pluviométrie est d'environ 200 millimètres entre l'Est et l'Ouest de la Beauce.

Pour cette raison, l'irrigation est apparue en premier au Sud-ouest (petite Beauce) dans les années 1955-1960 pour irriguer les blés et le maïs implantés sur des terres peu profondes avec de faibles Réserves Utiles. (sans irrigation : moutons, friches)

Dans un deuxième temps, à partir de 1962, dans le Pithiverais (Centre-nord), d'autres pionniers, sur les terres nettement plus profondes, ont installés l'irrigation pour cultiver des légumes, assurer une production régulière de betteraves et irriguer les nouvelles variétés de maïs qui montaient vers le Nord. En 1976, la première sécheresse « historique » et « médiatique » (sécheresse superficielle et non structurelle) a entraîné une troisième grosse vague de nouveaux irrigants sur tout le territoire car les moissons et les récoltes automnales étaient catastrophiques !

A cette époque les « scientifiques » disaient que la nappe de Beauce était la plus importante nappe d'eau souterraine de France et que celle-ci serait inépuisable ! (on perd vite la mémoire...). On parlait du « château d'eau » de la Beauce.

Pendant cette période, les agences de l'eau subventionnaient la création de nouveaux forages. Ainsi, jusqu'en 1985 de nouveaux ouvrages apparurent un peu partout.

Néanmoins, la nappe de Beauce n'étant alimentée exclusivement que par les pluies efficaces (pluie et neige), le doute sur la durabilité de la ressource se fit sentir dans les années 1990 suite à quelques années déficitaires en pluie.

Si le niveau d'eau le plus bas enregistré de la nappe a été constaté en 1905 après 16 années de sécheresse ; en 1990 il ne fallait plus que 6 ans environ pour constater les mêmes effets...

Il y avait donc un problème ! Il y avait plus de douches, plus de WC, plus de gaspillages ? Soit ! Mais surtout plus d'irrigation (des estimations donnaient des prélèvements compris entre 250 à 455 millions de m³).

¹ - Président de l'association des irrigants du Loiret

² - Président de l'association des irrigants d'Eure et Loir

Comme l'irrigation était devenue un « mal » nécessaire et un indispensable « intrant » de régularité quantitatif et qualitatif de production (au même titre qu'un engrais), il était donc nécessaire de tout mettre en œuvre pour organiser le partage de l'eau.

La Loi sur l'Eau de 1992 venait de se mettre en place et dès 1993 les irrigants (regroupés en organisation) régularisèrent administrativement les ouvrages de prélèvement. Un grand nombre étaient déjà connus du registre des mines, du BRGM et des agences de l'eau. D'autres n'étaient administrativement pas connus mais, par contre, avaient été subventionnés par les agences et (ou) payaient leurs redevances de prélèvement !

La médiatisation de la nouvelle Loi sur l'Eau donna naissance à des « conflits d'usage ». Certains réels entre riverains de rivières et irrigants (le cas du secteur Conie), d'autres créés juridiquement entre « l'usage naturel » et « l'usage économique ».

Comme il y avait « péril en la demeure » et que nous étions traités par les médias de « pilliers de ressource », les services de l'Etat, dans chaque département devaient organiser, comme ils le pouvaient, des restrictions d'eau.

Ainsi, de 1991 à 1995, chaque département, selon les pressions et décisions locales instauraient (ou pas), par arrêtés sécheresse, des interdictions d'irriguer pendant 24 heures en certains lieux ou 48 heures en d'autres.

C'était le dimanche pour certains et le samedi pour d'autres. Cette « anarchie » réglementaire entraîna rapidement des complications humaines aux frontières de chaque département.

Pour toutes ces raisons, de 1995 à 1999, tous les responsables agricoles et des administrations des 6 départements de la nappe de Beauce ont « appris » à se mettre autour d'une même table pour harmoniser les règles de restriction.

Le terme « appris » est volontairement choisi car tous les acteurs ont « appris » à se connaître, « appris » à se respecter et « appris » à se faire confiance. Ceci est un des « dénominateurs communs » de la suite.

Pour pallier aux restrictions en temps, certains irrigants ont compensé ce manque par l'achat d'un ou plusieurs enrôleurs supplémentaires (ce qu'ils ne pouvaient plus faire en 7 jours, maintenant, ils le pourraient en 5), sauf en Eure et Loir où la profession avait fiché les installations.

Cette « fuite en avant » n'était possible que pour ceux qui avaient une ressource abondante sous leurs pieds, des structures d'exploitations faciles et des financements abondants.

D'autres, en bordure de nappe (ressource moins abondante), avec une irrigation collective (CUMA), avec un parcellaire non remembré et avec un potentiel d'irrigation plus faible ne pouvaient pas suivre la démarche des premiers.

De plus, certains voulaient irriguer au printemps tandis que d'autres voulaient garder l'eau pour l'été. Les besoins de certains n'étaient donc pas les désirs des autres.

Il fallait donc encadrer le « libéralisme excessif » qui était néfaste à certains, d'autant qu'ils étaient structurellement déjà plus fragiles et plus vulnérables. De plus, cette gestion réglementaire avait un effet limité sur la préservation de la ressource.

Si la gestion par la limitation du temps ne nous convenait pas ; il fallait donc être novateur et « oser » limiter l'accès au volume prélevé afin que chacun l'utilise en fonction de besoins « équilibrés » et du temps nécessaire à sa propre installation d'irrigation. La notion du partage naissait.

En juin 1997, dans le Loiret, une enquête auprès de 350 irrigants du Pithiverais, indiquait que :

84% des irrigants étaient favorables à la mise en place de « quotas » d'eau par exploitation et que 53% d'entre eux voulaient une application dès la campagne d'irrigation 1998.

Ceci étant dit et décidé, il ne restait plus qu'à faire partager cette volonté à l'ensemble de nos partenaires mais comment l'expliquer et quelles règles mettre en place ?

Cette même enquête de 1997 dévoilait que les paramètres de répartitions ne seraient pas faciles à arbitrer. En effet, toujours dans le Loiret :

- 24% voulaient un volume par hectare identique pour tous,
- 27% voulaient un volume variable en fonction des qualités des terres,
- 28% voulaient un volume en fonction des productions présentes sur les exploitations,
- 21% ont exprimés d'autres paramètres ou le mélange des trois précédents.

Néanmoins, plusieurs grands principes étaient affirmés et bien exprimés par ces mêmes irrigants :

- Les quotas d'eau doivent gérer les excès et redonner une certaine liberté d'action aux irrigants les moins bien équipés,
- Les quotas d'eau doivent permettre le raisonnable dans la mesure où la nappe le permet,

- Les quotas d'eau doivent responsabiliser la gestion individuelle pour un enjeu collectif,
- Les quotas d'eau doivent pérenniser les exploitations actuelles et leurs filières d'aval.

Ainsi, dès juin 1997, « le pont entre hier et demain » était scellé dans l'esprit des irrigants par la phrase suivante : « un quota d'eau pourrait être un volume d'eau, pluriannuel, réactualisé annuellement, glissant sur plusieurs années et dont la mise en place ou son volume serait variable selon la ressource » (valable uniquement pour la Beauce qui a une ressource avec une grande inertie)

Tout était dit dans cette phrase et aujourd'hui, en 2011, soit 14 ans plus tard, il n'y a rien à renier ni rien à rajouter, même avec l'évolution de nos actuelles connaissances.

Pour finaliser tout ceci il a encore fallu de nombreuses réunions techniques.

- pour définir le volume global attribuable à tout le périmètre de la Beauce,
- pour définir les volumes départementaux,
- pour définir les volumes individuels de chaque exploitation en fonction des systèmes de répartition retenus dans chaque département.

En préambule à toutes ces réflexions, un principe de base a toujours été défendu par l'ensemble des représentations agricoles : « Les actuels irrigants sont et resterons solidaires des futurs » ou « Si nous sommes plus nombreux autour d'un même gâteau, les parts de chacun devront être réduites »

CONCLUSION

Si, aujourd'hui, on fait une « marche arrière » sur cette période, je crois qu'on peut dire que la plus belle et la plus efficace des aventures sur cette mise en place de la gestion volumétrique, collective et partagée de l'eau de Beauce est l'aventure humaine et solidaire qui s'est créée autour des tables de travail (administrations, agences de l'eau, administratifs agricoles et élus ou simples agriculteurs).

Ces rapports humains volontarismes ont permis la compréhension et donc l'évolution. Lorsque les hommes ne comprennent pas, ne partagent pas, il ne peut pas y avoir d'évolution. Forcer l'évolution sans la compréhension finit toujours en révolution ! Les blocages n'ont jamais été constructifs.

Pour y remédier, il faut laisser « du temps au temps » afin d'expliquer, vulgariser, expertiser, vérifier et surtout essayer. Les techniques et modélisations ne sont que des outils d'aide à la décision. Ces outils ne servent à rien à partir du moment où les hommes ne veulent pas s'en servir.

Ici, en Beauce, nous avons de la chance, il y avait des hommes outillés et instruits !

LE SAGE NAPPE DE BEAUCE : UNE COUVERTURE DE LA CONCERTATION À D'AUTRES ACTEURS...

Sophie de Ruyver¹

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

• La Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Cette directive Européenne, adoptée en octobre 2000, vise à établir un cadre général et cohérent pour la gestion et la protection des eaux superficielles et souterraines, tant du point de vue qualitatif que quantitatif. Elle a notamment pour ambition le bon état des eaux et des milieux aquatiques d'ici 2015

• Les lois sur l'eau

Les lois sur l'eau de 1992 et 2006 fixent le principe d'une gestion équilibrée de la ressource entre milieux et usages. Elles ont conduit notamment à classer la Nappe de Beauce en zone de répartition des eaux (ZRE). Les ZRE sont des zones où il existe un déséquilibre entre la ressource en eau et les usages de l'eau. Dans les zones ainsi classées, aucun nouveau prélèvement ne pourra être autorisé dans cette zone, sauf pour motif d'intérêt général, tant qu'un meilleur équilibre n'aura pas été durablement restauré entre les ressources en eau et les usages.

• Les Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Les SDAGE, nés de la loi sur l'eau de 1992, fixent pour chaque grand bassin hydrographique les orientations « fondamentales » pour une gestion équilibrée de la ressource en eau dans l'intérêt général et dans le respect des principes de la directive cadre sur l'eau et de la loi sur l'eau. Ils sont déclinés localement par les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE).

DES CONFLITS D'USAGES À LA PRISE DE CONSCIENCE DES ACTEURS LOCAUX

La nappe de Beauce constitue un réservoir d'eau parmi les plus importants de France. De cette ressource dépendent de nombreux milieux aquatiques et maintes activités humaines.

Dans les années 1990, des périodes de sécheresse ont déclenché des prélèvements agricoles importants. Cette situation a entraîné une succession d'étiages sévères des cours d'eau du territoire et a donné naissance à de nombreux conflits d'usages (pénuries d'eau pour l'alimentation en eau potable, mortalité des populations piscicoles, mécontentement des fédérations piscicoles ou des associations de riverains). Cette situation a

amené les acteurs locaux à engager des actions parmi lesquelles :

- la mise en œuvre d'un système de gestion volumétrique des prélèvements pour l'irrigation. Ce système a vu le jour à l'issue d'une concertation approfondie entre l'administration et la profession agricole. Ce dispositif provisoire de gestion des prélèvements d'eau a été mis en place en 1999, dans l'attente des prescriptions du SAGE.
- le lancement de la procédure d'élaboration du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) avec la définition, le 13 janvier 1999 de son périmètre par arrêté préfectoral. Le territoire concerné s'étend sur 9500 km², intéresse 2 régions (Centre et Ile-de-France), 6 départements (Eure- et-Loir, Loir-et-Cher, Loiret, Seine-et-Marne, Essonne, Yvelines), 681 communes soit 1,4 million d'habitants

LE SAGE : OUTIL LOCAL DE PLANIFICATION ET DE GESTION CONCERTÉ DE LA RESSOURCE EN EAU

Le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) est un outil de planification qui fixe les objectifs généraux, les règles, les actions et les moyens à mettre en oeuvre pour gérer la ressource en eau et concilier tous ses usages, à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente. Issu de la loi sur l'eau de 1992, cet outil est mis en œuvre pour favoriser une gestion concertée de la ressource en eau et des milieux naturels d'un territoire afin de mieux prendre en compte les spécificités de ce dernier. Il est élaboré par une commission locale de l'eau (CLE) composée d'élus, d'usagers et de représentants de l'Etat.

Les objectifs du SAGE Nappe de Beauce :

- Respecter les exigences réglementaires (DCE, Loi sur l'Eau, SDAGE);
- Respect des exigences économiques et environnementales;
 - Satisfaire les besoins en eau de tous les usages (Alimentation en eau potable, irrigation, industries, loisirs,...);
 - Maintenir le bon fonctionnement des cours d'eau.

¹- Animatrice, SAGE Nappe de Beauce : sagebeauce@orange-business.fr

L'ORGANISATION DES ACTEURS : LES INSTANCES DE PILOTAGE ET DE CONCERTATION

L'élaboration du SAGE exige la participation solidaire et globale de tous les acteurs du territoire : la profession agricole, les collectivités locales, les industriels mais aussi les particuliers. Cette implication des différents acteurs du territoire s'est faite à plusieurs niveaux :

• ¾ La Commission Locale de l'Eau (CLE)

Véritable parlement de l'eau chargé de l'élaboration, de la révision et du suivi du SAGE, la CLE est un centre d'animation, de débat et d'arbitrage.

Créée par arrêté préfectoral le 2 novembre 2000, elle est aujourd'hui composée de 76 membres, répartis en 3 collèges :

- 50% d'élus issus des collectivités territoriales et des établissements publics ;
- 25 % d'usagers: chambres d'agriculture, associations des irrigants, Chambres du Commerce et de l'Industrie, riverains, fédération de pêche, associations de protection de l'environnement, associations des consommateurs ;
- 25% des services de l'Etat.

• ¾ Les groupes de travail et les ateliers de réflexion

Les groupes de travail et les ateliers de réflexion ont une fonction consultative et sont chargés de mener à bien toute réflexion nécessaire pour compléter les travaux

des instances de pilotage. Ils sont composés des acteurs membres ou non de la CLE. Ils permettent à la CLE d'assurer une plus grande concertation et une meilleure prise en compte des spécificités locales.

Quatre groupes de travail ont été créés dont 3 groupes thématiques sur les principaux enjeux du SAGE (gestion quantitative, qualité de la ressource, protection des milieux naturels) et un groupe de travail géographique concernant un territoire très sensible aux inondations, le secteur Juine-Essonne.

• ¾ Les réunions locales

Si les groupes de travail sont mis en place pour élargir la concertation, les réunions locales ont pour but de diffuser, sur le territoire, les principales informations relatives au SAGE et les décisions prises par la CLE. Les réunions locales sont organisées à la fin de chaque étape d'avancement des travaux. Elles rassemblent tous les acteurs du territoire concernés par la gestion de l'eau (soit environ 2000 acteurs). Outre l'apport d'informations aux acteurs locaux, ces réunions participent à la mobilisation des différents acteurs, permettent de recueillir leurs attentes et de répondre à leurs interrogations.

Le projet de SAGE pour la nappe de Beauce et ses milieux aquatiques associés, débuté en 2000, a été adopté par la CLE le 15 septembre 2010. Les collectivités territoriales et les organismes consulaires sont actuellement consultés sur ce projet qui sera ensuite soumis à enquête publique avant l'approbation définitive par le Préfet prévue en 2012.

L'ACQUISITION PROGRESSIVE DE LA CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE : UN ATOUT POUR DE NOUVELLES RÈGLES DE GESTION DE LA NAPPE DE BEAUCE

Pascal Billault¹

INTRODUCTION

La nappe des calcaires de Beauce figure parmi les grands réservoirs d'eau souterraine français et s'étend sur près de 10 000 km² entre Loire, Loing, Seine, Orge et Loir. Elle intéresse six départements, deux régions et deux grands bassins hydrographiques.

Cette nappe est exploitée pour l'eau potable et l'industrie à raison de 130 millions de m³ par an de manière relativement constante d'une année à l'autre et pour l'irrigation à raison de 150 à 450 millions de m³ en fonction de l'année climatique et notamment de la pluviométrie printanière et estivale.

Ce régime d'exploitation variant du simple au double peut provoquer, dans certaines conditions, des nuisances importantes pour l'étiage des cours d'eau alimentés cette nappe. C'est pourquoi un dispositif de gestion quantitative s'est mis progressivement en place à partir de 1999 alimenté par un programme d'études engagé simultanément. Ce programme visait à déterminer le volume exploitable compatible avec le bon état des milieux aquatiques grâce à un modèle mathématique.

Key words: exploitation de nappe, modélisation, gestion.

ACQUISITION DE DONNÉES FONDAMENTALES

La terminologie «nappe de Beauce» est utilisée ici par souci de simplification par les gestionnaires tant le système est complexe d'un point de vue géologique et hydrogéologique. Un modèle géologique en 3D a été réalisé par le BRGM pour fixer les cotes de tous les niveaux aquifères et imperméables sur l'ensemble du domaine soit 14 couches géologiques. La nappe de Beauce contient quatre niveaux fortement aquifères et exploités : calcaires d'Etampes et Pithiviers, sables de Fontainebleau et craie exploitée sur les franges est et ouest du territoire.

Ces aquifères ont fait l'objet de recherches dans la banque du sous-sol et d'investigations de terrain pour compléter les données hydrodynamiques. En outre l'interprétation fine des cartes piézométriques a permis de déterminer un réseau de chenaux de karstification à forte transmissivité capable de distribuer des volumes d'eau importants vers les bassins de l'Essonne et des Mauves.

¹ - Agence de l'eau Loire Bretagne: pascal.billault@eau-loire-bretagne.fr

La nappe de Beauce présente un cycle pluriannuel marqué notamment dans sa partie centrale dépourvue de cours d'eau drainants. Deux cartes piézométriques de référence ont été réalisées pour immortaliser deux événements extrêmes exceptionnels : les basses eaux de 1994 et les hautes eaux de 2002. La différence entre ces deux cartes permet de confirmer l'immense capacité d'emmagasinement de la partie centrale qui représente environ 40 % du territoire : environ 300 millions de m³ par an ont pu être stockés dans cette zone entre les deux mesures, ce qui est remarquable.

La Beauce présente également un réseau piézométrique très dense de 86 points initié dans les années 70 et étoffé en 1994 avec le réseau du bassin Loire Bretagne. Ce réseau constitue le pilier de l'appréciation du calage du modèle. En outre certains de ces piézomètres ont été sélectionnés par la DIREN pour établir des indicateurs piézométriques qui sont à la base des règles de gestion de la nappe, thématique développée par ailleurs lors de cette conférence.

Dans ce programme, l'INRA a établi une carte des réserves utiles des sols au 1 / 250 000 qui a permis de préciser et régionaliser les infiltrations efficaces et donc la recharge de la nappe. Enfin, une base de données sur les forages et les volumes prélevés a été réalisée. Grâce à la mise en place de compteurs volumétriques sur les forages d'irrigation les volumes prélevés sont bien connus depuis 1996. Le croisement des données des recensements généraux agricoles (RGA) et des données climatiques printanières et estivales nous a conduit à estimer les volumes globaux prélevés dans la nappe pour l'irrigation depuis 1975. Ce volume est en moyenne de 260 millions de m³ par an depuis 1990 avec des pointes exceptionnelles de plus de 400 millions en 1990 et 1996 et des minima à 150 millions dans les années 2000.

LA MODÉLISATION

Grâce à l'acquisition de toutes ces données fondamentales un modèle mathématique a été construit par HYDROEXPERT. L'objectif de ce modèle est de déterminer, en fonction du niveau de la nappe, le volume exploitable permettant le maintien d'un débit suffisant dans les cours d'eau associés.

Le calage de ce modèle, c'est-à-dire sa faculté à restituer les mesures observées, fut délicat et très long. Malgré quelques imperfections, notamment sur les bordures

du domaine, le modèle mathématique restitue très correctement l'évolution de l'indicateur piézométrique global. C'est sur ce point de calage correct que les simulations prospectives sont engagées pour obtenir les orientations les plus fiables possible.

Ainsi, les diverses simulations réalisées nous permettent d'approcher le volume global prélevable sur la nappe de Beauce :

En situation de moyennes eaux et dans des conditions de recharge moyenne de la nappe (120 mm), le volume moyen exploitable pour l'irrigation doit être de l'ordre de 200 millions de m³ pour maintenir l'équilibre piézométrique à moyen terme.

Dans ces mêmes conditions, des « pointes » exceptionnelles à 400 millions de m³ sont envisageables sous réserve qu'elles soient compensées les années suivantes par une recharge supérieure à la moyenne (150 à 200 mm) ou des prélèvements inférieurs à la moyenne (150 millions de m³).

Le seuil critique de basses eaux observé en 1993 n'est pas un seuil d'alimentation de base de la nappe ; le modèle montre que la baisse se poursuit si les pompes continuent. Ce seuil doit donc rester un seuil de crise

Le déplacement de forages situés à proximité des cours d'eau a un impact non négligeable sur le débit d'étiage de ceux-ci (doublement du débit d'étiage du Fusain en période de crise avec un gain de 200 l/s).

DISCUSSION - CONCLUSION

Les études réalisées ont permis préciser le cadre physique du complexe Beauce et de mieux comprendre le fonctionnement du système en lien avec les cours d'eau. Les orientations issues de la modélisation ont servi de base de travail pour la révision des règles de gestion de nappe dans le cadre de l'élaboration du SAGE. Ces règles ont également été transcrites dans les SDAGE Loire Bretagne et Seine Normandie.

QUE DOIT ON PRÉSERVER ? LES INDICATEURS DE L'ÉTAT DU MILIEU

Frédéric Verley¹

INTRODUCTION

Des milieux naturels remarquables occupent une part non négligeable du territoire de la Beauce.

Nombre d'entre eux concernent ou sont en lien étroit avec les rivières et leurs annexes, exutoires de la nappe de Beauce. Leur bon état au sens de la directive cadre sur l'eau, est fortement dépendant de la capacité de la nappe à les alimenter au fil des saisons.

Né en 1999 des suites de la sécheresse du début des années quatre-vingt-dix, le dispositif provisoire de gestion volumétrique des prélèvements pour l'irrigation a connu ces dernières années des évolutions majeures dictées par la mise en évidence d'imperfections des outils guidant son pilotage et cela, dans un contexte réglementaire en pleine évolution et de plus en plus ambitieux vis à vis de la préservation des milieux aquatiques et de la biodiversité.

Mots clés : Beauce, gestion volumétrique, indicateurs, relations nappes-rivières

LE DISPOSITIF DE GESTION VOLUMÉTRIQUE HISTORIQUE

Le dispositif de gestion volumétrique dont les grands principes étaient inscrits dans les SDAGE de 1996 a déroulé ses premières années dans un contexte climatique très favorable tant pour la recharge de la nappe que pour l'alimentation des milieux aquatiques. Un volume prélevable annuel « garanti » ajusté en fonction du niveau chaque début d'année, d'un unique indicateur piézométrique (combinaison des niveaux de neuf stations piézométriques) devait permettre un déroulement sans encombre de la campagne d'irrigation pour l'ensemble des autres usages (AEP, industrie et alimentation des milieux aquatiques superficiels).

La sécheresse de 2003 entamée alors que le niveau de l'indicateur piézométrique flirtait avec les plus hautes eaux connues s'est ainsi déroulée sans contraintes pour l'irrigation avec un volume attribué d'environ 500 millions de m³ et un volume prélevé de près de 300 millions de m³.

LE CONSTAT PARTAGÉ DE LA NÉCESSITÉ D'AMÉLIORER LE DISPOSITIF ET LES PREMIÈRES RÉPONSES APPORTÉES

A partir de 2003, dans un contexte piézométrique très favorable et au moment même où le projet de directive cadre sur l'eau nous dévoilait les fondements de l'atteinte du bon état des eaux, constat était fait que certaines des rivières drainant la périphérie Est de la nappe de Beauce se remettaient à souffrir d'un déficit d'écoulement voire d'assecs plus ou moins prolongés. Les années qui ont suivi ont malheureusement confirmé cet état de fait.

Preuve était ainsi faite des limites d'un dispositif s'appuyant sur un seul indicateur piézométrique se révélant être pour certaines rivières un mauvais indicateur de leur santé et de leur capacité à encaisser les effets des pompes estivaux à venir.

La densification et la modernisation du réseau piézométrique qui a débuté dès les années 1993-94 ainsi que les évolutions apportées au réseau des stations hydrométriques ont grandement amélioré notre connaissance du fonctionnement du complexe aquifère de Beauce et ses rivières associées.

Les données acquises sont à la base des réflexions et propositions qui ont guidé la refonte du système de gestion volumétrique. Il convenait pour ce faire de tenir compte de la grande diversité constatée dans le fonctionnement de la nappe et des rivières. La nappe de Beauce ne présente pas partout hélas une forte inertie couplée à une grande capacité de stockage puis de restitution du stock et certaines rivières peuvent présenter naturellement des étiages marqués.

Ces constats ont conduit à la régionalisation de la gestion avec la définition de plusieurs secteurs de comportement homogène.

Le principe d'un pilotage en début de campagne d'irrigation à partir d'indicateurs piézométriques a été conservé. Encore fallait-il que leurs niveaux présentent une bonne corrélation avec le débit des rivières, milieux sur lesquels se jugera l'efficacité des nouvelles règles de gestion.

Ce travail de définition des indicateurs piézométriques a été mené à partir de l'ensemble des données disponibles (niveaux piézométriques et débits des rivières). L'enjeu

¹ - DREAL Centre – Service de l'Eau et de la Biodiversité: frederic.verley@developpement-durable.gouv.fr

étant pour chaque secteur d'identifier le piézomètre ou la combinaison de piézomètres présentant la meilleure corrélation possible avec les rivières du secteur de gestion concerné.

Les principales évolutions apportées sont :

- l'abandon de l'indicateur piézométrique « historique »
- la définition de quatre secteurs de gestion (Beauce centrale, Beauce blésoise, bassin du Fusin et Montargois) dotés chacun d'un indicateur piézométrique (dont le niveau en sortie d'hiver détermine le volume prélevable pour l'irrigation) ;
- la densification du réseau de points de contrôle (points nodaux) du débit des rivières qui passent de cinq stations à neuf stations sur lesquels sont définis les objectifs de débit : DOE et DCR.

LES PISTES QUI RESTENT À EXPLORER

D'ores et déjà, des pistes d'amélioration des connaissances du fonctionnement du système et du suivi des milieux sont évoquées ou sont en passe d'être réalisées. Elles portent sur :

- la recherche de nouvelles stations piézométriques dans le bassin du Fusin et le Montargois (ces deux secteurs sont ceux où les indicateurs piézométriques ont été les plus difficiles à construire et où la corrélation entre niveau de nappe et débit des rivières peut éventuellement être améliorée) ;
- l'optimisation de certaines stations hydrométriques non automatisables avec les techniques de mesure classiques (Fusin et Cisse).

CONCLUSION

Les principes de ce nouveau dispositif de gestion volumétrique sont actés dans les SDAGE Loire-Bretagne et Seine-Normandie approuvés fin 2009 et sont déclinés dans le projet de SAGE de la nappe de Beauce. Il doit maintenant faire ses preuves. Une des missions du SAGE sera d'ailleurs d'en mesurer l'efficacité et sa capacité à diminuer la fréquence et l'intensité des crises hydrologiques. En cas de crise hydrologique, des mesures de limitation des usages de l'eau sont arrêtées et viennent pallier la défaillance de la gestion volumétrique.

Francis Golaz ¹, Xavier Girard ²

INTRODUCTION

Déficits hydriques saisonniers et disponibilité de la ressource en eau ont conduit au développement de l'irrigation en Beauce depuis les années 1960. Une succession de sécheresses hydrologiques et édaphiques, 30 ans plus tard, met en évidence la relative fragilité de la nappe de Beauce. La baisse de la nappe entraîne des assèchements des rivières exutoires comme la Conie. Une gestion est mise en œuvre dès 1995, et depuis les règles de gestion n'ont pas cessé de se durcir. L'irrigation est progressivement devenue indispensable à l'équilibre économique des exploitations et des filières de production. L'enjeu de la gestion est donc de trouver un juste équilibre entre protection environnementale et maintien d'une agriculture économiquement viable, donc nécessairement irriguée.

Key words : nappe de Beauce, gestion volumétrique, irrigation.

PARTICULARITÉS DE L'AGRICULTURE BEAUCERONNE ET DE LA NAPPE DE BEAUCE

Il n'y a pas de monoculture de maïs en Beauce ! La taille des exploitations conduit à la recherche d'une répartition du travail (labours, semis) entre hiver et printemps et les assolements sont donc généralement composés d'au moins 50% de céréales d'hiver (blé tendre, blé dur, orge) ou de colza. Il en résulte deux saisons d'irrigation : une irrigation de printemps (avril à juin) sur céréales, occasionnelle dans les bonnes terres, mais qui peut concerner jusqu'à 70% des surfaces en cas de sécheresse, et une irrigation d'été (juillet- août) plus systématique mais qui ne concerne que 20% des surfaces. Selon le climat de l'année les besoins en irrigation sont très variables : de 50 à 400 millions de m³ pour environ 360 000 ha irrigables. La pression de prélèvement qui en résulte est aussi très variable géographiquement.

La nappe de Beauce se recharge l'hiver par percolation des pluies dites « efficaces » et se décharge toute l'année par drainage naturel dans un réseau de rivières périphériques. Dans sa partie centrale, elle est fortement capacitive et montre un cycle pluriannuel marqué ce qui lui donne une robustesse certaine lorsque son niveau est haut. Dans les secteurs périphériques la ressource est plus fragile.

EVOLUTIONS DE LA GESTION DES PRÉLÈVEMENTS POUR L'IRRIGATION

Après une période transitoire de gestion par des périodes hebdomadaires d'interdictions d'irrigation, la généralisation des compteurs volumétriques a permis la mise en place en 1999 d'une première gestion volumétrique en fonction de trois seuils de gestion définis par rapport à un indicateur de niveau de nappe.

Remise en cause par les observations de terrain (déphasage entre l'indicateur et les chroniques de débit des rivières exutoires) et par la modélisation de la nappe, la gestion a depuis été fortement remaniée au fil des négociations qui ont eu lieu dans le cadre de l'élaboration du SAGE de la nappe de Beauce :

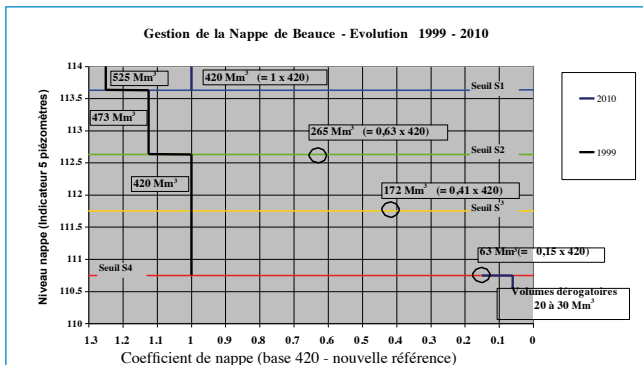
- un nouvel indicateur plus réactif : l'objectif étant d'éviter l'assèchement des rivières exutoires, seuls les 5 piézomètres les mieux corrélés avec celles-ci ont été conservés. Les 4 piézomètres représentatifs de la partie centrale de la nappe, plus éloignés des rivières, présentaient un déphasage temporel allant jusqu'à 2 ans (poursuite de la recharge apparente de 2001 à 2003 alors que le débit des exutoires était à la baisse).
- des volumes de référence individuels uniformément réduits de 20% : la somme des volumes prélevables maximum (nappe haute) a ainsi été ramenée de 525 à 420 millions de m³.
- suppression des reports interannuels d'économies d'eau : la gestion volumétrique initiale prévoyait une souplesse de plus ou moins 20% sur le volume prélevable, avec report de l'économie ou du dépassement sur le volume de l'année suivante.
- des seuils de gestion plus anticipateurs : pour plus d'efficacité, les seuils fixés sur le nouvel indicateur conduisent, lorsque la nappe baisse, à anticiper les restrictions d'environ un an par rapport aux anciennes règles.
- Une projection de l'évolution de la nappe durant le mois de février, pour fixer le coefficient début mars en fonction du niveau estimé pour début avril : cette projection permet d'anticiper la décision tout en intégrant la tendance et donc la robustesse ou la fragilité conjoncturelle de la nappe (favorable si il y a une recharge en cours, défavorable si la vidange naturelle est supérieure à la recharge).

¹ - Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir; f.golaz@eure-et-loir.chambagri.fr

² - Chambre d'Agriculture du Loiret ; xavier.girard@loiret.chambagri.fr

- une interpolation des restrictions entre seuils : construction d'un abaque qui permet d'éviter les effets de seuil. Cet abaque permet de définir début mars, en fonction du niveau de la nappe estimé au 1er avril, le coefficient annuel de gestion (part du volume de référence qui est autorisée au prélèvement).
- Des coefficients de gestion très restrictifs lorsque la nappe est basse (jusqu'à 0.15, soit 85 % de restriction du volume de référence).

Gestion de la Nappe de Beauce Evolution 1999 - 2010



- sectorisation de la nappe en quatre parties gérées avec leurs propres indicateurs : Les secteurs plus périphériques du Fusain(45), du Montargois(45) et du Blésois(41) ont un fonctionnement plus annuel (moins capacitif) et doivent donc être gérés distinctement.
- prise en compte des rivières exutoires (points nodaux du SDAGE) pour la définition de l'état de crise avec mise en œuvre de mesures de gestion coercitives supplémentaires en cours de saison le cas échéant.

Simultanément, des actions locales sont mises en œuvre pour réduire l'impact de forages, parfois trop proches, sur les rivières exutoires.

En pratique un volume de référence est précisé pour chaque exploitation irrigante. Selon le niveau atteint par la nappe en avril, un coefficient de gestion (inférieur ou égal à 1) est appliqué pour définir le volume prélevable annuel. L'irrigant reste libre de l'utilisation de ce volume au cours de la saison, sauf en cas de crise sur les rivières de son secteur, auquel cas des périodes d'interdiction hebdomadaires lui sont imposées en plus. Il tient un registre de comptage et en fin d'année il déclare à l'administration les index de ses compteurs (contrôlables) et le volume consommé correspondant.

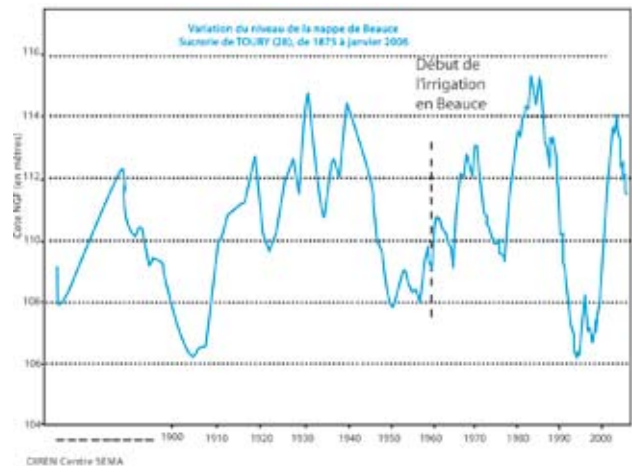
DISCUSSION - CONCLUSION

Dès 1994, la profession agricole s'est engagée activement pour la réussite de cette gestion aujourd'hui finalisée dans le cadre du Schéma d'aménagement et de gestion des eaux. Un travail important d'explication et de sensibilisation des agriculteurs à la nécessité de gérer pour préserver le droit à l'irrigation a été fait et devra continuer.

De nombreuses difficultés doivent encore être surmontées :

- comment rendre acceptables sur le terrain des mesures de restriction très différentes d'un secteur à l'autre ?
- comment accompagner les agriculteurs et les filières si une recharge insuffisante devait entraîner les réductions d'irrigations drastiques prévues par les règles de gestion ?
- comment adapter cette gestion aux nouvelles exigences réglementaires de mise en place d'un organisme unique de gestion (OU) ?

Plus inquiétante encore est l'exigence actuelle de résultat environnemental, alors que la nature elle-même n'est pas infaillible : en 1906, après 15 années sèches, la nappe de Beauce était au plus bas sans irrigation ! La gestion mise en place ne fait donc que réduire le risque d'occurrence des situations de crise. C'est un compromis entre préservation de l'environnement et préservation de l'économie agricole... sans garanties de résultats ni pour l'un ni pour l'autre ! La crainte est aussi que chaque période difficile n'engendre une remise en cause et un durcissement de la gestion conduisant inéluctablement à long terme à la suppression de toute irrigation sans plus de garantie de résultat sinon celui d'un sinistre économique.



EVALUATION DES IMPACTS DE RESTRICTIONS D'EAU POUR L'USAGE AGRICOLE EN BEAUCE UNE DÉMARCHE À L'ÉCHELLE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET DES FILIÈRES DE PRODUCTION

X Girard¹, F Golaz², S Bouarfa³, C Lejars⁴

INTRODUCTION

La nappe de la Beauce est l'un des rares aquifères faisant l'objet en France d'une gestion volumétrique négociée entre la profession agricole et l'administration. Depuis 1999, des volumes de référence sont alloués à chacune des quelques 3 600 exploitations agricoles, réparties sur six départements, qui prélèvent de l'eau à usage agricole dans l'aquifère. Chaque année, les volumes prélevables sont définis par l'application aux volumes de référence d'un coefficient de réduction fonction du niveau piézométrique moyen.

Depuis 2003, la décroissance du niveau de la nappe a conduit à une diminution importante des volumes prélevables et présage d'un avenir difficile. Quel seraient, dans un contexte de poursuite de décroissance de la ressource, les conséquences sur les stratégies d'irrigation et in fine sur les exploitations agricoles, puis sur les filières agro-industrielles qui dépendent de leur production au niveau local ?

Des résultats ont été acquis pour les exploitations agricoles ; l'étude est en cours pour la partie filière.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une étude conduite et encore en cours par les Chambres d'agriculture du Loiret et d'Eure et Loir, du Cemagref et du Cirad, a reposé sur l'élaboration de typologies d'exploitations agricoles à partir des fichiers administratifs et des informations technico-économiques des chambres d'agriculture, de la mise en œuvre d'un modèle agronomique liant irrigation et rendement, une approche participative avec des comités techniques constitués d'agriculteurs et de représentants de filières, et des enquêtes auprès des acteurs locaux (pour plus d'information, voir Bouarfa et al., 2011).

Cette approche a reposé sur le test de différents scénarios articulant des restrictions d'eau d'irrigation allant jusqu'à 80 % de diminution de quotas, des scénarios climatiques combinant pluviosité de printemps et d'été, et des scénarios de prix agricoles. Plus de 18 combinaisons de scénarios ont été testés en comités technique.

¹ - Chambre d'agriculture du Loiret

² - Chambre d'agriculture d'Eure et Loir

³ - UMR G-Eau (Gestion, Acteurs et usages de l'eau), CEMAGREF, Montpellier, France

⁴ - UMR G-Eau (Gestion, Acteurs et usages de l'eau), CIRAD, Montpellier, France

RÉSULTATS

Quatre grands types d'exploitations agricoles irriguées peuvent être distingués sur la Beauce. Toutes 4 ont un assolement composé d'au moins 50% de céréales à paille (céréales d'hiver et orge de brasserie), mais elles se distinguent par leurs têtes d'assolement : colza, maïs betterave, ou légumes.

Face à d'éventuelles restrictions en eau, deux sortes d'adaptation sont envisagées :

- (i) la réduction des apports d'eau d'irrigation aux cultures et/ou ;
- (ii) la modification de l'assolement prévu à la fin de l'été précédant la campagne d'irrigation. Les enquêtes ont aussi montré que les quotas d'eau initialement négociés par la profession agricole en 1999 étaient confortables pour la plupart des exploitations, avec toutefois des hétérogénéités de marge disponible. Soulignons que cette marge fut pour les agriculteurs, un élément important pour accepter la mise en place de la gestion volumétrique.

Pour une restriction de 60% des quotas, les agriculteurs ont principalement réagi par une adaptation tactique en réduisant les doses d'irrigation. Quelle que soit l'orientation de l'exploitation, l'utilisation du volume disponible était raisonnée sur l'ensemble de la sole irriguée, avec une répartition prévisionnelle de la quantité d'eau pour satisfaire en priorité les cultures d'été, à plus forte plus-value (maïs) ou sous contrat (légumes ou betteraves).

L'irrigation de printemps était, au besoin, restreinte pour sécuriser l'irrigation d'été. Mais si l'été s'avérait humide, une partie du volume disponible n'était pas utilisée. L'existence d'un tel volume, dénommé « volume mort » n'était donc pas synonyme d'une sous-utilisation structurelle du volume d'eau alloué mais d'une gestion rationnelle du volume prélevable.

Une restriction de 80% des quotas a également été testée. Certains agriculteurs ont refusé d'envisager ce scénario considéré comme inacceptable. Les autres ont profondément modifié la structure de production

de leur exploitation pour s'adapter à cette restriction. Dans les trois exploitations-types, les cultures d'été ont été réduites au strict minimum : le maïs a disparu des assolements ; un seul type de légumes a été maintenu là où il pouvait y en avoir plusieurs et les surfaces ont été divisées par trois (de 30 ha à 10 ha dans l'exemple traité) ; la betterave à sucre associée à un quota de production a été conservée aux dépens du colza industriel, sans quota ; le pois protéagineux a disparu car il nécessitait d'être arrosé mais bénéficiait d'une marge plus faible ; l'orge diminuait fortement car nécessitait d'être irrigué pour atteindre un taux de protéine précis dans les grains afin d'être valorisé en brasserie. Des successions simplifiées de type colza / blé tendre / blé dur ont réapparu. De manière générale, la proportion de céréales d'hiver, blé tendre et blé dur, a augmenté. Enfin, la simplification des assolements a été d'autant plus drastique que les sols étaient superficiels et les cultures vulnérables à la sécheresse.

Les excédents bruts d'exploitation (EBE), indicateur économique principal, ont été évalués pour dix huit simulations réalisées au cours de trois ateliers. En climat défavorable (printemps et été secs) l'irrigation ne joue plus son rôle d'assurance sécheresse, y compris avec le niveau de restriction de 60%. Les EBE dégagés ne permettent alors pas de rembourser les charges d'emprunts des exploitations. En situation de prix défavorables, les EBE deviennent négatifs.

PERSPECTIVES

L'étude se poursuit pour évaluer les conséquences des restrictions d'eau à l'échelle des filières. La démarche proposée vise à évaluer l'impact de différents scénarios de restrictions des volumes prélevables en termes de résultats économiques et de valorisation de l'eau à l'échelle de la filière agréant un ensemble de producteurs-fournisseurs. Elle s'appuie sur un modèle permettant de tester l'impact de différents scénarios d'organisation des productions sur la base de quelques paramètres économiques à l'échelle des exploitations et des unités de transformations. Ce modèle représentera des « structures agro-industrielles » caractérisées par des unités de production (exploitations types), des opérateurs intermédiaires (transporteurs, centres de stockage), des unités de transformations (usines) et les flux de matières premières entre chacun de ces opérateurs.

RÉFÉRENCES:

Bouarfa S, Brunel L, Ruelle P, Morardet S, Mailhol JC, Granier J, 2010, Evaluation en partenariat des possibilités d'adaptation des stratégies d'irrigation en cas de restriction des prélèvements dans la nappe de Beauce (France)- Cahier de l'agriculture.

DE LA QUANTIFICATION DES IMPACTS ANTHROPIQUES À LA DISCRIMINATION DES SOURCES DE PERTURBATION DE LA QUALITÉ DES EAUX CAPTÉES EN MILIEU KARSTIQUE : ÉTUDES ALPINES.

Fabien Hobléa¹, Marc Dzikowski¹, Grégory Tissier¹, Didier Cailhol²,...

PROBLÉMATIQUE : MIEUX CONNAÎTRE LES SOURCES ET PROCESSUS D'ALTÉRATION D'UNE RESSOURCE PARTICULIÈREMENT VULNÉRABLE.

Les milieux karstiques représentent un véritable défi pour l'application de la réglementation en matière de protection des captages d'eau potable (Marchet et Cadilhac, 2008). Pour les karsts de montagne, généralement de type très transmissif, situés dans un contexte anthropique dominé par les activités pastorales, forestières et touristiques, ce sont les normes de potabilité en matière de turbidité et de bactériologie qui posent avant tout problème.

Pour autant, les mesures de protection des captages en milieu karstique ne peuvent se contenter d'une application aveugle du principe de précaution consistant à évacuer toute activité susceptible d'altérer la qualité de l'eau captée. D'où la recherche de protocoles d'études d'impacts et de seuils de « capacité de charge » spécifiquement ciblée sur telle ou telle activité : pour les karsts de montagne, quels sont ainsi les impacts spécifiques d'activités emblématiques telles que la spéléologie ou l'exploitation forestière ?

Mots clefs : aquifères karstiques de montagne, impacts anthropiques, spéléologie, exploitation forestière, Alpes françaises du nord.

RECHERCHES CONCERNANT L'IMPACT DE LA SPÉLÉOLOGIE SUR LA QUALITÉ DES EAUX KARSTIQUES CAPTÉES EN ZONE DE MONTAGNE.

Ces recherches menées entre 2000 et 2007 en partenariat avec la Fédération Française de Spéléologie étaient destinées d'une part à mettre au point un protocole d'étude d'impact de la pratique spéléologique sur la qualité des eaux karstiques captées, et d'autre part d'appliquer ce protocole à des cas à forts enjeux de protection mettant en péril la pérennité de l'activité spéléologique (Hobléa et Picollier, 2006).

La recherche d'indicateurs et paramètres clefs a conduit à ne retenir finalement que la turbidité et la bactériologie. Le protocole, baptisé PEIPSEK (Protocole d'Etude d'Impact de la Pratique Spéléologique sur les Eaux Karstiques) est appelé à faire référence dans le cadre de

l'institution de la nouvelle réglementation sur les études d'incidence des pratiques de sport de nature dans les zones Natura 2000. Il consiste en :

- une étude des caractéristiques physiques et anthropiques du site pour déterminer la sensibilité de la ressource et son état initial avant expériences, au regard des deux paramètres clefs.
- Une analyse, à l'aide de traçage(s), du temps de transfert des circulations d'eau entre le(s) point(s) de contact spéléologues / drain actif et le point de captage.
- Une expérience in situ avec un groupe-test de spéléologues devant effectuer un certain nombre d'actions-types susceptibles de perturber les paramètres clefs, suivis en continu au point de captage et ponctuellement en amont depuis le(s) point(s) de contact.
- Une interprétation des résultats en termes d'impacts sur la ressource captée et des propositions de mesures de gestion de l'activité spéléologique dans les périmètres de protection (détermination de seuils, capacités de charge et périodes sensibles).

La validation de ce protocole a été effectuée sur les sites du captage souterrain (forage) de la Féclaz (massif des Bauges, Savoie), et du captage de la grotte du Brudour en Vercors (Drôme).

RECHERCHES SUR LES IMPACTS DE L'ACTIVITÉ FORESTIÈRE SUR LA RESSOURCE EN EAU KARSTIQUE DE MONTAGNE.

La démarche, initiée fin 2009 dans le cadre du programme franco-suisse AlpEau, est ici centrée sur la recherche des marqueurs de l'activité forestière s.l. en cherchant à distinguer les signaux de l'activité biologique de la formation végétale et les signaux de l'exploitation anthropique.

Dans les Alpes du Nord, la sylviculture peut occasionner une mobilisation du sol et ainsi engendrer une augmentation du ruissellement et du transport de matériaux en suspension et dissouts. Ces phénomènes se traduisent entre autres, par des pics de turbidité aux émergences karstiques, rendant l'eau impropre à la

¹ - Edytem, UMR CNRS-Université de Savoie.

fabien.hoblea@univ-savoie.fr, marc.dzikowski@univ-savoie.fr, gregory.tissier@univ-savoie.fr

² - Commission Scientifique Fédération Française de Spéléologie. *didier.cailhol@wanadoo.fr*

consommation humaine. Du côté français l'étude en cours, effectuée en partenariat avec l'ONF et la communauté d'agglomération Chambéry Métropole, repose sur trois sites pilotes en milieu karstique de moyenne montagne et sous couvert essentiellement forestier. Ils ont été instrumentés afin de suivre en continu aux émergences l'évolution de la turbidité et de la matière organique à l'aide d'un fluorimètre de terrain. L'originalité de l'étude porte essentiellement sur l'analyse fine de la matière organique (MO) afin de caractériser le transport de matériels pédologiques mobilisés par ruissellement. En complément du suivi en continu, un échantillonnage hebdomadaire permet de caractériser les types de MO par analyses spectrofluorimétriques. L'utilisation des matrices d'excitation-émission de fluorescence permet la caractérisation de la matière organique dissoute présente dans les eaux souterraines et de définir des modèles d'écoulements.

Le suivi et l'analyse des trois sites pilotes a permis de mettre en évidence que bien que ces systèmes karstiques aient une réponse impulsionnelle similaire, leurs degrés d'évolution sont différents, ce qui a une incidence sur le transport de la MO. Cependant, il a été possible de

déterminer qu'un type de MO répondait très bien aux activités forestières. Cette réactivité a été corrélée avec les variations de deux autres paramètres suivis : le Carbone Organique Total (COT) et l'azote total.

La caractérisation des incidences des activités forestières programmées sur les bassins versants (coupes, création de piste, ...) devrait à terme permettre d'associer et de concilier la gestion forestière et la gestion de la ressource en eau.

RÉFÉRENCES

Hobléa F. et Picollier J. (2006) Etude d'impact de la pratique spéléologique sur la qualité des eaux souterraines karstiques captées. Actes 4èmes Assises Nationales de l'Environnement Karstique. 25-26 septembre 2004, Sorèze. Spelunca Mémoires 32, FFS, 74-80.

Marchet P. et Cadilhac L. (2008) Stratégie de protection des ressources en eau dans le karst : où en est-on en France ? Actes Journée technique du Comité Français de l'AIH : Hydrogéologie et karst au travers des travaux de Michel Lepiller. 16-17 mai 2008, Orléans, 39-46.

UN EXEMPLE DE GESTION DÉLICATE DES RESSOURCES EN EAU EN MILIEU SEMI-ARIDE : EXEMPLE DU BASSIN DU MERGUELLIL EN TUNISIE CENTRALE

Alazard M.¹, Leduc C.², Le Goulven P.³, Ogilvie A.⁴, Beji R..⁵, Travi Y.⁶

CONTEXTE GÉNÉRAL

La région méditerranéenne se caractérise par une grande hétérogénéité de la distribution spatiale et temporelle des ressources en eau, de surface et souterraines. Les écoulements de surface sont généralement intermittents, souvent violents et donc difficilement maîtrisables. Pour en améliorer l'utilisation, des aménagements existent sous de nombreuses formes, traditionnels ou modernes. Malgré cela, le bilan hydrique actuel offre/demande reste souvent déficitaire et les ressources souterraines sont largement mises à contribution. Dans ces environnements semi-arides l'infiltration des crues des oueds est souvent la principale source de recharge des aquifères. Au cours des dernières décennies, la multiplication des barrages et la construction d'ouvrages de conservation des eaux et des sols (CES) induit très souvent une forte diminution des écoulements de surface en aval et aussi des modifications dans les processus et flux de recharge des nappes. Des situations complexes nouvelles sont ainsi créées, nécessitant des modes de gestions adaptés.

En Tunisie centrale, le bassin versant du Merguellil fournit un exemple de gestion de la ressource profondément modifiée par les multiples aménagements. Il revêt une importance stratégique pour la région. Les écoulements intermittents de l'oued alimentaient la nappe phréatique de la plaine de Kairouan, dans la partie inférieure du bassin. Le barrage d'El Haouareb construit en 1989 bloque désormais les écoulements de surface, à l'exception de quelques très rares lâchers. La plaine de Kairouan constitue le plus fort potentiel de développement agricole du pays et sa nappe alluviale est un très vaste réservoir (3000 km² sur plus de 600 m d'épaisseur). Elle est surexploitée par des milliers de forages privés et des périmètres irrigués publics (8 800 ha), ce qui provoque une baisse piézométrique de 0.25 à 1 m/an depuis les années 1980 (Leduc et al. 2004). Les pompages pour l'AEP, à l'amont comme à l'aval du barrage, représentent également une très forte ponction sur les ressources en eau régionale.

CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN

Le bassin versant du Merguellil comprend deux entités très contrastées : le bassin amont (1200 km²) et le bassin aval qui fait partie de la grande plaine de Kairouan. L'amont est caractérisé par l'hétérogénéité des formations géologiques, des couverts végétaux et de l'occupation des sols alors que l'aval fait partie d'un grand bassin sédimentaire détritique du Quaternaire beaucoup plus homogène.

La plaine aval connaît une activité agricole intense et majoritairement irriguée alors que le bassin amont a des modes de cultures plus variés, avec de l'agriculture d'abord pluviale. Le bassin amont plus montagneux (altitude entre 200 et 1200 m) enregistre des précipitations moyennes variant entre 300 et 500 mm/an d'aval en amont alors que la plaine qui s'élève entre 100 et 200 m ne reçoit en moyenne que 300 mm/an. Les pluies annuelles extrêmes observées à Kairouan sont 703 mm pour l'année 1969/70 et 108 mm en 1950/51. Les précipitations sont concentrées en automne et au printemps et peuvent s'avérer très intenses.

Tout comme la pluviométrie, les écoulements de surface sont très irréguliers : environ 80% des écoulements annuels sont produits en 12 jours. C'est pour palier à des crues dévastatrices comme celle de 1969 qui fit 156 morts que le barrage El Haouareb fut construit. Il assure la double fonction d'écréteur de crue et de stockage d'eau pour l'alimentation d'un périmètre irrigué en aval. Le lac du barrage est souvent vide (37 mois depuis 1989) puisque la majorité de ses eaux se perdent par percolation au travers d'un massif calcaire fracturé. Le bilan hydrique du barrage estime en effet à 63% la part des eaux infiltrées, à 25% la part de l'évaporation et seulement 12% le volume destiné à l'irrigation ou aux lâchers. La retenue du barrage est hydrauliquement connectée à l'aquifère sous-jacent et les eaux infiltrées alimentent la nappe alluviale de la plaine en aval.

¹ - IRD, UMR G-EAU, Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier ; marina.alazard@ird.fr

² - IRD, UMR G-EAU, Montpellier; christian.leduc@ird.fr

³ - IRD, UMR G-EAU, Quito; patrick.legoulven@ird.fr

⁴ - IRD, UMR G-EAU, Montpellier; andrew.ogilvie@ird.fr

⁵ - DGRE, Ministère de l'Agriculture, Tunisie

⁶ - Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, UMR EMMAH; yves.travi@univ-avignon.fr

IMPACTS DES AMÉNAGEMENTS ET GESTION DES RESSOURCES

Avant la construction du barrage, la recharge de la nappe de Kairouan se faisait par infiltration des eaux du Merguellil dans les alluvions de la plaine. Aujourd'hui, l'oued ne franchit plus le seuil d'El Haouareb et la recharge se produit plus en amont via l'aquifère fissuré. Cette modification du fonctionnement hydrologique entraîne une perte significative d'eau par évaporation et concentre la recharge à l'extrême amont de la plaine, au pied du barrage.

A cela s'ajoute la diminution des écoulements du Merguellil, constatée depuis les années 90 (Leduc et al., 2004). La baisse de la pluviométrie observée entre 1976 et 1989 a été évoquée comme une cause majeure de cette diminution des volumes écoulés, mais aussi la surexploitation des aquifères amont induisant une drainance descendante depuis le lit de la rivière (Kingumbi et al., 2005). Par contre, d'autres études mettent en cause la multiplication des ouvrages de CES qui bloquent une grande part des écoulements de versant (Lacombe et al., 2008).

L'utilité des ouvrages de CES a d'ailleurs été largement remise en cause dans le bassin du Merguellil. Ils ont tendance à favoriser l'évaporation sur le bassin, à concentrer l'eau dans des petites retenues où les usages sont parfois inexistantes. Ils diminuent l'écoulement arrivant jusqu'au barrage El Haouareb où il pourrait s'infiltrer et recharger la nappe de la plaine, là où la demande en eau est la plus forte. Cette transformation d'une partie de l'eau bleue en eau verte n'apparaît donc pas comme un bénéfice évident. Par ailleurs, la perte d'efficacité anti-érosive des ouvrages de CES a été clairement identifiée au bout de quelques années d'entretien, la dégradation pouvant être alors plus forte qu'en conditions naturelles. La diminution du débit de l'oued Merguellil et les pertes par évaporation dans le barrage El Haouareb ont donc réduit les volumes rechargeant la nappe de la plaine, alors que celle-ci connaissait en parallèle la très forte hausse des pompes agricoles évoquée plus haut.

Dans le cas précis du barrage d'El Haouareb, bloquer les eaux de surface dans la retenue pour satisfaire l'irrigation est une vision à court terme qui ne correspond pas à une gestion optimale des ressources en eau du bassin. Parmi les améliorations possibles, il est proposé de lâcher les eaux du barrage au printemps pour permettre la recharge de la nappe en aval.

Celle-ci a une capacité de stockage nettement supérieure à celle du barrage et protège des pertes par évaporation en été.

CONCLUSION

Cependant, les diverses mesures permettant de mieux gérer la ressource n'amélioreront que marginalement les volumes disponibles et une grande part des efforts doit désormais porter sur une évolution de la demande en eau, notamment dans le domaine agricole. Des gains sont possibles grâce à des modes de culture plus adaptés que les pratiques d'irrigation actuelles (Le Goulven et al., 2009). Les diverses recommandations dans ce domaine doivent être humblement testées. Il a ainsi été observé au cours des dernières années que les subventions pour le passage à l'irrigation au goutte-à-goutte n'a pas abouti à une diminution du volume de l'irrigation, le moindre apport par unité de surface étant compensé par une extension des surfaces irriguées.

RÉFÉRENCES

- Kingumbi A., Bargaoui Z., Hubert P. (2005) Investigation of the rainfall variability in central Tunisia. *Hydrological Sciences* 50(3), 493-508
- Lacombe G., Cappelaere B., Leduc C. (2008) Hydrological impact of water and soil conservation works in the Merguellil catchment of central Tunisia. *Journal of Hydrology* 359, 210– 224.
- Leduc C., Calvez R., Beji R., Nazoumou Y., Lacombe G., Aouadi C. (2004). Evolution de la ressource en eau dans la vallée du Merguellil (Tunisie centrale). *Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée*, Rabat, du 19 au 23 avril 2004
- Le Goulven P., Leduc C., Bachta M. S., Poussin J-C (2009). Sharing scarce resources in a Mediterranean river basin : Wadi Merguellil in central Tunisia. In "River Basins: Trajectories, Societies, Environments". *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series*, 8. Molle, F. & Wester, P. ed. IMWI and CABI editions, ISBN 9781845935382, 147-170

REMERCIEMENTS

Cette étude a été partiellement financée par le projet européen Wasserved (7^{ème} PCRD).

BILAN ALIMENTATION / PRÉLÈVEMENTS DU BASSIN VERSANT ARROUX-BOURBINCE

Renaud S. ¹, Fouché O. ², Saillé Ch. ³, Nasri B. ⁴

INTRODUCTION

L'étude procède, sur le territoire étudié et dans la mesure des données disponibles, d'une part à un bilan hydrologique complet sur la période 2000-2009, et d'autre part à un bilan des ressources souterraines en eau. Une récurrence du franchissement des seuils d'alerte et de crise a été constatée en période d'étiage.

Mots clés: étiage, bilan hydrologique, tarissement, ressources souterraines.

PRÉSENTATION

L'étude ne traite pas de la qualité des eaux mais procède à un bilan hydrologique quantitatif sur le bassin versant Arroux-Bourbince regroupant environ 204 300 habitants sur une superficie de 3 166 km² (région Bourgogne). L'Arroux est un affluent de la Loire.

RÉSULTATS

Le bilan met en évidence un déficit d'écoulement qui est dans l'ordre de grandeur attendu (environ les 2/3 des 3 milliards de m³ précipités par an) mais qui paraît légèrement excessif à la lumière des formules d'estimation couramment utilisées (Coutagne, et surtout Turc). Les causes possibles sont des pertes karstiques ou l'alimentation de la remontée de nappe du bassin houiller. La réserve régulatrice représente 6 % du volume total écoulé chaque année sur le bassin versant, et elle est souvent épuisée avant l'entrée dans la période sèche. De plus, les prélèvements annuels (AEP et alimentation du canal du Centre, estimés chacun à 3% du volume écoulé à l'exutoire) équivalent au volume de la réserve régulatrice. En période estivale, la réserve régulatrice, entrée dans sa phase asymptotique, assure le débit de base. La variation du débit observée à la station de Rigny sur Arroux est alors directement liée aux précipitations. Ainsi, le maintien d'un débit supérieur au seuil de crise renforcée sera dépendant des précipitations durant la période estivale. Cela dénote une situation critique, d'autant plus que l'alimentation du canal du Centre est une perte nette pour le bassin versant et malgré un retour différé (espace et temps) des volumes AEP au bassin versant via les réseaux d'assainissement. Ces circonstances tendraient à expliquer la fréquence de franchissement du seuil de crise renforcée (4 années sur 10) malgré plusieurs facteurs favorables : la constance démographique, une gestion intelligente voire optimisée par les principales industries, et une irrigation déclarée quasi négligeable.

¹ - Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris : stefrenaud@free.fr

² - Leesu - Ecole des Ponts Paris Tech : olivier.fouche@cnam.fr

³ - Leesu - Ecole des Ponts Paris Tech : saillec@leesu.enpc.fr

⁴ - Leesu - Ecole des Ponts Paris Tech : nasrib@leesu.enpc.fr

En outre, 25 % de la population du bassin versant est dépendante d'un assainissement non collectif (ANC) ; ce mode d'assainissement participe directement à la recharge de la nappe.

La carte géologique du bassin montre une très forte disparité des formations. Les calcaires et marnes du Lias + Bajocien et de l'Oligocène sont peu représentés, les grès rouges du Permo-Trias sont bien présents ainsi que des sédiments détritiques indifférenciés du Saxonien et de l'Autunien (Permien), et surtout les roches plutoniques de l'anté-Permien sont très largement affleurantes.

Les sables et argiles du Bourbonnais du Plio-Quaternaire occupent des surfaces non négligeables dans le sud du bassin versant. Le faciès prédominant est constitué de sables et de graviers. Compte tenu de ces caractéristiques, ces formations sont déjà partiellement exploitées et pourraient se révéler intéressantes.

Au sud, la géologie est principalement composée du bassin houiller de Blanzy. Les formations houillères du Stéphano-Permien représentent un gisement important en volume mais inexploitable pour l'adduction en eau potable (AEP) ou l'irrigation en raison de sa très forte minéralisation.

Enfin, dans les différents massifs granitiques de l'anté-Permien de la partie nord du bassin versant, on note des débits de l'ordre de la dizaine de m³/h. Sous la faible couverture des arènes granitiques, ces aquifères fissurés présentent l'avantage d'avoir des débits suffisants et constants, et une bonne accessibilité.

DISCUSSION - CONCLUSION

Les préconisations pour faire face à la récurrence du manque d'eau s'orientent selon deux axes : la création d'une retenue de l'ordre de 12 millions de m³ est proposée afin de soutenir les débits d'étiage de l'Arroux, accompagnée d'une politique de préservation de la ressource (lutte contre les pollutions, économie d'eau par le biais notamment du perfectionnement des réseaux de distribution et surveillance des prélèvements alternatifs, estimés à 15 % de la consommation moyenne annuelle d'eau potable). Le second axe concerne l'exploration de gisements souterrains non encore ou peu exploités dans la partie nord du bassin versant, précisément sur les granites affleurants de l'anté-Permien, avec mise en place d'une protection de cette réserve potentielle.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE 3D DU SYSTÈME FLUVIO-KARSTIQUE DU VAL D'ORLÉANS POUR UNE GESTION OPTIMISÉE DE LA RESSOURCE

Auterives C.¹, Binet S.¹, Albéric P.¹, Martel B.²

INTRODUCTION

Le système fluvio-karstique du Val d'Orléans est une réserve stratégique pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Orléans (200 000 habitants), l'irrigation et l'industrie. Les sources du Loiret (Albéric, 2008) en sont une résurgence karstique et sont liées aux circulations souterraines des pertes de Loire infiltrées en amont (Figure 1). Le constat d'une diminution des débits estivaux du Loiret dans un contexte de régime stable de la Loire a conduit à s'interroger sur l'évolution des réserves de la ressource en eau du Val d'Orléans.

Dans le cadre du schéma d'aménagement de la gestion des eaux du Loiret (Sage Loiret), la Commission Locale de l'Eau (CLE) a souhaité mené une étude sur le fonctionnement du Val d'Orléans afin d'améliorer la gestion de la ressource. Les questions principales portent sur les volumes des réserves en eau souterraine et les facteurs pouvant influencer significativement cette ressource (prélèvements AEP, prélèvements agricoles et/ou industriels, surcreusement du lit de la Loire, changements climatiques globaux). Pour répondre à ces questions, le projet ICERE (Impacts des Changements Environnementaux sur le Ressource en Eau) réalise une modélisation 3D des écoulements dans ce système. Les conclusions de cette étude auront une incidence réglementaire en matière de gestion des pratiques agricoles, d'autorisation d'implantation d'industrie consommatrice d'eau ou encore du raccordement de nouvelles communes sur ce réseau de distribution d'eau potable. En effet, elles permettront d'optimiser entre les usagers les quantités d'eau pompées.

Key words: Val d'Orléans, Fluvio-karst, Modélisation hydrogéologique, AEP.

MÉTHODES

Une remarquable base de données géologiques, hydrogéologiques et hydrologiques (coupes géologiques, données de forages, paramètres hydrodynamiques, chroniques et cartes piézométriques, essais de pompages, données de prélèvements, données de débits de la Loire et du Loiret, pluviométrie, essais de traçages, etc.) existe sur le Val d'Orléans. Un inventaire détaillé de la disponibilité et de la localisation

de ces données (Agence de l'Eau, BRGM, Lyonnaise des Eaux, Université, etc.) a donc été réalisé. Elles ont ensuite été collectées et géoréférencées dans un système d'information géographique (SIG). A partir de différentes méthodes d'interpolation (géométrie 3D, géostatistique), la géologie du Val d'Orléans a pu être finement décrite.

De la même manière les données d'observations ponctuelles du réseau karstique traversant le Val d'Orléans ont permis de proposer une géométrie probable du réseau souterrain. Ces réseaux ont été intégrés dans un modèle hydrogéologique 3D à éléments finis avec le logiciel Feflow (Diersch, 2001).

RÉSULTATS

Les systèmes karstiques sont des milieux extrêmement hétérogènes présentant une matrice peu perméable traversée par un réseau de conduits. La difficulté porte sur la modélisation de ce réseau karstique notamment la description et la localisation des conduits à partir d'observations ponctuelles. L'inventaire des données sur le réseau karstique de la nappe des calcaires de Beauce a permis de répertorier 341 cavités karstiques de surface dans le Val d'Orléans (perte, source, fontis, effondrement, etc.), 103 cavités karstiques en profondeur de 0,1 à 3m de diamètre (observées dans les coupes géologiques des forages) et 24 traçages artificiels réalisés dans le Val d'Orléans. Ces observations ont permis de proposer, en s'appuyant sur différentes méthodes d'extrapolation (géométrie 3D, géostatistique, etc.), une géométrie du réseau karstique la plus probable pour le Val d'Orléans, géométrie qui est alors intégré dans le modèle hydrogéologique.

Le modèle une fois calibré permettra de valider ou non les hypothèses faites sur la géométrie de ce réseau. Ensuite différents scénarios climatiques (précipitation), anthropiques (prélèvement) et/ou environnementaux (niveau de la Loire) seront proposés pour tester la vulnérabilité de la ressource à ces différents paramètres.

¹ - ISTO – Université d'Orléans, UMR 6113 – INSU-CNRS/Université d'Orléans, chrystelle.auterives@univ-orleans.fr ; stephane.binet@univ-orleans.fr ; patrick.alberic@univ-orleans.fr

² - Communauté d'Agglomération Orléans Val de Loire, Commission Locale de l'Eau Val Dhuy Loiret, BMARTEL@agglom-orleans.fr

CONCLUSION

A l'issu de ce travail de modélisation, sera établi un diagnostic sur l'état de la ressource en eau et sa vulnérabilité quant aux différents usages (AEP, irrigation, industrie, etc.). Il aura des implications importantes quant à la gestion de la ressource. Si la ressource s'avérait qualifiée d'« insuffisante », le Val d'Orléans serait classé en « zone de répartitions des eaux (ZRE) » où la ressource serait alors partagée entre les différents usages avec des seuils de prélèvements plus contraignants. De plus, cela fermerait la porte à de nouvelles possibilités de raccordement d'autres communes sur ce réseau de distribution.

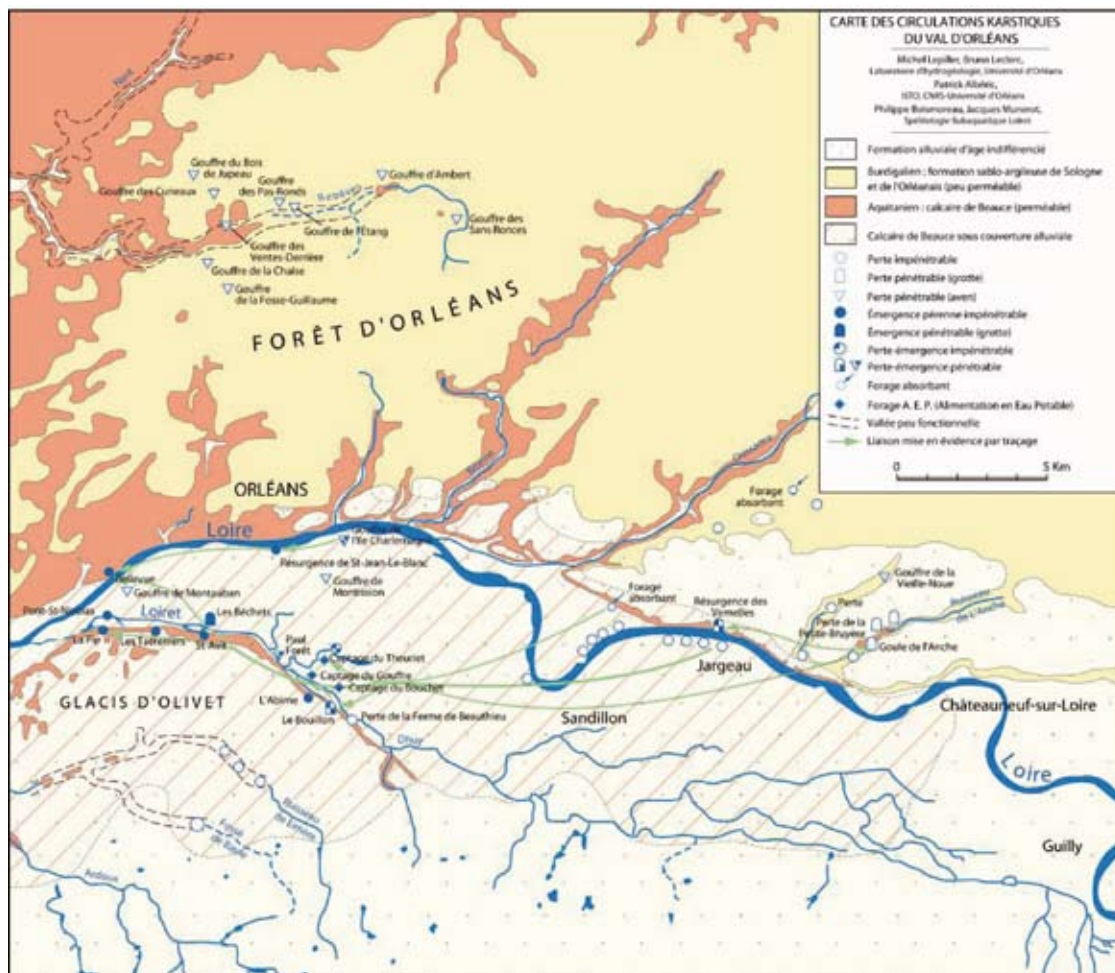
RÉFÉRENCES

Albéric P. 2008. Les trois pertes-émergences (ou inversacs) du domaine de la Source (Loiret). Actes du colloque Hydrogéologie et Karst au travers des travaux de Michel Lepiller, p.117-126.

White papers vol 1, chapitre 9: 147-190, WASY Ltd, Berlin.

Joigneaux E., Pauwels H., Albéric P., Bruand A. 2010. Relations entre régimes hydrologiques et circulations atmosphériques à grande échelle : exemple d'épisodes d'inversions de courant dans un environnement karstique (France), 23ème Réunion des Sciences de la Terre, Bordeaux 25-29 octobre 2010.

Figure 1 : Carte des circulations karstiques du Val d'Orléans



RELATIONS ENTRE RÉGIMES HYDROLOGIQUES ET CIRCULATIONS ATMOSPHÉRIQUES À GRANDE ÉCHELLE : EXEMPLE D'ÉPISODES D'INVERSIONS DE COURANT DANS UN ENVIRONNEMENT KARSTIQUE (FRANCE).

Joigneaux Emmanuelle^{1,2}, Pauwels Hélène¹, Albéric Patrick²,
Bruand Ary², Terray Laurent³, Pagé Christian³

INTRODUCTION

Dans les environnements fluvio-karstiques, les conditions hydrologiques déterminent la répartition entre les écoulements de surface et souterrains, qui est donc susceptible d'être modifiée par le changement climatique, responsable de variations des précipitations et en conséquence du débit des cours d'eau. Cette question est posée pour le système hydrologique du Val d'Orléans, constitué par un aquifère à la fois alluvial et karstique où deux types d'écoulements de surface participent à la recharge de l'aquifère: la rivière Loire et les écoulements locaux. La variation de contribution relative de ces deux écoulements est illustrée par le fonctionnement temporaire en perte d'une source du Loiret (rivière locale). Ces apports directs depuis la surface, peuvent à terme nuire à la qualité de la ressource souterraine. Reconstruire l'occurrence de ces inversions de courant et prédire leur évolution est nécessaire pour déterminer l'évolution qualitative de la ressource en eau, face aux changements hydrologiques, aux variations météorologiques et à un possible changement climatique.

Key words: Changement climatique, karst, eaux de surface, inversion de courant

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour déterminer l'occurrence passée des inversions de courant dans le Val, les données de débits journaliers de la rivière Loire et d'une rivière locale (le Dhuy) ont été mises en relation sur une période de 40 ans.

Afin de relier ces inversions de courant aux circulations atmosphériques à grande échelle, les résultats d'une méthode de désagrégation d'échelle statistique, appelée méthode des types de temps, ont été utilisés.

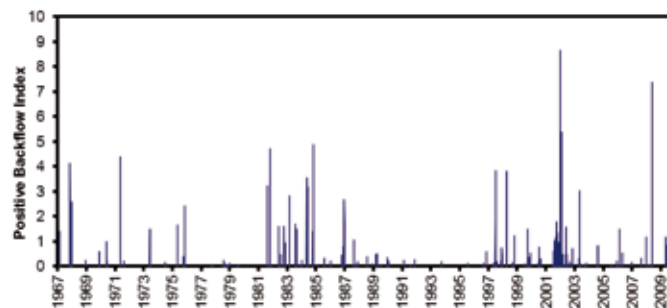
RÉSULTATS

L'occurrence des épisodes d'inversion a été calculée à partir des débits des rivières entre 1967 et 2009, montrant une alternance de périodes longues avec inversions (1997-2001) et sans inversions (1989-1993). Ces périodes sont liées à l'occurrence de certains types de temps, témoins des circulations atmosphériques à grande échelle, qui contrôlent les précipitations sur la zone d'étude. Des types de temps déclencheurs ou non d'inversions de courant ont été définis à l'échelle journalière.

DISCUSSION - CONCLUSION

Les types déclencheurs ont une fréquence d'apparition plus grande pendant la période d'observation 1997-2001 que pendant la période sans inversion, confirmant leur rôle dans l'évolution des pluies locales et donc des niveaux des rivières. L'évolution de la fréquence des inversions de courant pour la fin du XXIème siècle a été estimée grâce à la modélisation de fréquence d'apparition des types de temps : sur la période 2050-2099, leur occurrence devrait diminuer, réduisant le risque d'inversion dans le Val d'Orléans, pourvu qu'une intégration plus longue des séquences de types de temps n'entraîne pas une diminution plus importante des débits de la Loire.

Figure : Les indices d'inversion de courant calculés de 1966 à 2009 montrent une alternance de périodes avec peu d'inversions (1971-1980 et 1989-1995) et de périodes avec de fréquentes d'inversions de courant (1981-1988 et 1997-2003), dépendantes des débits des rivières et donc des variations de précipitations à l'échelle pluri-annuelle.



¹- BRGM Service Eau, France : e.joigneaux@brgm.fr, h.pauwels@brgm.fr

²- ISTO CNRS – Université d'Orléans, France : patrick.alberic@univ-orleans.fr

³- CERFACS, Toulouse, France : laurent.terray@cerfacs.fr ; christian.page@cerfacs.fr

ETUDE DES FLUCTUATIONS DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE GHRISS MASCARA –ALGÉRIE

H. Benfetta¹, B. Remini², C. Leduc³

INTRODUCTION

La plaine de Ghriss s'étend sur 1185 km² dans la wilaya de Mascara, à une altitude moyenne de 585 m. Son climat semi-aride a connu une forte sécheresse entre 1994 et 2004, avec une pluie annuelle moyenne de 260 mm au lieu des 400 à 500 mm connus sur le long terme. La plaine de Ghriss est une région à vocation agricole avec un maraîchage dominant. Le niveau moyen des eaux des puits ou forages dans cette plaine est estimé à 70 m et plusieurs puits d'observations du réseau piézométrique sont secs. Le volume d'eau extrait est estimé à 88 hm³/an alors que l'apport des nappes n'est que de 56 hm³/an soit un déficit de 32 hm³/an. Cette plaine souffre d'une surexploitation due à la pratique agricole et à la croissance démographique à travers l'AEP. En espérant un retour rapide des conditions météorologiques favorables, une politique de gestion de l'eau est inévitable pour sauver cette plaine qui est la plus riche de l'Oranie du point de vue agricole. La ville de Mascara se trouve à environ 80 km au Sud-est d'Oran, sur le flanc Sud des monts de Béni Chougrane. C'est le chef lieu d'une wilaya comprenant 8 localités très modestes autour desquelles vit une importante population dans les douars disséminés dans la plaine. L'une d'elle, Sidi Kada,

avec le mausolée de Sidi Mahiédine, a abrité dans le passé la Smala de l'Emir Abd el Kader. Cette région est l'une des plus riches contrées agricoles de l'Oranie. La Wilaya de Mascara se situe dans l'ouest algérien ; elle est limitée à l'Est par la Wilaya de Tiaret, au Nord les Wilayas d'Oran et Mostaganem, à l'Ouest par la Wilaya de Sidi Bel Abbès et au Sud par la Wilaya de Saïda. « Quant à la plaine de Ghriss, elle fait partie du bassin hydrologique de la Macta (14389km²). Elle englobe une superficie de 1185 km² couvrant tout le sous bassin de l'oued Fékan.» Cette plaine était occupée par des marécages qui persistent encore de nos jours dans la région de Maoussa (marais de Sidi Lahssen) et du nord de Tizi. Elle est limitée: Au Nord, par les Monts de Beni Chougrane, Au Sud, par les Monts de Saïda, A l'Ouest, par les Monts de Bouhanifia (Djebel Oucilles), A l'Est,

par le plateau de Tighennifine, au-delà duquel commence le bassin de l'oued Mina. La morphologie de la plaine présente différents aspects : Au Nord et à l'Ouest des piémonts formant des bas reliefs, Au centre des buttes témoins d'un autre environnement et des monticules rocheux assez élevés, Au Sud d'importants massifs d'aspect tabulaire, coiffés de sommets dépassants 1000 m (monts de Nesmoth), A l'Est, un relèvement du sol forme le sol de Témaznia entre Tighennif et la vallée de l'oued Haddad. Nous avons utilisées les données piézométriques fournies par l'agence nationale des ressources hydriques d'Oran durant la période (1970-2002).

Mots clés : Fluctuation - Eaux souterraines – Déficit – Surexploitation - Plaine de Ghriss – Algérie

DESCRIPTION DU RÉSEAU PIÉZOMÉTRIQUE DE LA PLAINE DE GHRISS

Jusqu'en 1998, en matière de suivi piézométrique, seul l'aquifère du quaternaire était concerné par le réseau témoin, composé en majeure partie de puits. Par la suite, sept (7) piézomètres ont été réalisés et insérés au réseau. Celui-ci compte aujourd'hui soixante seize (76) puits d'observation. Toutefois, il faut signaler que sur ces 76 puits, seuls 41 ont un niveau d'eau mesurable; les autres puits sont soit secs soit n'ont pas pu être mesurés (abandonnés, zone hostile, fermés...). Les abaissements des niveaux du plan d'eau, l'assèchement des puits de faible profondeur, la prolifération des forages illicites atteignant généralement le substratum, l'approfondissement des autres ouvrages et la sécheresse qui persiste depuis plusieurs années engendrent des changements fréquemment des puits d'observation. De nombreux puits ont été secs durant des années ou ont fait l'objet d'un agrandissement (figure 1, figure 2, figure 3).

¹ - Maître de Conférences, Université de Mostaganem, Algérie, Benfettahassen@yahoo.fr

² - Professeur, département de Génie Rural de l'Université de Blida, Algérie, reminib@yahoo.fr

³ - Directeur de recherche, IRD France, Christian.Leduc@ird.fr

Figure 1: Cartes piézométriques de la plaine de Ghriiss

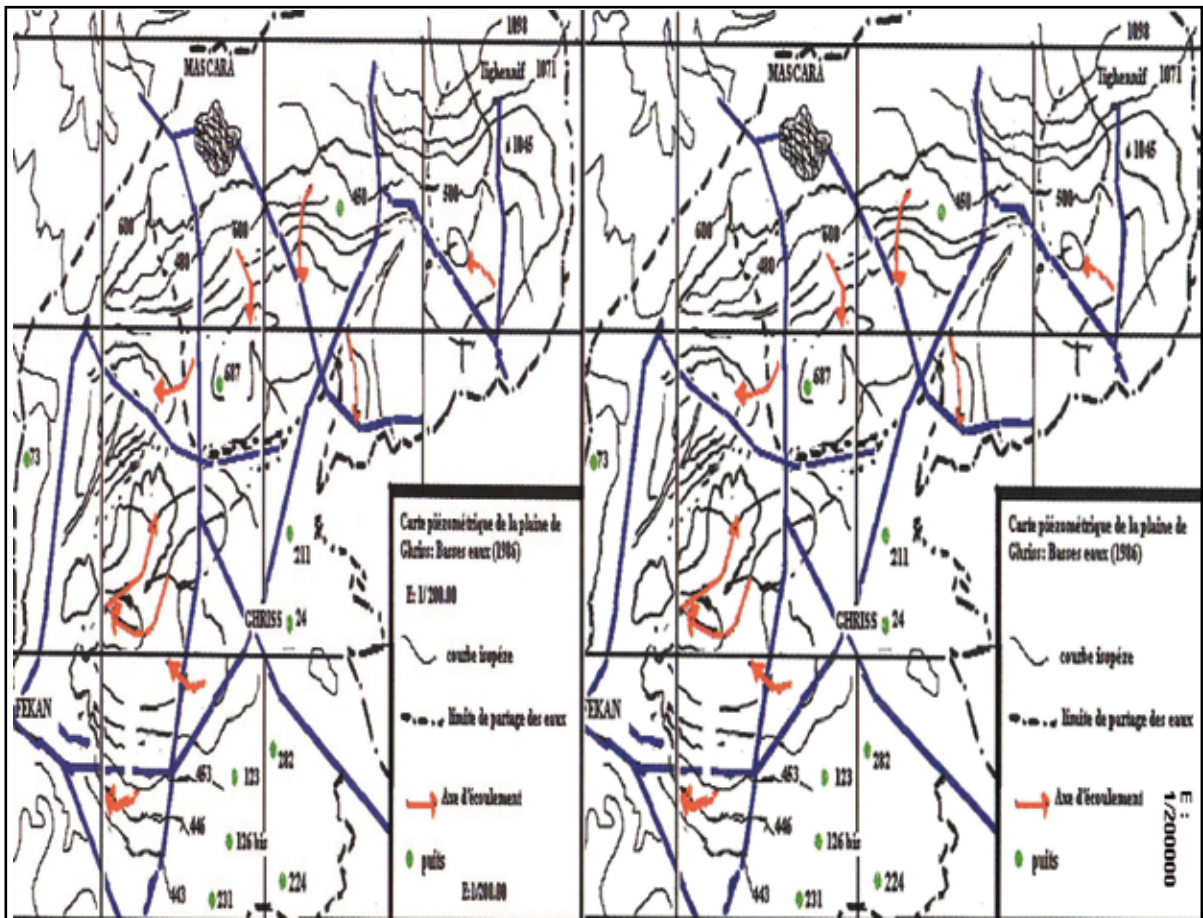


Figure 2: Carte de localisation du réseau de surveillance piézométrique de la plaine de Ghriiss

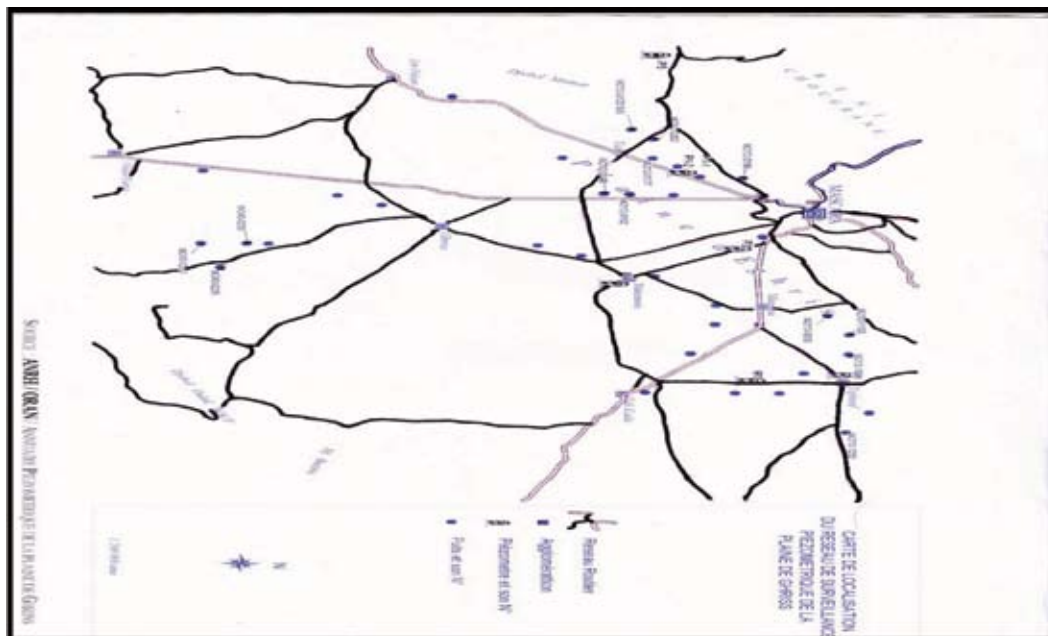
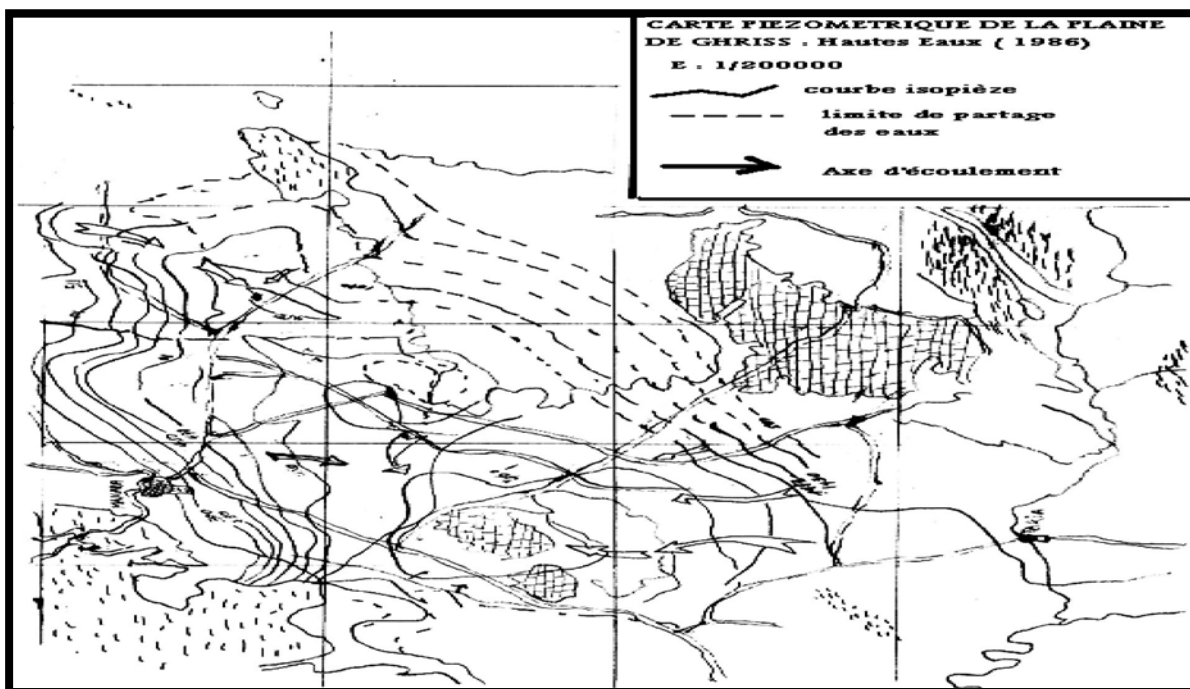
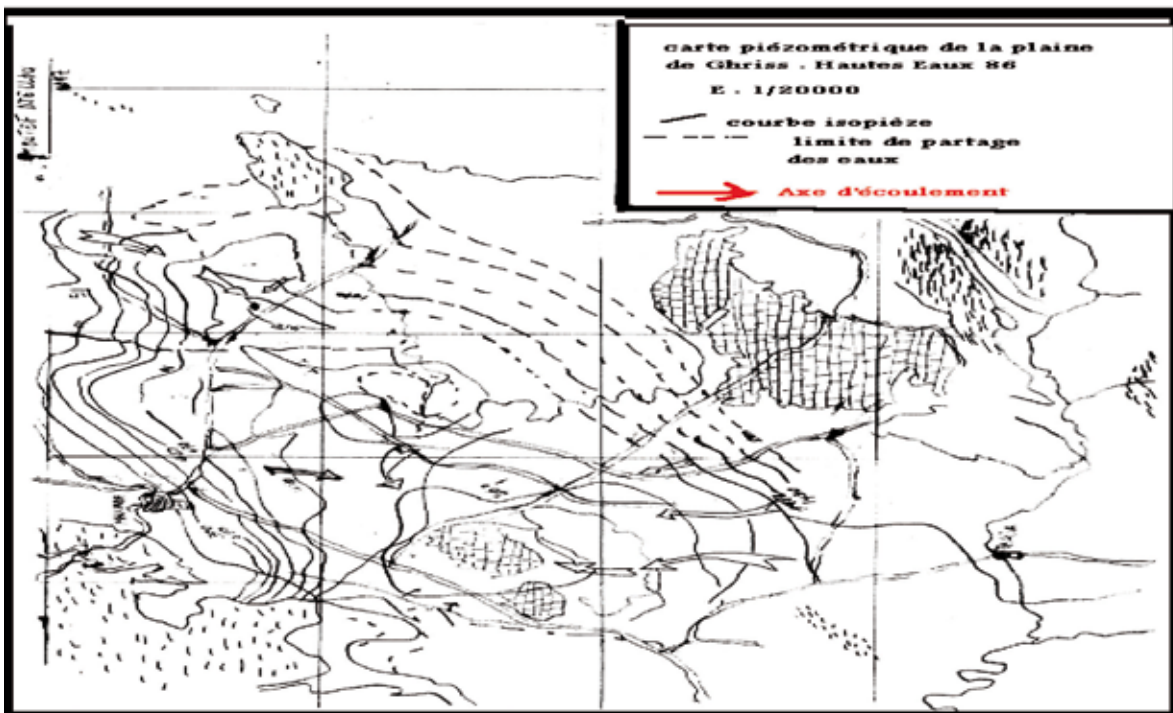


Figure 3: cartes piézométriques de la plaine de Ghriss



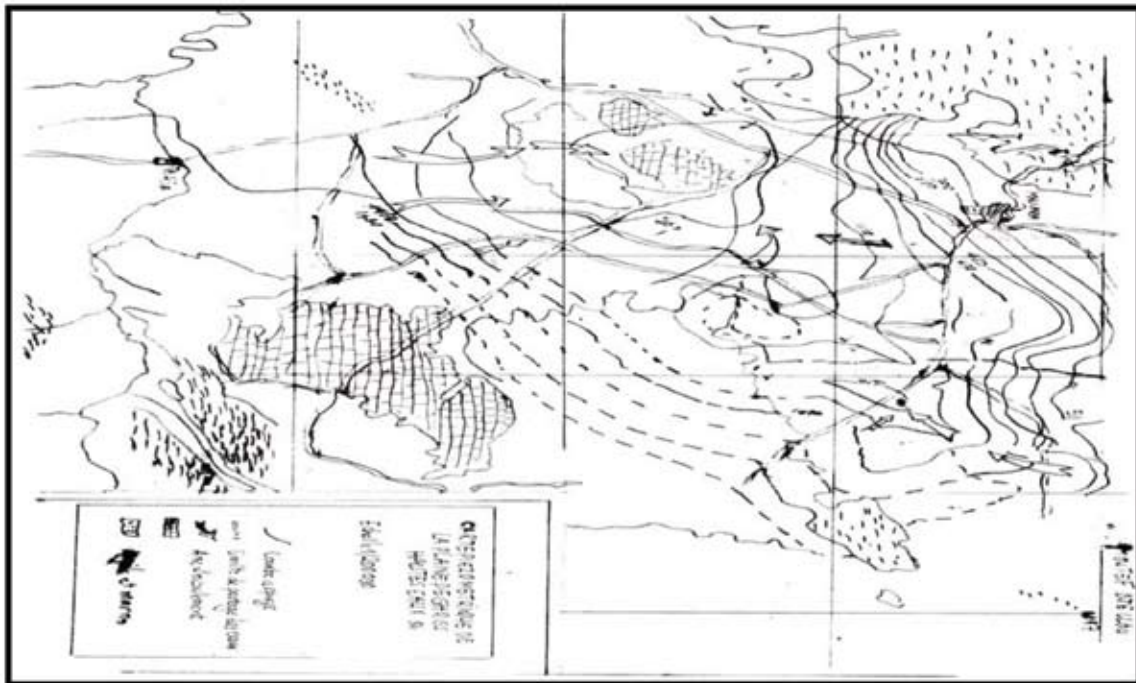


Tableau 1 : Réseau de surveillance des piézomètres

Nom	Nappe surveillée	X	Y	Profondeur m
P1-1	Alluvions	263.42	230.25	50
P2-1	Calcaires lacustres	263.40	230.25	190
P3	Calcaires lacustres	271.20	232.75	95
P4	Calcaires et dolomites	274.90	227.35	131
P5	Conglomérats	280.27	228.25	80
P5	Grès et sable	284.10	237.65	90
P7	Grès et graviers	284.77	233.60	60

EVOLUTION DES FLUCTUATIONS DES NIVEAUX DES PLANS D'EAU

Les nappes de la plaine de Ghriss ont dépassé aujourd'hui le seuil critique que tout le monde redoutait avec appréhension. En effet, les niveaux d'eau dans les puits sont à plus de soixante dix (70) m. Les puits sont alors transformés en véritables forages par les agriculteurs qui ont foré à l'intérieur des sondages allant à des grandes profondeurs (+ 100 m), ce qui ne permet pas le passage de la sonde pour la mesure piézométrique. La méthode d'irrigation traditionnelle et par conséquent la monoculture de la pomme de terre

grande consommatrice d'eau accentuent le rabattement général des nappes de la plaine de Ghriss. Pour mieux illustrer ce rabattement, nous tracerons des graphes à partir des mesures de quelques puits témoins et celles des sept (7) piézomètres installés dans le réseau (tableau 1, tableau 2, figure 4, figure 5).

Tableau 2 : Variation du niveau du plan d'eau dans les puits témoins entre Mars 1970-Mars 2002 :

N° du puits/ carte	Mars 1970	Mars 2002	Rabattement
W212-0242	2.64	48.21	45.57
W212-0381	2.75	48.91	46.16
W212-0152	5.15	Sec	--
W212-0519	14.08	65.41	51.33
W212-0290	10.60	36.15	25.55
W213-0810	16.10	69.02	52.92
W213-1014	8.60	40.88	32.28

Le tableau 2 montre les niveaux statiques et les rabattements des plans d'eau constatés entre Mars 1970 et Mars 2001. Les chiffres mentionnés indiquent clairement l'abaissement important des niveaux des

plans d'eau avec une amplitude négative supérieure à 53 m par endroits. Cette situation montre que la plaine de Ghriss est entrée dans une étape critique mettant en péril son existence même.

Figure 4: Rabattement dans les puits : Mars 1970 – Mars 2002

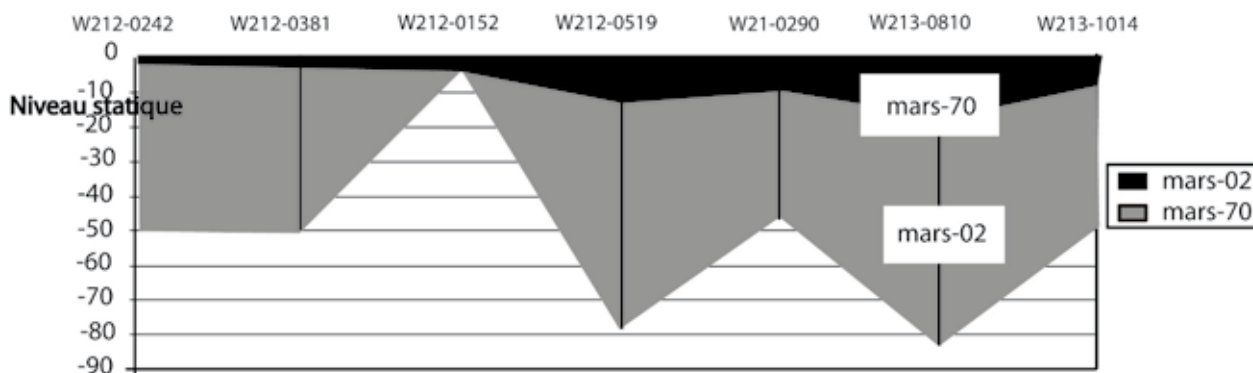


Tableau 3: Evolution du plan d'eau dans les piézomètres entre Janv 97 et Janv 02

N° piézomètre	NS (m) Janv 97	NS (m) Janv 02	rabattement
P1-1	40.52	Sec	+ 50
P1-2	56.86	78.81	19.95
P3	51.24	57.16	5.92
P4	54.42	82.44	28.01
P5	53.32	72.41	19.09
P6	16.47	18.6	2.13
P7	34.94	38.9	3.96

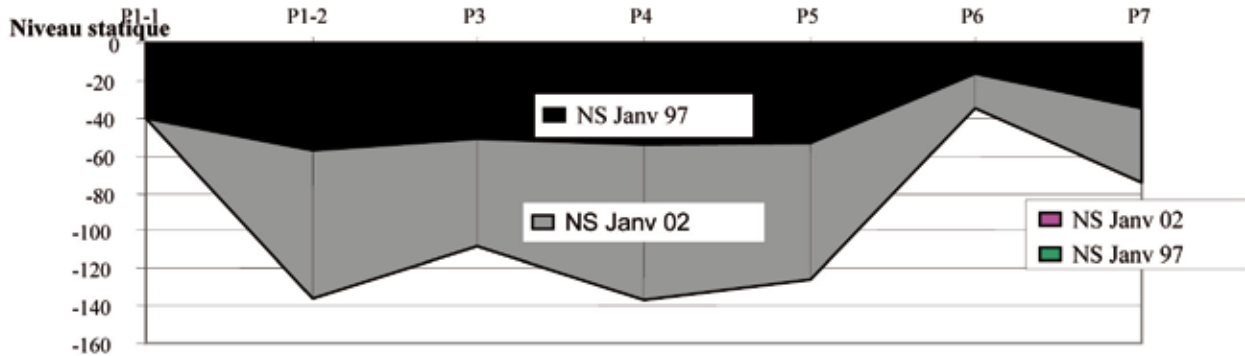
D'après le tableau 3 , nous constatons que :

- le piézomètre P1-1 : d'une profondeur de 50 m qui surveille la nappe des alluvions est sec depuis juillet 1999 à ce jour.
- Le piézomètre P1-2 : qui surveille la nappe des calcaires lacustres a enregistré un rabattement de près de 20 m durant la période de Janv 97 et Janv 2002.

Les observations relevées sur les piézomètres montrent que toutes les nappes sont touchées

par de forts rabattements. Même la nappe des calcaires dolomitiques qui était considérée un certain temps comme nappe de réserve vu la profondeur de son toit est touchée.

Figure 5: Rabattement dans les puits : Janv 97 et Janv 2002.



Bilan des ressources souterraines exploitées : (Source D H W Mascara)

- * Volume exploité par puits : Parmi les 4975 puits inventoriés, 2395 sont exploités avec un volume de 17 Hm³ / An soit un débit de 862 l/s.
- * volume exploité par forages : Parmi les 903 forages recensés, 679 sont exploités avec un volume de 50 Hm³ / An soit un débit de 2600 l/s.
- * Forages destinés à l'AEP de la population : au nombre de 54 et concernent 22 communes pour un volume de 21 Hm³ / An soit un débit de 681 l/s. Le volume total exploité à partir de la nappe de la plaine de Ghriss est alors estimé à 88. Hm³ / An .

Tableau 4 : Bilan des ressources souterraines exploitées

Apport de la nappe	56 Hm ³ / an
Volume extrait	88 Hm ³ / an
Déficit	32 Hm ³ / an

Le bilan des eaux souterraines de la plaine de Ghriss montre donc une claire surexploitation. Les puits, les forages et l'AEP utilisent ces eaux dans des proportions respectives de 57%, 19% et 24%.

CONCLUSION

La plaine de Ghriss traverse depuis quelques temps et particulièrement à partir de l'année 1986 une des phases la plus critique de son existence. Après la supplantation de l'agriculture arbustive (vigne) par le maraîchage gros consommateur d'eau, le niveau des plans d'eau a baissé dans les puits. Ce phénomène prend de l'ampleur avec l'urbanisation et en premier lieu la sécheresse. La multiplication des forages illicites y va de sa contribution en engendrant la surexploitation des différentes nappes.

Pour lutter contre ce rabattement effrayant, des mesures sont nécessaires :

- Réhabiliter le réseau de surveillance piézométrique en instaurant une « police » de contrôle pour empêcher le développement des forages illicites ou profonds.
- Instaurer une méthode d'irrigation plus économique de l'eau notamment le goutte à goutte tout en introduisant de nouvelles cultures moins consommatrices d'eau (céréales).
- Pratiquer des cultures de densité et de profondeur radicaire importante, idéales pour l'alimentation hydrique de la nappe car l'infiltration des eaux de pluies est facilitée par les microporosités créées dans le profil du sol par les racines.
- Maîtriser la demande en eau et son utilisation car une exploitation abusive provoque la contamination de la

nappe (niveau de mer supérieure) et l'affaissement des sols.

- Soulager les nappes de la surexploitation en faisant recours aux eaux non conventionnelles : dessalement de l'eau de mer ou installation des stations d'épuration des eaux brutes.
- Multiplier les retenues collinaires pour permettre à la nappe de se recharger.
- Penser à subvenir aux besoins de la région (AEP , IRRIGATION ..) en cherchant à utiliser les eaux d'un autre bassin afin de soulager la nappe souterraine .
- Enfin, penser à la recharge artificielle qui consiste à injecter de l'eau à la nappe pour provoquer sa recharge.

REFERENCES

1. Sourisseau B., Etude hydrogéologique de la plaine de Mascara. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), Oran, 1974.
2. Benfetta H., Caractérisation hydro chimiques des nappes de la plaine de Ghriss, W. Mascara. Thèse Magister, 1998.
3. Agence Nationale des Ressources Hydriques d'Oran (ANRH)., Annaires piézométriques de la plaine de Ghriss Oran, (1996 -2002).
4. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (ARMINES)., Etude hydrogéologique de la plaine de Mascara sur modèle mathématique, 1977.
5. Direction de l'hydraulique de la wilaya de Mascara., Bilan des ressources souterraines exploitées. Rapport interne Mascara, 2002.

ETUDE D'UN SYSTÈME HYDROGÉOLOGIQUE COMPLEXE DE MONTAGNE EN CENTRE CORSE (MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE)

B. Khouméri¹., M. Ferrandini²., J. Ferrandini³., E. Garel⁴., M. Spella⁵..

Mots clés : zone géologique complexe, hydrodynamique, hydrochimie, courbe de récession.

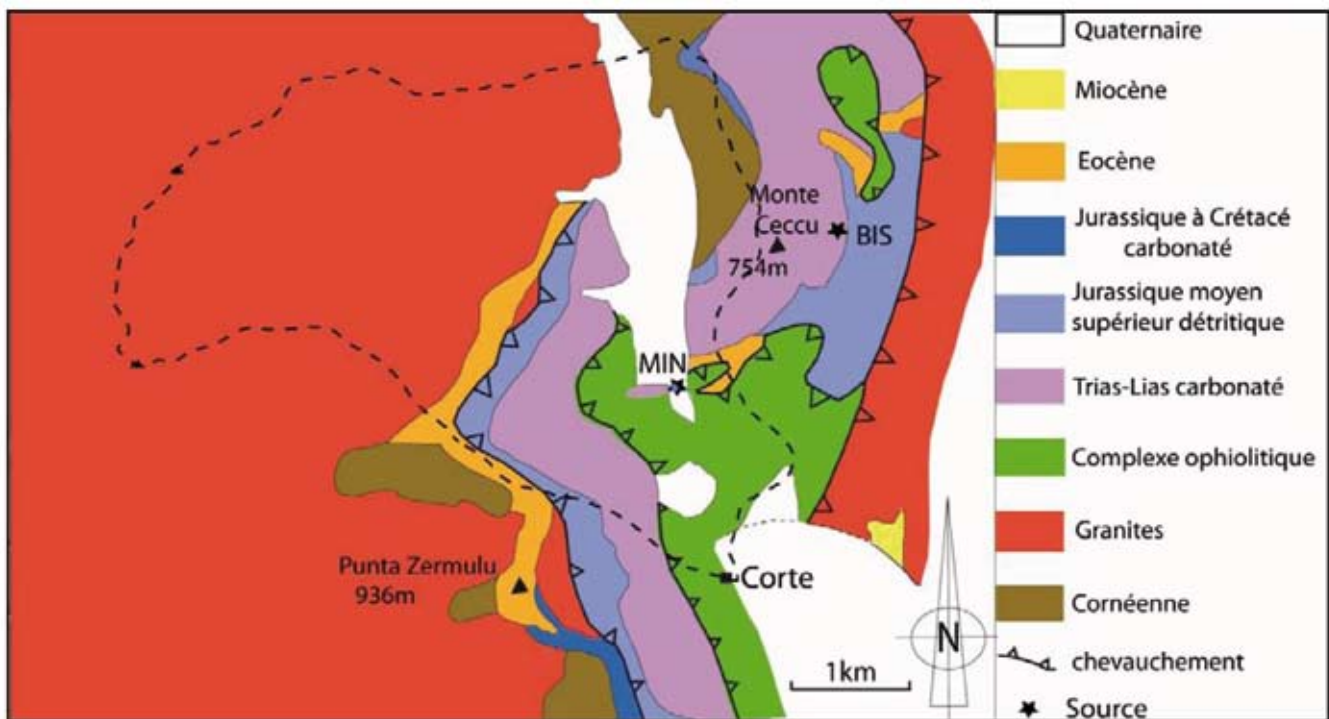
Les caractéristiques géologiques de la Corse conditionnent la répartition des différents types d'aquifères : aquifères des milieux fissurés dans les granites hercyniens, aquifères complexes, en partie karstique dans les schistes lustrés, aquifères alluviaux dans les zones côtières, aquifères des bassins sédimentaires miocènes. La zone étudiée, au contact de la Corse alpine et de la Corse hercynienne, est connue sous le terme des « écaillés de Corté ». Il s'agit de calcaire dolomitique du Trias supérieur et du Lias et de conglomérats du Jurassique supérieur en série renversée et de flysch éocène contenant des olistolithes carbonatés, en série normale. Le bassin versant géologique de la source étudiée de Minesteghju, se complète à l'Ouest par le socle granitique et au Sud par des serpentinites allochtones. La source en elle-même est située dans une zone localement karstique [1], [2].

Le schéma structural qui a été établi (figure-1) montre la complexité de la zone d'étude.

Le système aquifère de Minesteghju est étudié depuis 2006 en collaboration avec le BRGM et la DREAL de Corse, un réseau de mesures hydrodynamiques (sonde Thalimèdes) et hydrochimiques (sonde multiparamètres) a été mis en place. Des analyses hydrochimiques ont aussi été réalisées ponctuellement non seulement sur la source mais aussi sur deux autres sources localisées à proximité, une située en contexte granitique et l'autre dans des calcaires dolomitiques.

Les chroniques de débit acquises sur plusieurs cycles hydrologiques permettent d'analyser le comportement hydrodynamique de l'aquifère sous différents contextes pluviométriques, sec en 2006/2007 (cumul pluviométrique < 400mm), relativement humide en 2007/2008 (> 500mm), très pluvieux en 2008/2009 (> 1200mm) et pluvieux en 2009/2010 (> 800mm).

Figure-1 : Schéma structural de la zone étudiée .



Université de Corse
UMR CNRS SPE 6134, Laboratoire des Sciences de la Terre, BP 52, 20250 CORTE

¹ - bkoumeri@univ-corse.fr ; ² - jferrand@univ-corse.fr ; ³ - mferrand@univ-corse.fr ;

⁴ - garel@univ-corse.fr ; ⁵ - spella@univ-corse.fr

obtenus, les coefficients de tarissement de l'ordre de 10⁻³ permettent de conclure que la zone noyée se vidange. Les courbes de récessions ont été modélisées sur la base de la méthode de Mangin [3], [4]. Parmi les résultats, lents et que le système est peu karstifié et mal drainé. Ceci peut s'expliquer aussi par la faible extension de la zone en comparaison avec les systèmes karstiques habituellement étudiés. L'infiltration est rapide au travers de réseaux de fissures et de conduits moyennement bien développés. Les volumes de réserves obtenus sont variables d'une année à l'autre, ce qui confirme une recharge lente de la zone noyée (1,4. 10⁶ m³ pour 2007, 0,8. 10⁶ m³ pour 2008 et 1. 10⁶ m³ pour 2009 et 2010).

Les chroniques de conductivités montrent une forte et rapide réaction du système face aux événements pluvieux (temps de réaction inférieur à 24 heures). La conductivité de la source de Minesteghju varie en moyenne entre 140 et 480 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. La comparaison de l'évolution de conductivité de la source avec celle de la rivière de l'Orta toute proche, montre d'une part que l'écoulement de surface est important notamment pendant les périodes de recharge et d'autre part la minéralité plus élevée de la source montre une participation plus importante des écoulements souterrains qui semblent majoritaires en période d'étiage.

Les premiers résultats hydrochimiques et hydrodynamiques nous ont permis d'établir un premier modèle fonctionnel de ce système complexe [2]. Le travail en cours doit permettre de délimiter et de définir

plus précisément les zones de recharge de l'aquifère de Minesteghju. Pour cela un réseau de suivi isotopique (¹⁸O/²H) et chimique a été mis en place.

Cette étude a un intérêt évidemment scientifique car elle contribue à une meilleure connaissance des ressources en eaux souterraines encore très mal connues de la région mais aussi économique car la source de Minesteghju est envisagée par la municipalité de Corté comme ressource de substitution pour l'approvisionnement de la ville en eau potable.

RÉFÉRENCES

- [1] Ferrandini J., Griolet C., Gauthier A. et Ferracci-Ceccaldi J.-J. (2006), Hydrogéologie de la Corse, 758-766. in « Aquifères et eaux souterraines de France » Ouvrage collectif sous la direction de J.-C ; Roux, BRGM Edition, 944p.
- [2] Khoumeri B., Ferrandini J., Ferrandini M. (2008), Characterization of mountains aquifers in the Mediterranean zone : an example of the central Corsica, International Congress of Water, Montpellier.
- [3] Mangin A. (1974). Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques Annales de Spéléologie, t 29,3, pp 283-332.
- [4] Fleury P., Ladouche B., Conroux Y., Jourde H., Dörfliger N. (2009), Modelling the hydrologic functions of a karst aquifer under active water management- the Lez spring, Journal of hydrology, 365 235-243.

MODÉLISATION DU TRANSFERT DES NITRATES COUPLÉE AVEC UNE ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE AFIN DE DONNER LES OUTILS POUR LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES. APPLICATION À LA NAPPE ALLUVIALE DE LA PLAINE DE L'AIN

Gourcy L., Hérivaux C., Buscarlet E., Surdyk N., Thiéry D. ¹

OBJECTIFS

Le principal objectif fixé par la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) est que les masses d'eau présentent, d'ici 2015, un bon état quantitatif et qualitatif. Les Etats Membres doivent donc mettre en place un programme d'actions afin d'atteindre ce bon état. Aux difficultés de mise en œuvre de programmes d'actions permettant de retrouver une qualité des eaux convenable se surimpose le problème de l'inertie des hydrosystèmes comprenant une composante « eaux souterraines » significative. L'objectif général de l'étude cofinancée par le BRGM et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse est de développer et appliquer une méthodologie intégrée visant à évaluer l'efficacité environnementale des différentes mesures envisagées dans les programmes d'action DCE de lutte contre les pollutions diffuses d'origine agricole concernant les aquifères alluviaux/fluvio-glaciaires. La méthodologie proposée repose sur le couplage de deux approches i) une approche basée sur la caractérisation hydrogéochemique des eaux et la modélisation du transfert des nitrates dans la nappe et ii) une approche économique visant à construire des scénarios tendanciels de l'agriculture de la plaine de l'Ain, à sélectionner des programmes de mesures coûts-efficace de lutte contre la pollution diffuse par les nitrates et à évaluer leur acceptabilité.

Key words: eaux souterraines, nitrates, Ain

MÉTHODOLOGIE

Pour la compréhension du système hydrogéologique et la modélisation du transfert des nitrates deux campagnes de prélèvements d'eau ont été réalisées en juillet 2008 et juillet 2009. Lors de la première campagne, 69 échantillons d'eau souterraines ont été collectés sur l'ensemble des 260 km² étudiés. Une analyse chimique et la datation des eaux par CFC/SF₆ ont été réalisées sur 40 points en 2008 et 20 points en 2009.

Le modèle BICHE de transfert des nitrates des sols vers la nappe au travers la zone non saturée a été intégré dans le modèle MARTHE simulant le transport des éléments dissous en zone saturée. Pour le modèle BICHE des données actuelles et historiques relatives aux intrants de produits azotés, types et extension des cultures et pratiques agricoles ont également été collectées. Sur la plaine de l'Ain on dispose d'une vingtaine de chroniques des concentrations de nitrates dans les

eaux souterraines de bonne qualité permettant de calibrer les modèles de transfert des nitrates.

La démarche méthodologique du volet économique est structurée en trois principales étapes : la première consiste à construire des scénarios tendanciels d'évolution de l'agriculture de la plaine de l'Ain de manière à simuler l'évolution tendancielle de la qualité de la nappe ; la seconde étape consiste à identifier et analyser les coûts et l'efficacité de mesures de réduction de la pollution exercée par les nitrates ; enfin la dernière étape consiste à sélectionner et évaluer l'acceptabilité de programmes de mesures les plus coûts-efficaces pour atteindre le bon état.

RÉSULTATS

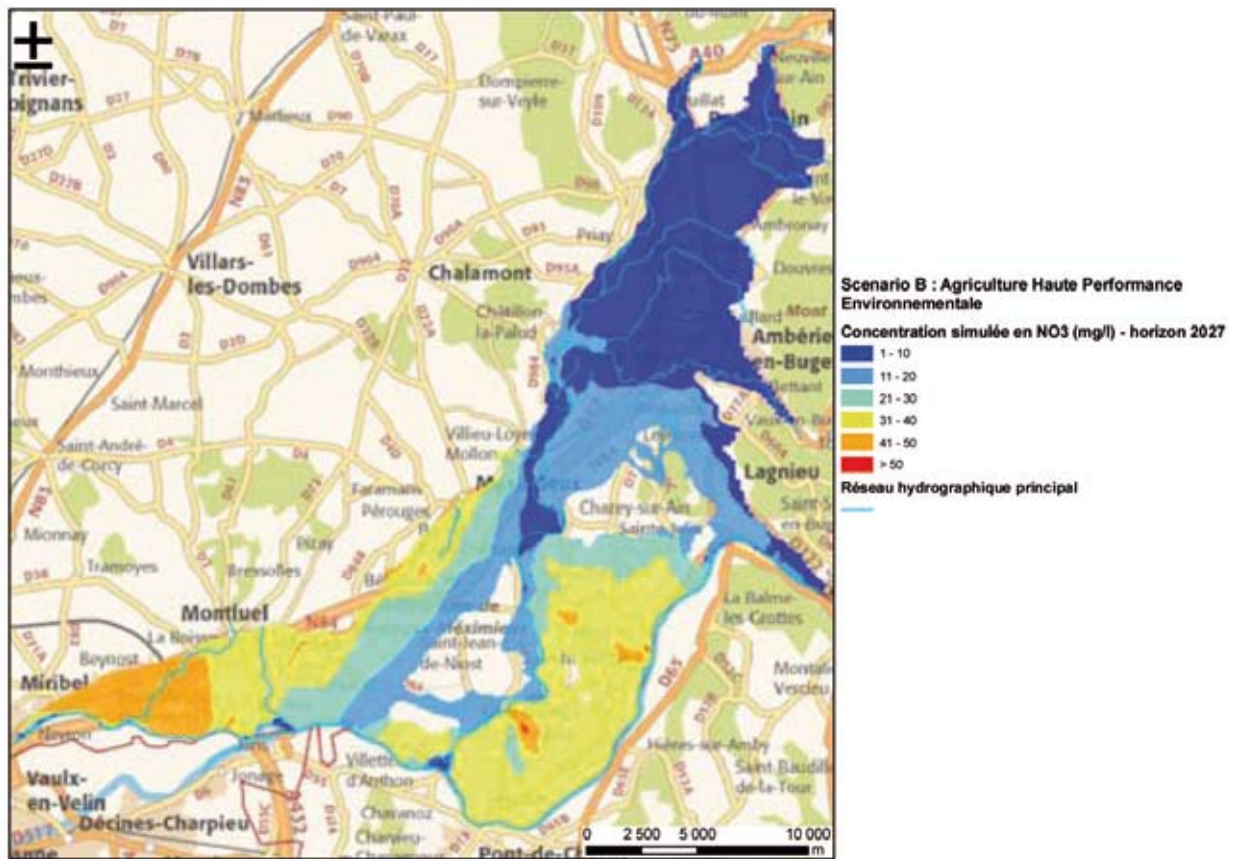
La variabilité spatiale des concentrations en nitrates est hétérogène et la modélisation prend en compte 9 secteurs considérés comme homogènes. La simulation est menée de 1975 à 2009, échelle de temps qui permet un équilibrage des concentrations en nitrates dans les différents réservoirs du modèle simulant les transferts à travers le sol. Le modèle reproduit bien les tendances de la distribution observée en 1999 et 2008 en nitrates : alors que la moitié nord de la plaine est peu concentrée en nitrates (< 20 mg.l⁻¹), la concentration dans la moitié sud est plus élevée.

Dans un deuxième temps, l'outil couplé obtenu, dont on a pu juger les capacités et les faiblesses à représenter les concentrations observées dans la nappe, est utilisé pour simuler l'évolution future de la qualité de la nappe en fonction de plusieurs scénarios tendanciels. Ces scénarios sont menés jusqu'en 2030.

Deux évolutions tendanciennes de l'agriculture assez contrastées ont été construites, de manière à englober une grande partie des futurs possibles de l'agriculture de la plaine de l'Ain. La construction de ces scénarios contrastés s'est basée sur une revue de bibliographie, la collecte et l'analyse de données statistiques et la mobilisation d'experts locaux. Les propositions d'évolution des pratiques agricoles sont intégrées au modèle de transfert des nitrates afin de permettre l'estimation des concentrations en contaminants à l'horizon 2015, 2021 et 2027. Un exemple de résultat obtenu pour le scénario « Haute performance environnementale » à l'horizon 2021 est représenté en figure 1.

¹ - BRGM

Figure 1 : Résultat graphique de la simulation d'un scénario



CONCLUSION

Une étude hydrogéologique complète, intégrant les paramètres dynamiques et qualitatif de l'état de la masse d'eau a permis de construire un modèle de transfert des nitrates des sols vers la nappe tenant compte d'une certaine variabilité spatiale des pratiques agricoles et des caractéristiques hydrogéologiques. Le modèle, une fois calibré, peut être utilisé pour simuler divers scénarios d'évolution de la qualité de la ressource. La préparation des scénarios d'évolution nécessite une étude socio-économique qui a été réalisé en concertant les acteurs locaux.

Les simulations permettent d'évaluer les efforts à fournir en termes de réduction de pressions polluantes pour atteindre les objectifs réglementaires. L'étape suivante consistera à identifier les mesures pouvant permettre de réduire les pressions polluantes exercées par les nitrates. Enfin, une évaluation économique des mesures permettra de sélectionner les combinaisons de mesures les plus coût-efficaces pour atteindre le bon état.

CARACTÉRISATION HYDROCHIMIQUE DES EAUX DE L'AQUIFÈRE CHÉGARNIA-SIDI ABICHE (ENFIDHA, TUNISIE)

Mouna Ketata-Rokbani¹⁻², Moncef Gueddari¹ et Rachida Bouhlila²

INTRODUCTION

L'aquifère Chégarnia-Sidi Abiche, objet de cette étude, est situé dans la zone septentrionale de la plaine d'Enfidha. Le réservoir aquifère est formé de sédiments grossiers du Mio- Pliocène dont la puissance peut atteindre plusieurs centaines de mètres et contient deux nappes superficielle et profonde séparées par un niveau semi-perméable d'épaisseur variable pouvant atteindre 50 à 60m. Il présente une morphologie en cuvette et repose sur le Vindobonien limité, lui-même, par l'arc Burdigalien qui assure la fermeture nord-est de la cuvette Chégarnia-Sidi Abiche. Cette fermeture entraîne la protection des eaux des nappes Mio-Pliocènes contre l'invasion salée des sebkhas voisines et de la mer. L'aquifère Chégarnia-Sidi Abiche doit son alimentation aux apports parvenus essentiellement des Oueds Khairat, Moussa et El Brek. Elle contribue en grande partie à l'approvisionnement en eau d'irrigation de la région connue par sa production en culture maraichère. Dans la majeure partie de la nappe, l'eau est d'assez bonne qualité (RS<3g/l), ce qui est en liaison avec la présence des dépôts sableux. En s'approchant des sebkhas, la qualité de l'eau se dégrade et la salinité peut atteindre 5g/l. Ce travail a pour principaux objectifs l'étude hydrochimique des eaux souterraines de Chégarnia-Sidi Abiche en vérifiant leur potabilité ainsi que leur aptitude à l'irrigation.

Key words: hydrochimie, eaux souterraines, SAR, Enfidha, Tunisie

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans le but d'atteindre les objectifs visés, un total de 18 échantillons a été collecté, durant la période estivale de l'année 2007, au niveau de 11 puits de surface et de 7 forages. Le prélèvement des eaux a toujours été effectué après renouvellement total de la colonne d'eau afin de garantir la représentativité des échantillons. Les eaux destinées aux analyses chimiques ont été prélevées dans des flacons de 1000ml après filtration à 0.45µm. Les paramètres physico-chimiques (température, pH, TDS et conductivité électrique) ont été mesurés in situ. Les analyses chimiques du Na, Ca, Mg, K, Cl, SO₄ et HCO₃ ont été effectuées au laboratoire de l'Unité de Recherche de Géochimie et de Géologie de l'Environnement à la

Faculté des Sciences de Tunis. Le dosage des chlorures et de l'alcalinité a été effectué par titrimétrie et celui des sulfates par gravimétrie. La spectrométrie d'absorption atomique a été utilisée pour mesurer les concentrations du calcium, du magnésium, du sodium et du potassium. Pour l'étude de la potabilité des eaux de l'aquifère Chégarnia-Sidi Abiche, nous nous limiterons à l'étude comparative des teneurs en éléments chimiques des eaux souterraines aux normes de potabilité de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1996). Pour l'étude de l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, la méthode utilisée est celle du diagramme Riverside de l'United States Salinity Laboratory Staff (USSLS, 1954) basée sur la salinité de l'eau représentée par la conductivité électrique et sur le degré d'alcalinité du sol exprimé par le coefficient d'absorption du sodium (SAR). Selon cette classification, on peut distinguer plusieurs cas, suivant les valeurs de la conductivité électrique (S1, S2, S3, S4 et S5) et du SAR (C1, C2 et C3).

DISCUSSION - CONCLUSION

Les résultats de l'étude hydrochimique ont permis de mettre en évidence que la quasi- totalité des points d'eau étudiés sont caractérisés par la prédominance du faciès chloruré- sodique (Fig.1).

La comparaison des résultats des analyses chimiques des eaux de l'aquifère Chégarnia-Sidi Abiche aux normes de potabilité montre que toutes les variables chimiques ont des valeurs maximales au-dessus de la limite de qualité des eaux potables définies par l'Organisation Mondiale de la Santé. Elles indiquent que les eaux souterraines présentent de fortes différences de qualité chimique d'un point à l'autre. L'étude de l'aptitude des eaux à l'irrigation en utilisant le diagramme de Riverside, montre que les eaux de l'aquifère Chégarnia-Sidi Abiche, présentent une aptitude entre les qualités bonne (classe C2S1), bonne à moyenne (classe C3S1, C3S2 et C3S3), moyenne à médiocre (classes C4S2 et C4S3) et médiocre à mauvaise (classe C5S3). Si les eaux de la classe C2S1 peuvent être utilisées sans restriction pour l'irrigation de tout type de sol, par contre les eaux des classes C3S1, C3S2, C3S3, C4S2 et C4S3 ne peuvent l'être qu'en prévoyant des doses de lessivage et nécessitant un drainage pour empêcher le dépôt des sels (Gaofeng et al., 2010). Les eaux de la classe C5S3 sont déconseillées à l'irrigation.

¹- Faculté des Sciences de Tunis, UR Géochimie et Géologie de l'Environnement, Campus Universitaire, 1060 Tunis, Tunisia. mounaketata@gmail.com

²- Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Campus Universitaire, 1060 Tunis.

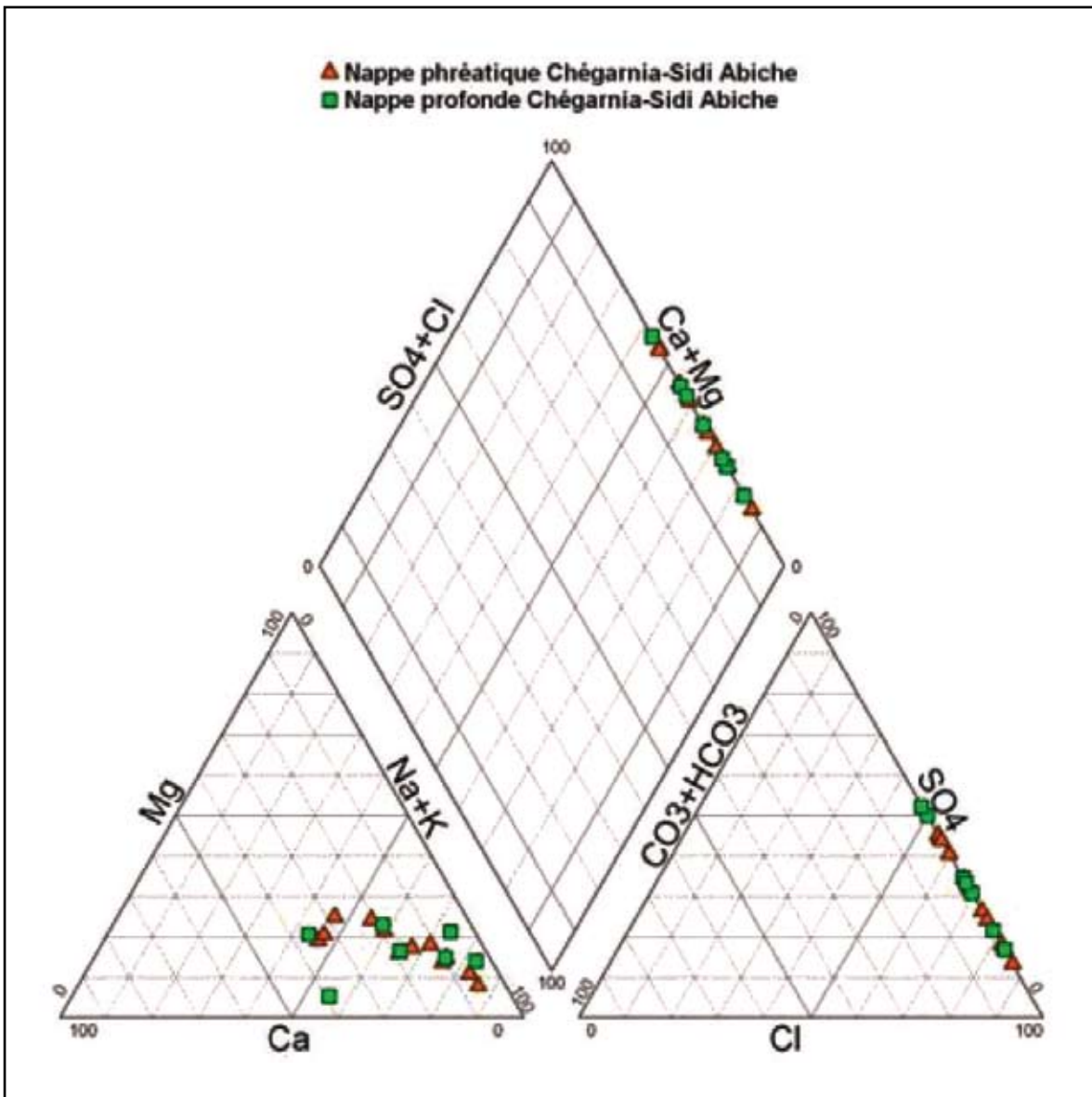
RÉFÉRENCES

Gaofeng, Z., Yonghong, S., Chunlin, H., Qi, F., Zhiguang, L., 2010. Hydrochemical processes in the groundwater environment of Heihe River Basin, northwest China. Environ Earth Sci (60) 139-153.

US Salinity Laboratory, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural Handbook No 60. USDA, 160 p.

Organisation mondiale de la santé, 1996. Guidelines for drinking water quality. Health Criteria and Other Supporting Information, 2^{ème} edn., Vol.2. WHO, Geneve, Suisse.

Diagramme de Piper des eaux souterraines de Chégarnia-Sidi Abiche



ACCÈS À L'EAU SOUTERRAINE ET CONCENTRATION FONCIÈRE EN AGRICULTURE IRRIGUÉE : OPPORTUNITÉS OU MENACES ? LE CAS DU PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ DU BAS-CHELIF (ALGÉRIE)

Hichem Amichi¹, Jean-Louis Fusillier², Marcel Kuper³, Sami Bouarfa⁴

INTRODUCTION

Dans les zones arides et semi arides du Maghreb, l'agriculture irriguée joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement alimentaire et l'aménagement du territoire. En Algérie, la question de l'allocation de la ressource en eau est centrale pour l'avenir du développement agricole des grandes plaines aménagées (Mitidja, Chélif, Mina, Habra...etc.) qui concentrent l'essentiel du potentiel de production agricole du pays. Aujourd'hui toutes ces zones connaissent de fortes perturbations dans leur approvisionnement en eau agricole de surface et enregistrent un accroissement de l'usage de l'eau souterraine pour les besoins d'irrigation dans ces périmètres. Les récents travaux scientifiques dans les périmètres d'irrigation en Algérie et au Maghreb mentionnent l'ampleur de ces phénomènes (Imache et al., 2009, Bouarfa et al., 2009, Hamani et al., 2009).

Le périmètre irrigué du Bas Chélif situé au Nord-Ouest de l'Algérie, illustre parfaitement cette situation dans la mesure où les allocations en eau du réseau public d'irrigation ont été drastiquement réduites à partir des années 90 et l'usage de l'eau souterraine pour l'irrigation est en nette augmentation (Onid, 2009).

En parallèle à cette période de crise hydraulique, un processus de division des exploitations agricoles collectives (EAC) issues de la réforme foncière de 1987, s'est enclenché. L'individualisation progressive des EAC et la déprise d'une partie de ces exploitations, amplifié par le déficit hydraulique, a amené certains agriculteurs à céder leurs terres en location faute de pouvoir les cultiver. Un mouvement informel de transfert de terres s'est engagé en faveur d'agriculteurs apporteurs de capitaux privés, écartés jusque là de l'accès aux terres publiques (Imache et al., 2009).

Les agriculteurs repreneurs (locataires), réalisent à leur tour des forages pour exploiter les terres louées malgré l'interdiction formelle de l'Etat ce qui a fait augmenter le nombre de forages illicites dans la zone. Dans ce contexte et en absence de réallocation massive de l'eau

de barrage à moyen terme et un contrôle effectif de l'Etat sur la réalisation des forages, l'accès à l'eau de la nappe devient un facteur de différenciation majeur autour duquel les rapports sociaux des exploitations agricoles vont évoluer.

Key words: Eau souterraine, agriculture irriguée, concentration foncière, exploitations agricoles, Bas-Cheliff, Algérie.

ACCÈS DIFFÉRENCIÉ À L'EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINE

La réduction massive de l'eau superficielle durant les années 90 a conduit les responsables du secteur hydraulique à réserver l'eau des barrages en priorité pour la survie du capital que représente l'arboriculture. Les quotas en eau alloués au périmètre du Bas Chélif étant très réduits, suffisaient à peine à l'entretien des vergers.

La priorité d'accès à cette eau donnée aux détenteurs de vergers sans tenir compte des forages, a créé des inégalités d'accès à l'eau entre les EAC, divisées dans leur majorité. De ce fait, 13% de la totalité d'EAC divisées du sous périmètre de Ouarizane se retrouvent favorisées avec un double accès à l'eau du fait qu'elles possèdent, au même temps, des vergers et un forage alors que 62% d'EAC divisées ne jouissent d'aucun accès à l'eau. Par ailleurs, il y a 17% des exploitations qui bénéficient d'un accès à l'eau de barrage restreint juste pour la survie de leurs vergers tandis que 8% d'exploitations uniquement, n'ayant pas de vergers, ont pu réaliser des forages grâce à des soutiens financiers familiaux et/ou des arrangements passés avec des détenteurs de capitaux.

La ressource en eau souterraine est aussi marquée par un accès différencié déterminé et régulé par les coûts élevés de réalisation et de fonctionnement des forages et un certain contrôle de l'Etat sur l'installation des forages. Les locataires, détenteurs de capitaux et n'ayant pas accès à l'eau de barrage se rabattent sur la réalisation de forages

¹ - UP Systèmes agraires et développement rural, Agroparistech, hichem.amichi@agroparistech.fr

² - Cirad UMR G-eau, jean-louis.fusillier@cirad.fr

³ - Cirad UMR G-eau, marcel.kuper@cirad.fr

⁴ - Cemagref UMR G-eau, sami.bouarfa@cemagref.fr

illicites, localisés sur leurs parcelles très morcelées se trouvant en dehors du périmètre d'irrigation.

L'ACCÈS À L'EAU SOUTERRAINE EST UN FACTEUR DÉTERMINANT DANS LA DIFFÉRENCIATION DES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET DANS LA CONCENTRATION FONCIÈRE.

Cet accès différencié à l'eau de surface et souterraine a eu des répercussions sur les trajectoires d'évolution des exploitations agricoles dans le périmètre. On distingue deux trajectoires principales :

la première concerne les EAC divisées sans accès à l'eau (souterraine et superficielle) et dont les revenus agricoles nets par actif familial n'atteignent pas les 1400€/an, l'équivalent du SMIC algérien en 2010. Ces dernières deviennent pluriactives pratiquant des céréales en sec avec un assolement biennal et du maraîchage quand ils ont de l'eau. Ils vendent leur force de travail durant une partie de l'année chez les grands maraîchers et parfois à l'extérieur du secteur agricole comme ouvriers afin de compléter leurs revenus.

La deuxième trajectoire concerne les exploitations ayant un accès sécurisé et suffisants à l'eau et dont les revenus agricoles nets par actif familial dépassent les 3000€/an.

On distingue d'une part les EAC ayant de l'arboriculture et pratiquent du maraîchage sur les terres nues et celles spécialisées dans le maraîchage. D'autre part on retrouve certains locataires qui s'agrandissent de plus en plus favorisés par la détention de forages permise par les capitaux privés qu'ils détiennent et profitant de la déprise des EAC sans eau. Les locataires pratiquent du maraîchage intensif en travail et en intrants, cherchant à rentabiliser les investissements consentis pour la réalisation de forage et la location des terres. Dans ce contexte de crise hydraulique, il paraît clairement que seules les exploitations qui ont un accès sécurisé à l'eau vont pouvoir se développer.

DISCUSSION - CONCLUSION

La dynamique agraire impulsée par les forages pose à la fois des problèmes environnementaux et d'équité sociale. Au delà de l'effet de rabattement de la nappe que peut provoquer le recours croissant et sans contrôle effectif aux forages pour les besoins d'irrigation, l'eau souterraine, généralement chargée en sel, contribue à l'aggravation du phénomène de salinisation des sols déjà observé dans le Bas Chélif. Du point de vue social il n'en est pas mieux dans la mesure où l'accès à l'eau est globalement réservé à une minorité d'agriculteurs détenteurs de vergers et/ou de capitaux privés tandis qu'une majorité d'exploitants se retrouvent sans eau et s'inscrit ainsi dans un processus de paupérisation. Ces effets et dynamiques agraires généralement inconnus ou ignorés des offices de gestion de l'eau locales et nationales, devraient être pris en compte lors de l'attribution des quotas annuels de l'eau et dans la définition des règles priorisant l'accès à l'eau de surface. En absence de perspective à moyen terme de réallocation de l'eau de barrage pour l'agriculture, un meilleur équilibre entre l'eau de surface alloué à l'agriculture et l'eau souterraine devrait être recherché de façon à ce que les exploitations les plus pauvres puissent y avoir accès.

RÉFÉRENCES

Bouarfa S, Marlet S, Douaoui A, Hartani T, Mekki I, Ghazouani W, Benaïssa I, Vincent B, Hassani F, Kuper M. (2009) Salinity patterns in irrigation systems, a threat to be demystified, a constraint to be managed: field evidence from Algeria and Tunisia. *Irrigation and Drainage*, 58 ; 273-284, 2009.

Imache A, Bouarfa S, Kuper M, Hartani T, Dionnet M. (2009) Integrating 'invisible' farmers into a regional debate on water productivity: the case of informal water and land markets in the Algerian Mitidja plain. *Irrigation and Drainage*, 58 ; 264-272, 2009.

LA RECONVERSION À L'UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES POUR L'IRRIGATION ET SES RISQUES DANS LA PLAINE DU BAS-CHÉLIFF (NORD –OUEST D'ALGÉRIE).

Bradaï A^a., Douaoui A^b., Marlet S^c., Hartani T^d. Bouarfa S^f.

INTRODUCTION

Dans la plaine du Bas-Chélif (nord-ouest d'Algérie), en plus du déficit pluviométrique qui sévit depuis plusieurs années, la pénurie d'eau de surface s'est aggravée suite au transfert vers les villes cotières des eaux initialement destinées à l'irrigation.

Par ailleurs, la dégradation du réseau collectif ne permet pas à tous les agriculteurs d'accéder à l'eau d'irrigation. Ces conditions ont favorisé un recours accru des agriculteurs à la nappe permettant de sécuriser l'accès à l'eau et une gestion plus flexible des irrigations. L'ONID exploite aussi 12 forages pour approvisionner les agriculteurs du Bas-Chélif.

La plaine du Bas-Chélif est caractérisée par un climat à fort pouvoir évaporant et une salinité des sols sur une vaste étendue sous l'influence de l'irrigation et du drainage des sols. Dans ces conditions, l'utilisation des eaux souterraines de qualité médiocre présente un risque important de dégradation des sols qui a été évalué dans le cadre de cette étude.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

a. Ressources en eau d'irrigation

Les principales ressources en eau de surface pour l'irrigation du périmètre du Bas-Chélif sont constituées par les cours d'eau et les stockages. Les ouvrages de stockage sont essentiellement le barrage de Gargar sur l'Oued Rhiou d'une capacité initiale de 420 Millions de m³ et la retenue de Merdja de Sidi Abed située à l'amont du périmètre d'une capacité de 50 Mm³. Ces deux ressources sont réaffectées depuis 2003, vers la ville d'Oran et n'alimentent plus le réseau d'irrigation.

La plaine du Bas-Chélif bénéficie également de ressources en eau souterraines. Elles sont constituées principalement de trois nappes ; nappe calcaire (au sud), nappe du pliocène (au nord) et la nappe du quaternaire (plein centre). La recharge annuelle globale des trois nappes est estimée à près de 40 Millions de m³.

b. Echantillonnage et évaluation de la qualité des eaux des nappes

Durant la période des irrigations, près de 85 échantillons d'eaux ont été prélevés à partir des forages et analysés. La totalité des points ont servi à la mesure de CE des eaux dans un but de cartographie. 55 échantillons ont subi des analyses chimiques. Les paramètres analysés sont : les éléments majeurs, le pH et la Conductivité Electrique (CE).

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines analysées a été faite en suivant deux étapes : la première est le diagramme de RIVERSIDE en fonction de la CE et du SAR pour faire ressortir les classes qui présentent un risque de salinité ou de sodicité. La seconde, est utilisée pour prédire l'évolution de la composition chimique des eaux analysées lorsqu'elles sont soumises à une évaporation ; c'est le concept d'alcalinité résiduelle (Residuel Sodium Carbonate) (RSC). Elle est calculée en soustrayant à l'alcalinité carbonatée les équivalents de calcium et de magnésium (précipitation de la calcite et de la sépiolite). Si le signe de RSC est positif, les eaux évoluent vers la voie alcaline, ce qui pourra conférer au sol irrigué des propriétés défavorables (sodisation et dégradation physique).

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les risques des eaux de la nappe

Les eaux souterraines de la nappe de la plaine du Bas-Chélif ont une salinité élevée peu propice à l'irrigation. Elles sont classées en C3S1 (18,4 %), C5S3 et C5S4 (12,2 %) qui indiquent des risques élevés de salinisation et de sodisation des sols.

L'évolution chimique de ces eaux sous l'effet d'une évaporation a montré qu'une bonne partie est susceptible de précipiter la calcite et sépiolite. En effet, le signe positif de RSC confirme cette hypothèse. En théorie, une eau à alcalinité résiduelle positive (RSC >0) est marquée par une faible salinité et une molalité de carbonate supérieure à la somme des ions divalents en particulier Ca et Mg (Eaton, 1950 ; Al Droubi, 1976). Si cette dernière est mise en contact avec un sol soumis à une évaporation, tous les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ apportés

^a. Faculté des sciences Agronomiques et des sciences Biologique, Université de Chlef (Algérie)

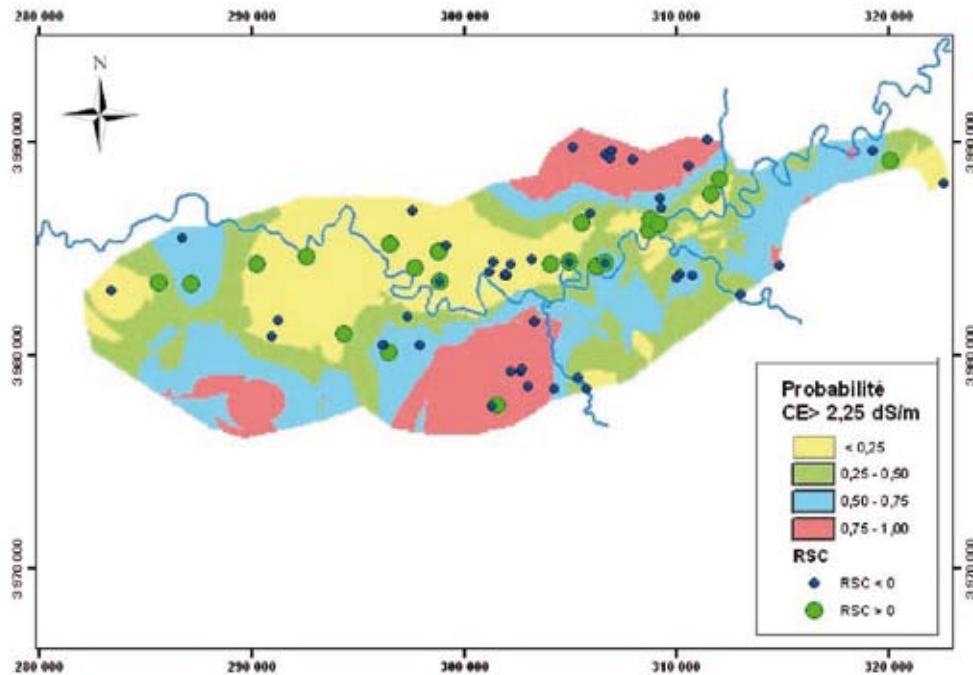
^b. Institut des Sciences de la terre, Centre Universitaire Khemisa Miliana (Algérie) ^c. Cirad-Umr Gestion de l'eau, Montpellier (France) ^d. Ecole Nationale des Supérieure Agronomique (ENSA), Alger (Algérie). ^e. Cemagref, Montpellier (France).

par l'eau seront précipités dans le sol sous forme de calcite et de sépiolite, l'excès des carbonates sera présent sous forme de carbonates et de bicarbonates de sodium dissous. Au fur et à mesure, l'excès de carbonates apporté va aussi précipiter le calcium et le magnésium échangés du sol, jusqu'à ce que le complexe adsorbant soit presque complètement saturé par le Na et à moindre degré par K (Marlet et Job, 2006). Donc, l'addition continue d'eau d'irrigation va causer une accumulation de carbonates de sodium entraînant ainsi une sodisation probable de

ces sols voire dans certains cas une alcalinisation dont le résultats final est une dégradation physique et un effondrement structural dans les cas extrêmes

La répartition des de ces points sur la carte de salinité des eaux montre que les eaux à $RSC > 0$ caractérisent les eaux à faible probabilité de salinité qui, pour un gestionnaire ne présentent, à défaut bien sur, aucun danger (fig.1).

Figure 1 : Les risques de salinité et d'alcalinité des eaux souterraines de la plaine du Bas-Chélif



CONCLUSION

La disponibilité de l'eau d'irrigation se trouve confrontée à des énormes problèmes dans la plaine du Bas-Chélif. Ces problèmes concernent les eaux de surfaces et les eaux souterraines simultanément. L'eau de surface se fait rare ; d'une part les eaux de barrages ne sont plus attribuées à l'irrigation et, d'autre part, la détérioration du réseau d'irrigation ne donne pas une accessibilité à l'eau pour les cultures.

La reconversion à l'utilisation de la nappe pour l'irrigation est la solution adoptée par les agriculteurs. L'évaluation de la qualité des eaux souterraines par des méthodes classiques a révélé que ces eaux sont d'une salinité très élevée et normalement inutilisable pour l'irrigation. L'approche d'alcalinité résiduelle (RSC) souligne qu'un bon nombre de forages analysés présente un signe RSC positif ($RSC > 0$). Ces eaux qui présentent un réel danger

de sodisation. Elles sont de faible salinité, ce qui, pour un agriculteur, ne présente aucun danger.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARBIERO L., VALLES V. et CHEVERRY C., (2004). Reply to J.W. Van Hoorn "Some observations with respect to sodicity hazard of irrigation waters". Letter to the Editor. *Agricultural Water Management* 68 : 177-184.

DOUAOUI A., (2005). Variabilité spatiale de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif, Apport de la géostatistique et de la télédétection, Thèse Doct, d'état, INA - Alger, PP 115 - 142.

MARLET S., JOB J. O., (2006), Processus et gestion de la salinité des sols, In Tiercelin, J.R, *Traité d'irrigation*, seconde édition, Tec & Doc Lavoisier, p, 797-822.

L'USAGE PRIVÉ DE L'EAU SOUTERRAINE EN GRANDE HYDRAULIQUE : ENJEU DE SURVIE OU DE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE IRRIGUÉE DANS LA MITIDJA ?

Hartani T¹, Imache A², Bouarfa S³, Kuper M⁴

INTRODUCTION

Face à une pénurie des eaux de surface, les agricultures irriguées dépendent de plus en plus des eaux souterraines. Le développement d'une économie agricole reposant fortement sur l'eau souterraine remet en cause la logique et les investissements des périmètres de réseaux d'eau publics à gestion centralisée (Shah, 2009). Cependant, il existe de nombreuses questions sur la durabilité des ressources en eau souterraines, fortement sollicitées, et des agricultures qui en dépendent. La plaine de la Mitidja (Nord-centre de l'Algérie) possède des sols riches et un climat arrosé avec 500 à 700 mm de précipitations par an. L'irrigation y est devenue nécessaire pour la production des fruits et légumes qui remplacent maintenant la viticulture anciennement cultivée.

Le réseau d'irrigation peine à satisfaire la demande des irrigants, et ce, pour les raisons suivantes. Depuis 1987, une reconfiguration foncière s'est opérée sur les anciens domaines agricoles indépendamment du schéma hydraulique créant de facto une inadaptation de ce réseau à la nouvelle répartition des exploitations agricoles collectives (EAC). Certaines EAC se sont trouvées sans accès direct au réseau hydraulique, compromettant leur approvisionnement par l'eau du barrage. S'y ajoute un déficit d'approvisionnement du réseau par un taux de remplissage faible des barrages, d'un état défectueux du réseau d'irrigation, et de la priorité au secteur de l'eau potable, ce qui laisse parfois les agriculteurs sans aucun accès à la ressource en eau de surface. Ce manque d'eau de surface couplé à une demande croissante pour des cultures à haute valeur ajoutée (agrumes, rosacées, maraîchage) a incité les agriculteurs à recourir à l'eau souterraine à travers l'exploitation d'un grand nombre de forages individuels et collectifs.

Dans cet article, nous explorons les conditions d'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines dans une double optique de durabilité des ressources et du territoire irrigué menacé par la dégradation de ses exploitations agricoles.

Mots clés : eau de surface, eau souterraine, agriculture

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'eau souterraine offre de multiples avantages : elle fonctionne à la demande avec des coûts de pompage supportables, elle a une fonction multi usages (irrigations, alimentation en eau potable, hammams, industries, élevages,...) et il n'y a pas de sélection ni de contraintes à l'entrée (statut officiel de l'irrigant, abonnement annuel, cultures prioritaires, ...). Nous prendrons pour illustrer cela l'exemple de la commune agricole de Mouzaïa qui compte plus de 280 forages pour 5 600 ha à partir desquels serait prélevé annuellement l'essentiel de l'eau destinée à l'irrigation, notamment des vergers. Sur ces 280 forages, 14 forages agricoles ont fait l'objet d'un suivi sur une année, du 01 février 2008 au 31 janvier 2009. Au total, 285 ha sont irrigués à partir de ces 14 forages dont 122 ha d'agrumes (Hartani et al, 2010). Les débits ont été mesurés à l'aide d'un débitmètre à ultrason et les temps de pompage ont été répertoriés dans une fiche d'enquête de manière à prendre en compte la durée totale de mise en service de chaque forage.

Afin d'assurer une certaine représentativité, les forages ont été choisis selon plusieurs critères: profondeur du forage, types de cultures, nombre d'usagers etc. Les précipitations moyennes enregistrées pour la période considérée étaient de 506,17 mm avec un maximum de 74,65 mm en décembre. Une typologie à base d'enquêtes faisait apparaître deux types principaux d'exploitations : le type agrumes et le type maraîchages -agrumes.

RÉSULTAT 1 : UNE DYNAMIQUE AGRICOLE BASÉE SUR LE POMPAGE DE L'EAU SOUTERRAINE

Le suivi de l'échantillon de forages fait apparaître une consommation d'eau souterraine de 76 700 m³ par mois et par forage avec un minimum de 9 300 m³ et un maximum de 255 500 m³.

Le pic de consommation a lieu en juillet avec près de 17 000 m³ en moyenne sur le mois et par forage et un arrêt quasi-total du pompage pendant les mois de décembre et de janvier (Hartani et al, 2010). Nos données montrent que, pour notre échantillon, l'eau des

¹ - Hartani T ENSA, (Algérie) t.hartani@ensa.dz

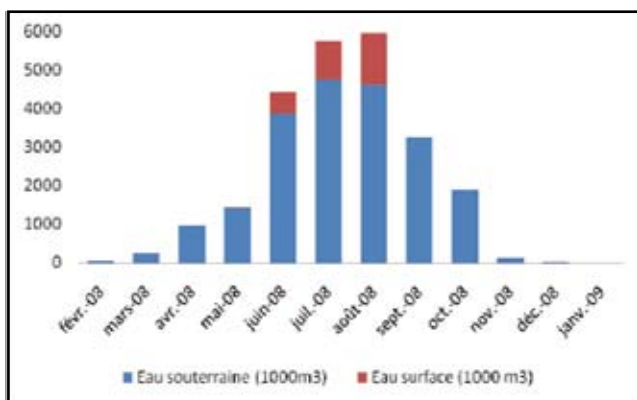
² - Imache A Lisode (France) amar.imache@lisode.com

³ - Bouarfa, S Cemagref (France) sami.bouarfa@cemagref.fr

⁴ - Kuper M, Cirad, IAV Hassan II (Maroc) marcel.kuper@cirad.fr

forages est principalement destinée aux agrumes (59%), puis au maraîchage de plein champs (21%), les rosacées (13%), et enfin le maraîchage sous serre (6%). Extrapolé aux 280 forages de la commune agricole de Mouzaia, le volume mensuel moyen pompé est de 1,76 Mm³ avec un pic de 4,74 Mm³ en juillet alors que le volume d'irrigation maximum distribué en tête de réseau par le barrage n'est que de 1,35 Mm³ en aout (Fig. 1). Par ailleurs, le volume annuel pompé pour l'irrigation est égal à 21,17 Mm³ alors que le volume d'eau de surface distribué en tête du réseau hydraulique est de 2,979 Mm³ qui irrigue principalement l'arboriculture fruitière (agrumes, pêcher, poirier, pommier).

Figure 1 : Répartition mensuelle des volumes d'eau de surface et d'eau souterraine à Mouzaia du 01 février 2008 au 31 janvier 2009



RÉSULTAT 2 : L'EAU DE SURFACE : UNE RESSOURCE D'APPOINT À EFFET SOCIO ÉCOLOGIQUE

L'eau de surface représente donc le septième des volumes nécessaires à l'irrigation mais avec des périodes des lâchés du barrage en juin qui arrivent souvent en retard par rapport aux premières irrigations des arbres fruitiers. Cependant, l'irrigation par l'eau de surface a deux effets positifs : elle permet d'abord aux arboriculteurs qui y ont accès de justifier d'un statut social auprès des institutions locales dans un contexte de négociation au sein de la profession agricole sur fond de réorganisation du foncier dans le cadre d'une nouvelle loi. Elle permet par ailleurs, par son mode gravitaire de réalimenter les nappes.

Ainsi, grâce à la conjugaison de l'eau de surface et de l'eau souterraine, on voit se développer aux portes d'Alger un (écosystème vert) dont la durabilité est appelée à être préservée.

DISCUSSION- CONCLUSION

Les résultats présentés témoignent de l'importance de l'usage de privé de l'eau souterraine en grande hydraulique et apportent un éclairage nouveau aux gestionnaires appelés par ailleurs à accompagner la dynamique agricole en cours. L'avenir agricole de la Mitidja est sans doute dans la conjugaison intelligente entre les deux ressources disponibles : l'eau de la nappe, et l'eau des barrages, dont la disponibilité augmentera dans les années à venir (in Hartani et al, 2010).

L'eau de la nappe apporte une souplesse considérable pour l'irrigation et compense les rigidités inhérentes au réseau public d'irrigation. L'eau de surface permettra de soulager la pression sur la nappe par la limitation des pompages et contribuera à la réalimentation de celle ci par l'irrigation gravitaire.

Les stratégies à mettre en place pour une telle gestion intégrée des ressources en eau ne sont évidemment pas simples car elles concernent une très grande diversité d'acteurs dont les intérêts sont parfois opposés. Cette conjugaison soulève cependant la question d'une continuité de gestion entre les deux ressources et d'une adhésion des usagers à cette idée. Un débat entre tous les acteurs a déjà été amorcé sur le territoire de la Mitidja mais cette option n'est pas encore à l'agenda officiel.

RÉFÉRENCES

Hartani T., Chabaca N., Imache A., et Ammar Boudjellal A. (2010). La Mitidja 20 ans après. Les eaux souterraines: vers un usage conjugué avec l'eau de surface. Réalités agricoles aux portes d'Alger. pp 288. Alpha design éditions.

Shah, T. 2009. Taming the anarchy. Groundwater governance in south Asia. Resources for the future Washintong, DC, USA, International water management institute, Colombo Sri Lanka. pp307.

DRAINAGE AGRICOLE ET PROTECTION DES EAUX
SOUTERRAINESTournebize J¹, Chaumont C¹, Vincent B¹, Malenfant C², Birmant F³, Zakeossian M⁴

Key words: drainage agricole, eau souterraine, zone tampon, diagnostic hydrologique (subsurface drainage, groundwater, buffer zone, hydrological diagnosis)

INTRODUCTION

La dégradation de la qualité des eaux souterraines est une réalité face à laquelle les pouvoirs publics doivent trouver des réponses afin de remplir les obligations de la directive cadre sur l'eau. Cela concerne aussi bien les pesticides que les nitrates. Or dans certains contextes hydrogéologiques, des connexions directes entre les eaux de surface et les eaux souterraines ont lieu souvent par la présence d'infiltration préférentielle ou d'engouffrement liée à des phénomènes karstiques. Ces connexions sont une menace directe pour la qualité de l'aquifère.

Il existe des cas où ces connexions sont en aval de bassins équipés de drainage superficiel (naturel ou par tuyaux enterrés) et pour les quels il est possible d'intervenir pour atténuer une éventuelle pollution superficielle, et ceci en complément d'autres actions sur les pratiques agricole. Bien que non exhaustivement inventoriés, ces cas sont nombreux dans le bassin parisien ou les eaux de drainage agricole peuvent constituer une part non négligeable de la recharge des aquifères sous jacents. C'est ce type de cas qui est décrit dans le présent travail avec pour objectif d'acquérir une méthodologie adaptée à juger de la pertinence de traiter ou non les eaux de surface.

A cet effet nous nous sommes appuyés sur des collaborations se sont organisées entre différents acteurs représentant différents enjeux liés à la gestion de l'eau, les instances locales, le développement agricole et la recherche.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les trois cas portent sur des aires d'alimentation et de captage (AAC) classées prioritaires l'AAC des sources de la Voulzie (Seine et Marne), l'AAC de Nangis (protection des gouffres de Rampillon, Seine et Marne) ; l'AAC de Vovelles (bassin de Dammarie, Eure et Loir).

DESCRIPTION DES AAC

L'AAC des sources de la Voulzie, gérée par Eau de Paris, se trouve sur le plateau de la Brie, en limite Sud-Est de la Seine-et-Marne. Le bassin hydrologique, délimité par la topographie, s'étend sur 115 km². Le périmètre sourcier entaille la formation géologique des calcaires de Champigny. La problématique de la ressource en eau est liée aux concentrations en nitrate (>50mg/l) et ponctuellement en pesticide (>0,1µg/l). Le secteur est agricole céréalier partiellement drainé à hauteur de 13% (après enquête). Les secteurs drainés sont concentrés géographiquement et toujours situés en amont de zone d'infiltration préférentielle ou d'engouffrement.

L'AAC de Nangis se trouve sur le plateau de Brie, également, et l'association AQUI'Brie est chargée de la définition des mesures à mettre en œuvre pour protéger l'aquifère du Champigny de la contamination par les pesticides. Le projet s'est centré sur la zone de Rampillon qui présente un engouffrement des eaux de surface provenant d'un bassin de 400 ha quasi entièrement agricole céréalier et drainé. Les eaux engouffrées alimentent la nappe du Champigny, et sont captées à Nangis. Ce type d'échange nappe/cours d'eau est caractéristique de la nappe du Champigny, 40 points similaires ont été répertoriés sur le territoire du Champigny géré par AQUI'Brie et contribuent à hauteur de 70% à la recharge de la nappe de Champigny. Ce type d'échange est par ailleurs fréquent en d'autres points du Bassin Parisien.

L'AAC de Vovelles se trouve sur le bassin d'alimentation de captage de Dammarie, à 13 km au Sud de Chartres, en Eure et Loir dans la nappe de la Craie Séno Turonienne. L'AAC s'étend sur une surface totale de 4758 hectares. L'agriculture couvre 83% de la surface du bassin dont 8%, après enquête sont drainées. Le réseau hydrographique est uniquement constitué des vallées sèches qui présentent des zones d'infiltration préférentielles. Les teneurs en nitrates y sont supérieures à la norme et le site présente un risque important de transfert de produits phytosanitaires. L'AAC de Vovelles est utilisée comme bassin expérimental par la Direction Départementale des Territoires (DDT), ce qui lui permet

¹- Cemagref, UR Hydrosystèmes et Bioprocédés, Parc de Tourvoie BP 44, 92163 ANTONY, France

²- Service Gestion des Risques, de l'Eau et de la Biodiversité Direction Départementale des Territoires, 17 place de la république, 28019 Chartres cedex

³- AQUI'Brie, 2 avenue Galliéni, 77000 Melun

⁴- EAU DE PARIS - Unité Eaux souterraines, 3, route de Moret Sorques, 77690 Montigny-sur-Loing

de tester l'efficacité des mesures agroenvironnementales existantes et éventuellement d'envisager des dispositifs plus adaptés au drainage.

Ainsi les 3 AAC présentent des points communs :

- Agriculture intensive,
- Pollution avérée ou potentielle par les nitrates et / ou les pesticides,
- Infiltration préférentielle des eaux de surface liées au karst,
- Présence de surface agricole équipée de réseau de drainage par tuyaux enterrés.

MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE

Sur les 3 AAC des diagnostics hydrologiques ont été menés. Il s'agit à partir de mesures en continue de ligne d'eau et d'opération de traçages ponctuels (jaugeage ou chimique), à différentes dates en différents points du bassin versant de localiser et de quantifier les flux d'infiltration selon la saison hydrologique. La recharge des aquifères a été évaluée par analogie avec le fonctionnement du drainage agricole. A partir des périodes d'écoulement mesuré et des volumes transférés en saison de drainage intense, il a été calculé un volume théorique d'infiltration diffuse sur les surfaces non drainées. Ainsi les diagnostics ont permis d'identifier les zones d'infiltration préférentielle, de quantifier la proportion de flux d'eau de surface par rapport à l'infiltration directe.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans le cas particulier de l'AAC de la Voulzie, le captage collecte toutes les eaux de l'aquifère et les eaux de drainage se réinfiltrent en plusieurs points de telle sorte que les écoulements à l'exutoire du bassin versant sont négligeables. La comparaison des volumes journaliers estimés par analogie du drainage ($38\ 000\text{m}^3/\text{j}$) et des volumes prélevés par Eau de Paris ($36\ 000\text{m}^3/\text{j}$), soit un écart de 5% conduit à valider la méthode. Celle-ci a donc été étendue aux deux autres captages.

A partir des résultats du tableau 1, il apparaît que la proportion des eaux de drainage à la recharge varie de 100% à 2,6%. Ceci a des conséquences sur la complémentarité des actions à développer sur les AAC.

Dans le cas de l'AAC de la Voulzie, des actions fortes sur la réduction des intrants sont en cours depuis plusieurs années. Associés à cela, des aménagements compensateurs du drainage (pour au moins 19% de la recharge) tels que des zones tampons humides artificielles sont à l'étude sur les secteurs drainés. Le verrou est lié à la maîtrise du foncier. L'emplacement des futurs aménagements sera préférentiellement

localisé sur les terrains propriétés d'Eau de Paris. Les zones tampons auront donc un intérêt sur les secteurs amont drainés mais complémentaires des actions basées sur les pratiques en sol non drainé.

Dans le cas de l'AAC de Vovelles, les eaux de surface représentent moins de 3% de la recharge de la nappe. Traiter les eaux de surface n'aurait pas un impact suffisant sur la qualité des eaux de recharge. Ce seront alors des actions basées sur la réduction des intrants et le changement drastique d'occupation du sol qui seront prioritaires. Nous entendons par changement drastique d'occupation du sol, la mise en jachère, prairie, ou couvert forestier de 30% de la surface du bassin versant pour un objectif inférieur à 50 mg/l de nitrate.

Dans le cas de l'AAC de Nangis, sur le sous bassin de Rampillon, associé aux actions de réduction des intrants, menées par AQUI'Brie, des propositions d'aménagement ont été discutées. Au niveau historique, le projet a débuté en 2005, et ce n'est qu'en 2010, que les zones tampons humides artificielles ont finalement été achevées. Après négociation, ce sont 4 aménagements de type zone tampon humide artificielle qui sont proposés sur le bassin versant. La maîtrise d'ouvrage est soit publique (syndicat de rivière) pour l'un des aménagements, soit privée (agriculteurs) pour les 3 autres. En effet les agriculteurs partenaires in fine du projet restent propriétaires de leur aménagement et participent donc activement à la limitation des impacts de leur activité agricole. Au final, la surface cumulée des aménagements correspond à 0,5% de celle du bassin versant. Ce ratio est faible et correspond à une prise de risque à laquelle le processus de co-construction a conduit. L'expérience dira si la gestion dynamique sera suffisamment performante pour compenser la faible emprise des ouvrages, et si la prise de risque était excessive.

CONCLUSIONS

L'approche de protection de la ressource en eau souterraine dans un secteur drainé nécessite au préalable une étude hydrologique afin de hiérarchiser les transferts hydriques. De la quantification des apports des eaux de drainage dépend le type de solution proposée. Les travaux présentés montrent que

- finalement les secteurs drainés présentent une facilité hydraulique d'acheminer les eaux dans des zones tampons dédiées à leur épuration naturelle.
- la mise en œuvre technique des zones tampons humides artificielles est possible avec une efficacité satisfaisante a priori mais nécessite d'avoir accès à la maîtrise du foncier. Les zones tampons humides artificielles ne se substituent pas aux actions sur la pression polluante agricole mais ont un rôle positif et complémentaire pour limiter les transferts.

- d'un coté socio-économique, il est important d'impliquer tous les acteurs dont les agriculteurs dans la démarche et cela le plus tôt possible.

La suite du travail s'appuiera sur l'évaluation in situ des approches d'aménagement de zone tampon humide artificielle et proposera une analyse coût / bénéfice de ce type d'action en complément des actions basées sur l'évolution des pratiques agricoles. Les travaux pourront aider les pouvoirs publics à élaborer des incitations qui permettront une implication plus marquée des acteurs.

Tableau 1. Synthèse des principales caractéristiques des 3 cas étudiés. (ESU : eaux de surface – ESO : eaux souterraines – INFD : infiltration diffuse)

AAC	Rampillon	Voulzie	Vovelles
Occupation du sol	100% agricole drainé	80% agricole dont 13% drainé	83% agricole dont 8% drainé
Diagnostic hydrologique	Réinfiltration totale des ESU ESO=ESU (100%)	Réinfiltration totale des ESU ESO=ESU (19%) + INFD (81%)	Réinfiltration partielle des ESU ESO=ESU (2.6%)+INFD (97.4%)
Type d'action proposée	Adaptation des pratiques et 4 aménagements compensateurs du drainage	Adaptation des pratiques et 4 aménagements compensateurs du drainage	Adaptation des pratiques et changement d'occupation du sol

DES RÉSERVES DE SUBSTITUTION ASSOCIÉES À UNE GESTION COLLECTIVE DE LA RESSOURCE EN EAU POUR PROTÉGER LES MILIEUX FRAGILES.

D.Lepercq¹, S.Laloux²**Résumé**

ans le secteur des Autizes, un des bassins d'alimentation du marais poitevin - 2^{ème} zone humide classée de France -, le développement de l'irrigation a conduit à surexploiter la nappe lui servant d'alimentation. Le projet de création de 10 réserves de substitution et la mise en place d'une gestion collective équitable apportent une réponse locale pour concilier les enjeux économiques et environnementaux.

Key words: substitution, gestion collective, concertation

INTRODUCTION**Le contexte**

Le marais poitevin couvre 110 000 ha répartis sur trois départements et deux régions. Ancien golfe marin, le marais poitevin actuel résulte d'un aménagement débuté en 1600 avec la poldérisation, la création de canaux et la conquête de nouvelles surfaces cultivables. Il se poursuivra jusqu'en 1986, date des derniers travaux d'endiguement à la mer.

L'alimentation en eau du marais est assurée l'hiver par les écoulements superficiels, mais également par le débordement des nappes de périphérie dont le niveau piézométrique est supérieur à celui des canaux. L'été, l'étiage des rivières ne permet plus l'alimentation de la nappe dont le niveau baisse également, réduisant d'autant l'alimentation des canaux de marais.

La frange nord du marais est constituée par une plaine calcaire reposant sur les nappes du Dogger, de milieu karstique, et de l'Infra-Toarcien. Le niveau d'équilibre entre la nappe et le marais se situe à 2,5 m NGF. En deçà, il se produit une inversion de régime, le marais alimente la nappe.

Les enjeux

La grande biodiversité de cette zone, sa fragilité et la condamnation de la France par l'Union Européenne pour non-respect de la directive Oiseaux en 1999 (Affaire C-96/98), ont fait du marais poitevin un enjeu majeur de protection des zones humides.

Le développement des cultures céréalières et de l'irrigation dans les années 1990 ont conduit à

surexploiter la nappe, son niveau atteignant des cotes négatives les années les plus sèches. Les conséquences environnementales de la baisse des niveaux d'eau dans les marais (en particulier la remontée du biseau salé), en lien avec les prélèvements importants dans la nappe, ont conduit l'administration à imposer des mesures de restriction des prélèvements. Dès 1995, des interdictions horaires règlementent les prélèvements le week-end, conduisant à une limitation de la baisse de la nappe, mais également à un suréquipement des irrigants pour compenser la réduction du temps d'arrosage.

En 2001, une mission de coordination interministérielle a été confiée à M. Pierre Roussel, secrétaire général de l'Inspection Générale de l'Environnement, afin d'élaborer un plan d'action pour le Marais Poitevin (1). Cette mission a abouti au «plan d'actions pour le Marais Poitevin – engagement de l'Etat» adopté le 11 mars 2002.

Le Plan d'actions a prévu, pour remédier à cette situation, la maîtrise des prélèvements d'une part et la création de réserves de substitution d'autre part. L'objectif de substitution pour l'ensemble du Marais Poitevin y est indiqué à hauteur de 30 Mm³, soit la moitié des prélèvements autorisés. Une première étape sur 10 ans vise la substitution de 15 Mm³.

Le projet

Face aux enjeux environnementaux et économiques de l'irrigation, le projet de réserves de substitution sur le secteur dit des Autizes a vu le jour dès 2000, sous l'impulsion des irrigants et des élus locaux. Ce projet repose sur deux principes :

- construction de réserves de substitution permettant de réduire les prélèvements dans les milieux naturels de 50 % et de respecter une cote piézométrique minimale de 2,5 m pour éviter les inversions de flux hydrauliques et maintenir les niveaux d'eau dans les marais (2),
- mise en place d'une gestion collective globale des ressources superficielles, souterraines et stockées. Basée sur l'équité et la solidarité, elle donne à chacun, raccordé aux réserves ou pas, les mêmes droits et devoirs.

¹ - CACG, responsable du pôle Gestion Des Clients – d.lepercq@cacg.fr

² - CACG, chef du service Ressources en Eau et Foncier – s.laloux@cacg.fr

LE PROJET DE RÉSERVES

Le programme de 10 réserves de substitution et leur gestion collective est porté par le Syndicat Mixte du Marais Poitevin, Bassin Vendée-Sèvre-Autise. Le Syndicat couvre 73 000 ha. Il associe le Conseil Général de la Vendée, 36 communes et 18 gestionnaires de réseaux hydrauliques. Il a pour vocation l'étude, la réalisation et l'entretien des réseaux hydrauliques pour le bon fonctionnement du marais (et sa zone humide).

Le projet concerne les 3 sous-secteurs du bassin des Autizes : la rivière Autize, la nappe de plaine et les canaux du marais associés.

Le programme de travaux s'échelonne de 2006 à 2011. Le volume utile total stocké est de 3,221 millions de m³, permettant de raccorder la moitié des irrigants du secteur. Chaque réserve varie entre 140 000 m³ et 650 000 m³, 9 sont bâchées.

L'eau stockée n'est pas restituée dans le milieu, mais distribuée par réseaux. Le remplissage hivernal s'effectue à partir de forages dans la nappe, ou de prélèvements dans les milieux superficiels sous condition de niveau et de débit suffisant. Il s'achève le 31 mars pour ne pas interférer avec l'alimentation du marais au printemps.

En 2010, 7 des 10 retenues étaient en service, stockant 70 % du volume à créer.

LA GESTION COLLECTIVE

La cote d'arrêt des irrigations a été remontée progressivement de 0 m NGF en 2006 à 2,5 m en 2010. Il n'y a pas, pour le moment, de condition d'arrêt des prélèvements en fonction des cotes des biefs de marais. La remontée à 2,5 m de la cote minimum de la nappe en fin d'étiage sur un piézomètre de référence revient à supprimer un potentiel de volume prélevable dans le milieu équivalent à celui stocké dans des réserves.

La gestion collective se doit d'organiser la gestion des prélèvements. Elle est basée sur trois piliers : un protocole associé à une contractualisation entre chaque irrigant et le gestionnaire, la concertation, une technologie de pointe permettant de rassembler et de diffuser des informations pertinentes et fiables, avec réactivité.

Les indicateurs

La CACG, gestionnaire du Syndicat Mixte, a mis en place une série d'indicateurs, suivis quotidiennement, pour évaluer l'évolution de la situation et adopter les mesures permettant de répondre aux objectifs.

Ces indicateurs ne concernent pas seulement le piézomètre de référence, mais également le débit des rivières, les cotes des biefs de marais et l'intensité des prélèvements. Une gestion concertée des restrictions a

été mise en place, basée sur les besoins en eau de chaque exploitation (selon une typologie d'exploitation élaborée après enquête de terrain) ; elle permet d'attribuer à tout moment un volume plafonné à chacun, pour la quinzaine à venir. La réactivité des décisions en fonction des indicateurs a encore été améliorée par l'envoi de SMS d'informations personnalisées tout au long de la campagne d'irrigation.

Le gestionnaire a également mis en place un contrôle permanent des consommations, en réalisant en moyenne plus de 6 relevés par compteur au cours de l'été.

Les contrats d'eau

La mise en place des réserves s'est accompagnée de la signature par chacun des irrigants d'un contrat définissant les obligations du gestionnaire et du préleveur. Ce contrat précise notamment le volume maximal alloué pour le printemps et l'été, le prix du service comprenant le remplissage hivernal des réserves, leur entretien, la gestion collective du secteur et la part d'investissement restant à la charge des agriculteurs. Ce prix est le même pour tous, quel que soit son mode de prélèvement. La convention prévoit également les sanctions financières en cas de non-respect des clauses contractuelles.

La concertation

Le protocole de gestion existant sur la nappe a été étendu et adapté pour l'ensemble du secteur des Autizes. Ce protocole spécifique définit des courbes de gestion de la nappe déterminant des restrictions contractuelles afin de limiter le recours aux interdictions de prélèvement par arrêté préfectoral, tout en respectant la cote minimale d'exploitation de la nappe. Il définit également les mesures de restrictions, leurs modes d'application et les moyens que le gestionnaire met en œuvre pour faire respecter le protocole.

La réussite de cette gestion repose également sur l'implication de tous les acteurs de l'eau du secteur. Une commission locale de gestion a été créée. Sous la présidence du maître d'ouvrage, elle rassemble le Conseil Général, l'Administration (DDTM), le gestionnaire et les représentants des irrigants à travers l'association qu'ils ont créée dès 2001.

La commission de gestion débat de l'organisation de la gestion, mais contrôle également la bonne application des mesures décidées collectivement (le protocole ne pouvant pas prendre en compte d'emblée tous les cas de figure et les problèmes particuliers). Les demandes de dérogations, la décision des actions de communication ou les contrôles particuliers à effectuer sont décidés d'un commun accord.

L'acceptation des contraintes de gestion (restrictions de prélèvement) et du paiement des redevances est rendue possible par le sentiment de solidarité créé autour du projet, la participation à l'élaboration des décisions, et la sécurisation de l'accès à l'eau.

DES RÉSULTATS PROMETTEURS

La première année de mise en service du projet, en 2009, a été satisfaisante puisque la cote de la nappe a été tenue sans restriction préfectorale. En 2010, l'étiage a connu la même sévérité que celui de 2005 avec des pluviométries respectivement de 52 % et 57 % de la normale. Grâce au projet, la cote minimum de la nappe est remontée de 1,90 m et celle du bief principal du marais, situé à l'aval, de 20 cm, avec une baisse retardée d'un mois. Les acteurs du marais (bateliers, éleveurs) jugent positivement les premiers résultats qui devront être améliorés avec la mise en service des trois dernières réserves, dont deux en liaison directe avec l'alimentation des canaux.

Le débat sur la surexploitation de la nappe se déporte donc naturellement sur les problèmes subsistant sur les milieux superficiels. La rivière Autize, à l'amont, connaît des étiages sévères (pertes par infiltration), et la réserve permettant une substitution de 40 % des prélèvements ne suffit pas à éviter les interdictions totales d'irrigation.

ANALYSE CRITIQUE

L'expérience de cet aménagement montre également les limites de l'exercice. La connaissance imparfaite des liaisons entre nappe et milieux superficiels ne permet pas encore de positionner les réserves de manière optimale. D'autres contraintes sont à intégrer (foncières, environnementales, archéologiques...).

Pour aider à l'adhésion sociale du projet, il faut en plus veiller à une répartition géographique homogène des réserves.

La question se pose toujours de savoir si le choix des implantations doit se faire en fonction des bénéfices

pour l'ensemble des milieux, pour les seuls indicateurs de gestion (piézomètres, mesures de niveaux) ou pour l'amélioration des parties perceptibles par le grand public (environnement et tourisme). Les améliorations mesurées ne suffisent pas à gommer les ressentis contre l'irrigation.

CONCLUSION

Le projet de réserves de substitution permet d'allier l'amélioration écologique des milieux et la poursuite des activités économiques agricoles du secteur. Le taux de substitution de 50 % s'avère être un optimum entre protection des milieux et économie dans le cadre du partage des coûts d'investissement et de fonctionnement par tous les bénéficiaires directs ou indirects (3). La gestion collective alliant technologie de pointe, contractualisation responsabilisante et concertation permet une organisation des prélèvements plus pertinente agronomiquement et plus acceptable socialement.

Les programmes émergents de substitution collective sur les secteurs avoisinants du marais poitevin contribueront à étendre ces méthodes et ces outils d'amélioration des conditions hydrauliques des milieux superficiels, en préservant les activités économiques du territoire.

RÉFÉRENCES

- (1) ROUSSEL P. (2001) – Un projet pour le Marais Poitevin.
- (2) PELLERIN F.M. (2004) — Piézométrie objectif, d'alerte et de crise : la seule combinaison protectrice des grands ensembles de marais en période d'étiage.
- CACG (2009) — Évaluation de l'impact économique du projet de SDAGE sur le Marais Poitevin et analyse comparée des mesures d'accompagnement.

COORDINATION COLLECTIVE SANS RÉSEAU : RÉFLEXION À PARTIR DU CAS DE L'ASSAINISSEMENT

Gabrielle Bouleau¹

INTRODUCTION

La généralisation des conduites d'eau en France est relativement récente. La démocratisation de la desserte en eau à domicile s'est faite au cours du 20^{ème} siècle. Le tout à l'égout s'est développé après guerre. Aujourd'hui le transport des eaux par des réseaux collectifs est devenu chose courante, au point que l'on confond parfois services publics de l'eau et réseaux. Les conduites urbaines n'ont pourtant pas toujours été publiques. Certaines parties de réseaux ont toujours été privées et l'on assiste récemment au développement de services d'eau sans réseau. En replaçant le développement des réseaux d'assainissement dans son contexte historique, cet article propose de réfléchir aux conditions et aux limites de son succès pour mieux comprendre les opportunités et les risques associés aux services d'eau sans réseau.

Key words: assainissement, gouvernance, contrôle

POURQUOI LES URBAINS ONT-ILS ACCEPTÉ LES RÉSEAUX PUBLICS D'ASSAINISSEMENT

Longtemps, s'alimenter en eau potable et éliminer ses déchets ont été des tâches relevant de la sphère domestique (Goubert 1986). C'est encore le cas pour les personnes qui ne sont pas raccordées à un réseau urbain. Cependant ce serait une erreur de considérer que toute la population urbaine attendait avec impatience l'avènement d'un réseau qui allait l'affranchir de ces tâches ménagères. Il a fallu de la persuasion, de l'enrôlement (Callon 1986), voire de l'endoctrinement (Goubert 1986), pour que les français deviennent de grands consommateurs d'eau.

Les premières conduites de desserte à domicile ont été mises en place grâce à des capitaux privés. Pour l'eau potable, alors que l'essentiel des habitants s'alimentaient à partir de bornes fontaines, les municipalités ont accordé à des entreprises privées sous le contrôle du préfet des concessions incluant un droit d'eau et un droit de passage sur les voies publiques pour développer des réseaux financés par les factures des abonnés et retournant à la puissance publique à la fin de la concession (Bocquet et al. 2008, Pezon et Canneva 2009). Cependant ce type de contrat n'a pas permis la généralisation de la desserte en eau à domicile. Seuls les quartiers les plus aisés ont été desservis. Sous la pression des hygiénistes, la desserte à domicile est devenue synonyme d'un progrès social dont il fallait faire profiter le plus grand nombre. Beaucoup

de pays d'Europe ont ainsi autorisé des municipalités à dénoncer les clauses d'exclusivité accordées aux concessionnaires privés et à permettre que l'impôt finance une extension rapide des réseaux (Goubert 1986, Pezon 1999). L'adduction en eau potable a généré plus d'eaux usées qui ont également été prises en charges par les municipalités au nom de l'hygiène.

Ainsi, même si les abonnés de ces services n'ont pas été les premiers demandeurs d'un service d'eau en réseau et qu'il a souvent fallu les convaincre avec tout un réseau socio- technique dispensant des formations spécifiques, ils s'en sont accommodés parce que dans le même temps (souvent pour d'autres raisons) leur niveau de vie s'est accru. Ils ont pu financer le coût croissant de ces infrastructures et ils ont investi le temps dégagé par la sécurité de la desserte à la demande 24h/24 dans d'autres activités.

En échange d'un confort, les abonnés ont accepté une certaine dépendance vis à vis d'un service que certains qualifient de citadelle technique (Bédu 2010, Tsanga Tabi 2011) qui rend peu de comptes aux abonnés. Les gestionnaires de ces infrastructures discrètes de la vie quotidienne (Barbier 2011) sont des corps techniques spécialisés bénéficiant d'une situation de quasi-monopole sur le réseau qu'ils gèrent. Les normes encadrant la délivrance (Olivier de Sardan et al. 2010) du service public de l'eau et de l'assainissement sont souvent décidées entre experts de ces corps techniques. Les habitants-consommateurs d'eau ont aussi progressivement renoncé à diverses formes de solidarité collective permettant la mutualisation des coûts (Pflieger 2003) pour une logique plus marchande d'imputation à chaque usager de la part de coût du service qui lui revient. Ce faisant, plus d'une moitié des abonnés a également accepté les contraintes liées aux compteurs d'eau et à la facturation individuels (divulgaration d'information privée, responsabilité individuelle en cas de fuite après compteur, ...).

Tant que le service fonctionne bien et qu'il est accessible au plus grand nombre, ces concessions faites par les abonnés semblent ridicules eu égard aux bénéfices qu'ils en tirent. Le film *Brazil* de Terry Gilliam donne à voir une citadelle technique centralisée (conduites d'eau et d'air conditionné généralisées), qui ne remplit plus ses promesses de confort (dysfonctionnement), mais qui conserve ses capacités de contrôle de la population par le biais de la facturation. Dans ce cauchemar, non seulement la facturation est un moyen de localiser les individus, mais également la possibilité de leur

¹ - UMR G-EAU, Cemagref, 361 rue Jean-François Breton, F-34196 Montpellier, France : gabrielle.bouleau@cemagref.fr

imputer les dépenses afférentes aux recours éventuels qu'ils engagent contre le système (jusqu'aux frais d'emprisonnement s'ils s'avèrent coupables). Ce scénario montre bien qu'un réseau n'est pas acceptable à n'importe quel prix.

COMMENT MAINTENIR LE SERVICE DE L'ASSAINISSEMENT SANS CES CONDITIONS ?

Or justement, les réseaux coûtent cher. Leur maintenance et leur renouvellement posent problème dans un contexte de retrait de l'Etat et de diminution des subventions publiques aux équipements. On a souvent considéré que les solutions collectives coûtaient moins cher que les solutions individuelles, mais cela dépend de la densité des habitations sur un réseau et des subventions dont bénéficient les maîtres d'ouvrage. Deux stratégies différentes se développent pour délivrer le service public d'assainissement dans ces nouvelles conditions. La première est le maintien de réseaux coûteux grâce au recouvrement complet des coûts sur l'usager. Cette stratégie peut s'accompagner d'une prise en charge collective de la desserte pour les plus démunis, mais elle s'accompagne forcément d'une discussion sur les coûts du réseau, donc une remise en cause de la discrétion accordée au gestionnaire (Tsanga Tabi 2011). La seconde stratégie consiste à imaginer les possibilités de délivrer ce service sans réseau en s'appuyant sur des infrastructures "gratuites".

Cette seconde stratégie n'est pas une utopie. Elle existe déjà dans certaines communes pour l'assainissement des eaux usées et/ou des eaux pluviales. Des réseaux de fossés drainants (ou noues) sont mis en place dans certaines villes (sur du foncier public) pour faire jouer au sol le rôle d'acheminement des eaux pluviales, avec plus ou moins de dispositifs permettant d'isoler les polluants avant infiltration. Les services publics d'assainissement non collectif (SPANC) sont désormais obligatoires pour contrôler et éventuellement améliorer les conditions de traitement (fosse septique) et d'infiltration des eaux usées sur du foncier privé. Une administration se met alors en place pour gérer un service rendu à la collectivité par un investissement privé dont on contrôle le bon fonctionnement. Notons que cet investissement privé ne bénéficie pas de subventions publiques ni de mutualisation collective.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES POUR LES EAUX SOUTERRAINES

Plusieurs champs d'application de ces nouveaux services sans réseau sont imaginables. On pourrait en concevoir pour gérer les trames vertes et bleues, les transferts au sein d'une nappe, les zones d'expansion de crues, et tous les services rendus par la nature (la pollinisation, le piégeage de carbone...). Ce modèle pose cependant quelques questions de justice vis-à-vis des propriétaires fonciers ou des ayants droits des terrains que la collectivité se propose de valoriser pour délivrer un service. Peut-on considérer que le service

rendu ne bénéficie qu'au propriétaire ? Ce serait oublier que l'évacuation des eaux usées ou pluviales a été largement subventionné par la puissance publique au nom de la santé publique. Les habitants raccordés à un réseau ont payé ce service moins cher que le prix que payent les habitants non raccordés. Ce modèle pose aussi des questions d'asymétrie d'information et d'articulation entre savoirs profanes et savoirs experts sur le service rendu. Si cette stratégie pour délivrer un service sans investir dans des réseaux se développe, elle devra compter avec les gestionnaires du foncier. Des formes de coordination associant les propriétaires seront à imaginer. Quel confort leur proposera-t-on pour qu'ils acceptent de divulguer l'information stratégique sur les investissements qu'ils ont consentis et les pratiques qu'ils adoptent ?

RÉFÉRENCES

Barbier, R. (2011). "La sécurisation de l'approvisionnement en eau potable : un tour d'horizon des enjeux et des leviers d'action", in G. Bouleau et L. Guérin-Schneider. (dir.), Des Tuyaux et des hommes Paris, Quae Indisciplines.

Bédu, C. (2010). Quand une citadelle technique se (sou) met à l'épreuve de l'« impératif délibératif ». Récit et analyse pragmatique d'une procédure de type « mini public » dans le domaine de l'eau potable. Strasbourg, ENGEES. thèse en sociologie.

Bocquet, D., K. Chatzis et A. Sander (2008). "From free good to commodity: Universalizing the provision of water in Paris (1830-1930)." *Geoforum* 39 (6):1821-1832.

Callon, M. (1986). "Eléments pour une sociologie de la traduction, la domestication des coquilles St Jacques et des marins pêcheurs de la Baie de Saint Brieuc." *Année sociologique*

36:169-207. Goubert, J.-P. (1986). La conquête de l'eau. L'avènement de la santé à l'âge industriel. Paris, Hachette Pluriel.

Olivier de Sardan, J.-P., A. Abdoukader, A. Diara, Y. Issa, H. Moussa, A. Oumarou et M. Tidjani Alou (2010). "Gouvernance locale et biens publics au Niger". p. e. p. Working papers de l'APPP. Programme "Afrique, Institute of Development Studies at the University of Sussex.

Pezon, C. (1999). Le service d'eau potable en France de 1850 à 1995. Thèse de doctorat Centre de recherche en économie et management. Paris, CNAM.

Pezon, C. et G. Canneva (2009). "Petites communes et opérateurs privés : généalogie du modèle français de gestion des services d'eau potable." *Espaces et sociétés* (139).

Pflieger, G. (2003). Consommateur, client, citoyen: l'usager dans les nouvelles régulations des services de réseaux. Le cas de l'eau, de l'électricité et des télécommunications en France. Urbanisme - Aménagement. Paris, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Thèse de doctorat.

Tsanga Tabi, M. (2011). "L'irruption du social dans le management des réseaux d'eau : organisation de la solidarité et nouvelles frontières du service public d'eau", in G. Bouleau et L. Guérin-Schneider. (dir.), Des Tuyaux et des hommes Paris, Quae Indisciplines.

LES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES ET LEURS IMPACTS SUR LA DYNAMISATION DE L'AGRICULTURE DANS UN PÉRIMÈTRE DE GRANDE HYDRAULIQUE IRRIGUÉ PAR LES EAUX DE SURFACE (CAS DU PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ DE TADLA AU MAROC)

Ali Hammani¹, Abdelhafid Debbarh¹ et Marcel Kuper²

INTRODUCTION

Au Maroc, les ressources en eau souterraines constituent environ le cinquième des ressources en eau mobilisables et jouent un rôle très important dans l'économie du pays non seulement dans les périmètres de l'irrigation privée mais aussi dans les grands périmètres irrigués par les eaux de surface.

Le périmètre irrigué du Tadla au Maroc (107 000 ha) est l'exemple de périmètre de grande hydraulique conçu initialement pour être irrigué par les eaux de surface qui a connu une redynamisation de son agriculture par le recours des agriculteurs aux eaux souterraines.

Le périmètre dispose de deux types de ressources en eau :

- d'une part, les eaux de surface provenant des barrages Bin El Ouidane sur l'Oued El Abid (1500 Mm³) et de Ahmed El Hansali sur l'Oum Er Rbia (740 Mm³) et ;
- d'autre part, des eaux souterraines d'un système aquifère multicouche dont les nappes les plus importantes sont les nappes phréatiques de Béni Moussa et de Béni Amir, la nappe captive de l'éocène et la nappe profonde du Turonien.

Les eaux souterraines connaissent actuellement une surexploitation due à la prolifération des ouvrages de captage (puits et forages) permettant aux agriculteurs une meilleure intensification agricole et une atténuation des pénuries d'eau de surface.

Le présent article trace une évolution parallèle de l'exploitation des eaux souterraines, d'une part, et de l'évolution des différents contextes du périmètre de Tadla (climatiques, hydrologique, socioéconomique, institutionnel et politique, ...), d'autre part. L'article essaie de montrer dans quelles mesures les ressources en eau souterraines ont pu dynamiser l'agriculture dans le Tadla et quelle était l'impact de cette dynamisation sur cette ressource. L'article tente enfin d'étudier quelques scénarios d'évolution de la nappe sous l'effet de la mise en œuvre de la politique agricole actuelle de l'Etat traduite par le Plan Maroc Vert dont les principaux leviers en agriculture intensive sont le soutien aux filières agricoles par l'agrégation et l'économie et la valorisation de l'eau.

Mots Clés : Eau souterraine, eau de surface, bilan hydrogéologique, périmètre irrigué, valorisation de l'eau, Tadla, Maroc

EVOLUTION DU CONTEXTE DU PÉRIMÈTRE ET SON IMPACT SUR L'ÉVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

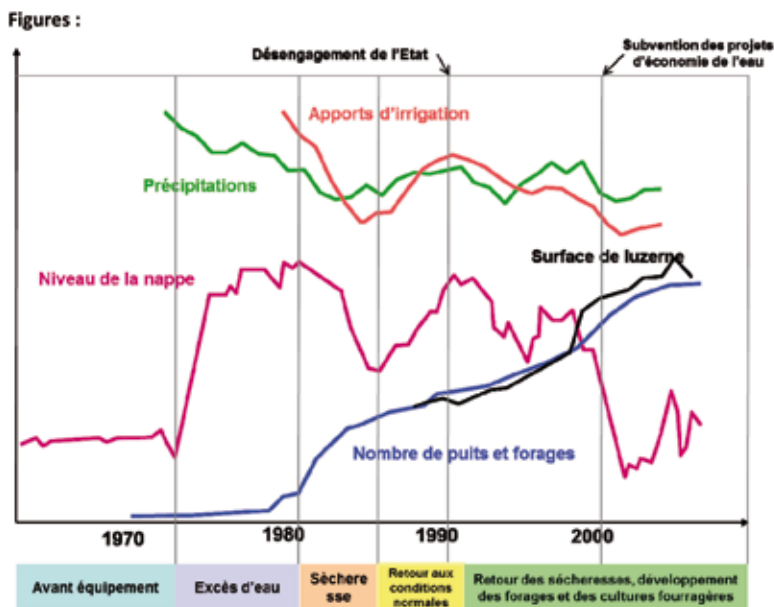
L'analyse de l'évolution des ressources en eau souterraines est faite par le calcul du bilan hydrogéologique depuis la date de la mise en service du périmètre. Cet outil permet également d'appréhender l'évolution du contexte climatique et hydrologique. Aussi, les ressources en eau souterraine ainsi que le contexte du périmètre sont-ils passés par plusieurs périodes dans leurs évolutions (Hammani et al, 2004 ; Hammani et al, 2007):

- Avant 1980 le périmètre connaissait des problèmes d'excès d'eau par remontée excessive de la nappe due à l'abondance des eaux de surface et pertes en eau d'irrigation engendré par une distribution de l'eau à la demande. Le nombre de puits à cette époque était très faible (environ 300).
- La période de 1981 et 1984 est marquée par une sécheresse conjoncturelle qui a sévi au Maroc. Le niveau d'eau dans le barrage Bin El Ouidane était son plus bas niveau de son histoire. La présence d'une nappe phréatique peu profonde conjuguée à des subventions de la mise en place de puits de pompage a permis aux agriculteurs de continuer à produire. En l'espace de quatre ans, le nombre de puits est passé à plus de 9000.
- La période 1984 - 1990 est caractérisée par le retour aux conditions normales mais avec un nombre de puits fonctionnels très élevé. Cette période était également caractérisée par le passage d'une distribution de l'eau d'irrigation à la demande à une distribution de l'eau au tour d'eau.
- L'un des événements les plus marquants de la période allant 1991 à 2001 est le désengagement de l'Etat et la libéralisation des assolements. La sécheresse s'est installée d'une manière structurelle engendrant des pénuries d'eau de surface. Ces pénuries ont été accentuées par la mise en service d'un canal de transfert d'eau vers le périmètre de Tassaout aval. La réduction des coûts de forage des puits a permis aux agriculteurs d'approfondir leurs anciens ouvrages (transformation de puits en forages) ou création de nouveaux forages. En conséquence, les nappes phréatiques sont surexploitées et les nappes profondes ne sont plus à l'abri du pompage agricole.

¹ - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Rabat, Maroc (a.hammani@iav.ac.ma)

² - Cirad/IAV, Rabat, Maroc (marcel.kuper@cirad.fr)

Figure 1 : Evolution des ressources en eau comparée à l'évolution du contexte du périmètre de Tadla



– L'année 2002 a connu l'entrée en vigueur des programmes des subventions par l'Etat des projets d'économie de l'eau permettant ainsi un recours moins intense à la nappe dans de près de 8000 ha actuellement reconvertis en irrigation localisée.

DISCUSSION

Si la gestion des eaux de surface est opérée par les pouvoirs publics au Maroc, la ressource en eau souterraine au Maroc échappe au contrôle de l'Etat en dépit des dispositions prévues dans la loi sur l'eau 10-95. Les agriculteurs sont les seuls opérateurs de la gestion de l'eau souterraine qui se fait d'une manière non concertée et abusive et les exploitations les plus vulnérables se trouvent généralement écartées de l'utilisation de cette ressource. En conséquence, des tentatives d'arrangement entre agriculteurs ont émergé ces dernières années favorisant ainsi l'accès à l'eau souterraine à ces exploitations (Kuper et al, 2009).

Les impacts les plus spectaculaires de l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation se manifestent dans l'évolution de la filière laitière. Ainsi, on a assisté à un dédoublement de la surface en luzerne entre 1994 et 2010. Un réseau de coopérative a été développé pour fournir du lait aux deux des principales usines de transformation du lait au Maroc. Par ailleurs, l'eau souterraine a permis de sécuriser les investissements en matière de l'arboriculture fruitière (agrumes et olivier notamment).

La tendance future de l'évolution des eaux souterraines est inquiétante vu leur niveau actuel de surexploitation et en raison des ambitions de valorisation et

d'intensification du Plan Maroc Vert. Ce plan devrait trouver des mécanismes pour une gestion conjuguée, efficace et coordonnée, des ressources en eau de surface et des ressources en eau souterraine. Compte tenu du niveau de connaissance des nappes souterraines par les agriculteurs, il est primordial de chercher des mécanismes pour leur rendre disponible l'ensemble de l'information que les autres types d'acteurs ont à leur disposition (hydrodynamique des eaux souterraines, qualité de l'eau, autres utilisateurs, ...).

RÉFÉRENCES

- Hammani A., Hartani T., Kuper M. and Imache A., 2009. Paving the way for groundwater management: transforming information for crafting management rules. *Irrigation and Drainage* 58: S240–S251 (2009).
- Hammani A., Kuper M., Cherkaoui F., SAAF M. et Bellouti A., 2007. Caractérisation des pompages dans le périmètre irrigué de Tadla. Atelier scientifique et technique du projet Sirma, 4 au 7 juin, 2007, Nabeul, Tunisie.
- Hammani A., Kuper M., Bouarfa S., Debbarh A., Badraoui M., Bellouti A., 2004. Evolution de l'exploitation des eaux souterraines dans le périmètre irrigué du Tadla. Actes du séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée. Rabat du 19 au 21 avril 2004.
- Kuper M., Dionnet M., Hammani A., Bekkar Y., Garin P., and Bluemling B., 2009, Supporting the shift from state water to community water: lessons from a social learning approach to designing joint irrigation projects in Morocco. *Ecology & Society*, Vol 14, No 1, p 19.

CONCEPTION D'UN RÉSEAU OPTIMISÉ DE SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE DU HAOUZ DANS LE PÉRIMÈTRE DU N'fis (OUEST DE LA VILLE DE MARRAKECH)

Abdelhak Sbai ¹

INTRODUCTION:

Le présent article a pour but de contribuer à l'évaluation de la variabilité spatiale et temporelle du niveau piézométrique de la nappe du Haouz dans le périmètre du N'fis,

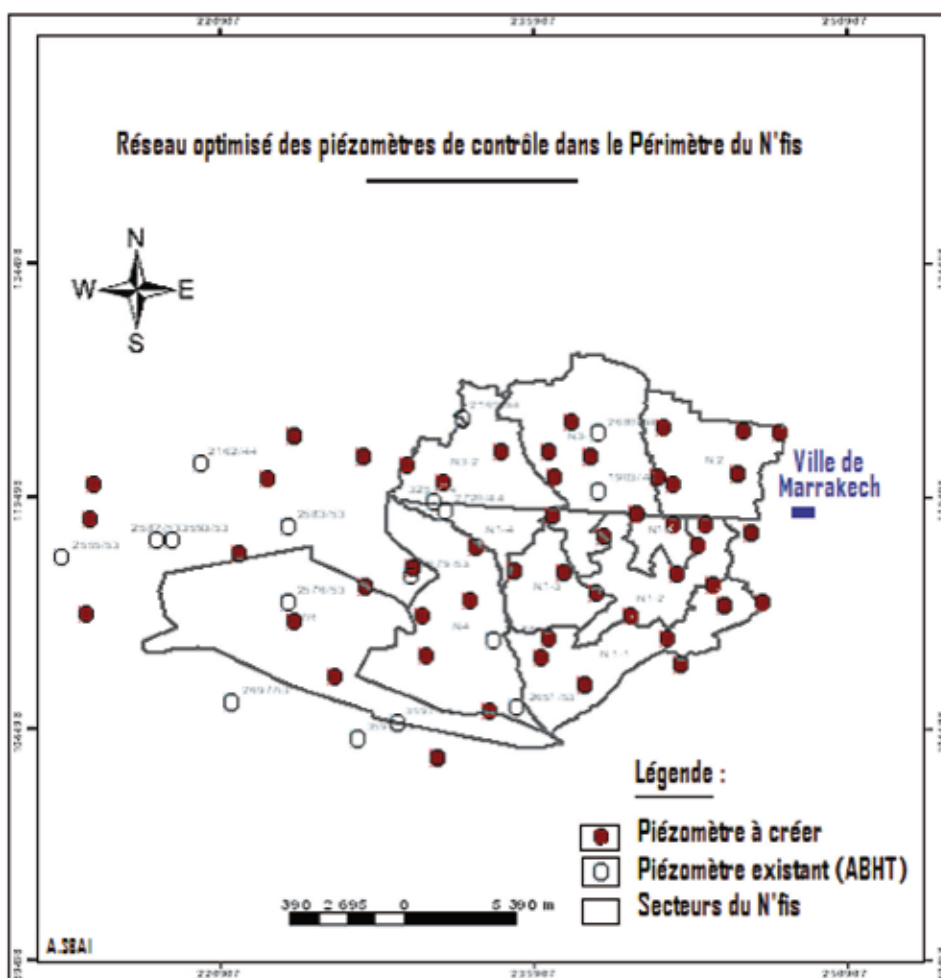
L'étude menée a permis de définir un réseau optimisé de piézomètres pour le suivi de l'état

de la nappe du Haouz, ce qui constitue un outil pour une meilleure gestion et une utilisation durable des ressources en eau dans cette zone.

Mots clés : Eaux souterraines, piézométrie, réseaux de suivi, optimisation, nappe, SIG, ORMVAH, N'fis

PROBLÉMATIQUE:

Le périmètre du N'fis d'environ 46000 Ha situé de part et d'autre de l'Oued N'fis à l'Ouest de la Ville de Marrakech connaît une diminution de disponibilité des ressources en eau souterraines et ce en raison des conditions climatiques arides et des périodes de sécheresse fréquentes que connaît la région de Marrakech.



¹ -Ingénieur GR, ORMVA DU HAOUZ, BP 2411 Av Hassan II Marrakech, Maroc, sbai_abdelhak@yahoo.fr

L'eau souterraine dans cette zone, outre la pression qu'elle subit de la part de la demande d'alimentation en eau potable et touristique, contribue d'une manière significative à l'amélioration des dotations destinées à l'agriculture surtout dans un contexte de raréfaction des eaux de surface et d'application systématique des restrictions d'eau aux cultures à partir des barrages.

L'utilisation intensive des ressources souterraines par le recours aux pompages et forages, couplée à la baisse de la recharge par manque de précipitations pluviométriques contribuent d'une manière significative au rabaissement du niveau de l'aquifère et compromettent son utilisation à long terme.

Pour une exploitation durable de ces ressources leur connaissance adéquate s'avère nécessaire, c'est dans ce contexte que s'insère la présente contribution qui vise à définir un réseau optimisé de suivi piézométrique de la nappe du Haouz qui permettra de dresser à intervalles de temps réguliers des cartes des niveaux piézométriques de cet aquifère au niveau du périmètre du N'fis, ce qui contribuera à l'amélioration de la gestion et la planification des ressources en eau souterraines et permettra une utilisation raisonnée et intégrée des eaux de surface et des eaux souterraines.

DÉFINITION DU RÉSEAU DE MESURES PIÉZOMÉTRIQUES :

L'utilisation de la géostatistique (Krigage) nous a permis de définir un réseau piézométrique optimisé de contrôle permettant de dresser un état piézométrique similaire à celui obtenu à partir d'une campagne généralisée de mesures effectuée en 1986 par la DRPE, organisme public relevant du Secrétariat d'Etat chargé de l'eau et de l'environnement du Maroc. L'outil GIS a été utilisé pour la réalisation de ce travail.

Le réseau piézométrique optimisé de contrôle de la nappe dans le périmètre du N'fis qui renseigne par une approximation par krigage sur l'état piézométrique de la nappe permettra d'assurer un suivi régulier quantitatif de la nappe (profondeur, réserves d'eau ...),

CONCLUSION :

Le réseau prédéfini est constitué de puits (recommandés d'être transformés en piézomètres de contrôle), il est composé d'une cinquantaine de nouveaux piézomètres à rajouter à ceux déjà existants et exploités par l'Agence du bassin hydraulique du Tensift.

GOUVERNANCE DES AQUIFÈRES EN CALIFORNIE ET POLITIQUES PUBLIQUES UNE ANALYSE CRITIQUE DES PREMIERS TRAVAUX D'ELINOR OSTROM

Olivier Petit¹

Les premiers travaux d'Elinor Ostrom, dans les années 1960, s'inscrivent clairement dans la perspective épistémologique posée quelques années plus tôt par Vincent Ostrom, de quinze ans son aîné². Selon V. Ostrom (1953), les sciences sociales doivent sortir d'une vision purement analytique pour jouer un rôle beaucoup plus actif dans les politiques publiques qui peuvent être menées, notamment dans le domaine de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles. Cela ne signifie pas que les scientifiques doivent se substituer aux politiques, mais leur rôle dans les processus de décision doit être davantage reconnu. Pour cela, il est nécessaire de développer des études empiriques, à l'échelle régionale, fondées sur un langage et une rhétorique qui s'éloignent de l'approche théorique traditionnelle de l'administration publique. Ainsi, plutôt que de concentrer les analyses sur le rôle du gouvernement, la formulation des politiques et leur mise en œuvre (l'administration), il convient de s'intéresser à la production et à la provision des biens et services publics afin de comprendre comment les différents agents qui exercent un rôle sur la production de ces biens et services interviennent comme co-producteurs (Ostrom V., 1976).

D'un point de vue méthodologique, l'analyse doit reposer sur une série de propositions qui sont ensuite testées empiriquement (mécanisme d'inférence). Le langage théorique privilégié est celui développé par l'école des choix publics (Buchanan, Tullock, 1962) qui soutient que les comportements institutionnels au sein des démocraties et des bureaucraties peuvent être compris comme la poursuite par des individus au comportement égoïste de stratégies leur permettant de réaliser des opportunités (mécanisme de recherche de rente) dans le cadre de structures de décision non-marchandes. V. Ostrom s'appuie en grande partie sur les travaux de cette école pour développer une analyse du système politique américain.

En outre il a développé, aux côtés de deux autres grands noms de l'économie publique (Tiebout et Warren), une analyse du gouvernement allant au-delà de l'approche traditionnelle qui conçoit celui-ci comme une structure unifiée de prise de décision. En introduisant la notion d'« ordre polycentrique » (polycentric order), ces auteurs présentent le gouvernement métropolitain³ comme

un ensemble d'arènes, c'est-à-dire un ensemble de centres d'interaction et de participation, où se discutent et se négocient des arrangements formels et informels, et qui offrent une vision beaucoup plus dynamique des processus de prise de décision (V. Ostrom, Tiebout, Warren 1961). La notion de gouvernance polycentrique deviendra d'ailleurs quelques années plus tard l'un des axes structurants du programme de recherche du Workshop in Political Theory and Policy Analysis (Jagger, Bauer, Walker, 2009).

Lathèse de doctorat en sciences politiques d'Elinor Ostrom (1965), soutenue en 1964 à l'Université de Californie à Los Angeles, s'appuie sur un cadre méthodologique proche de celui exposé dans les travaux de Vincent Ostrom⁴. Celle-ci tente de comprendre l'émergence d'arrangements institutionnels pour la gouvernance des eaux souterraines au sud de la Californie, face aux risques d'intrusion saline auxquels les aquifères sont soumis. E. Ostrom met ainsi en évidence le processus d'émergence d'entreprises publiques qui ont été conçues pour faire face à ces risques, dans l'objectif de produire et provisionner des biens et services publics. Elle souligne également le rôle des entrepreneurs publics dans ce processus et se distingue ainsi des analyses classiques de l'entrepreneuriat, jusqu'ici réduites aux entrepreneurs privés (chez Knight ou Schumpeter par exemple).

Tandis que les entrepreneurs privés sont libres de suivre leur intérêt privé et le profit dans un cadre marchand, la capacité d'engagement des entrepreneurs publics dépend de manière beaucoup plus importante du système politique dans lequel ils opèrent, c'est-à-dire d'un ensemble de règles qui organisent la vie en société. Appliquée à un aquifère de l'aire métropolitaine de Los Angeles (West Basin), l'analyse d'E. Ostrom retrace tout d'abord le développement de l'exploitation de cet aquifère et l'apparition des problèmes de pollution, jusqu'à la création d'une association visant à prendre en charge ce problème (West Basin Water Association). Elle détaille ensuite la manière dont les arrangements institutionnels sont négociés entre les différentes parties prenantes et les solutions techniques et économiques qui ont été proposées pour poursuivre le développement de l'aire métropolitaine dans un contexte de rareté de la

¹ - CLERSE/Université d'Artois + Olivier.petit@univ-artois.fr

² - Vincent Ostrom est né en septembre 1919 tandis qu'Elinor Ostrom est née en août 1933.

³ - Entendu ici comme l'instance de prise de décision politique et appliquée chez ces auteurs à une aire métropolitaine.

⁴ - Il est intéressant de noter que les premiers travaux de doctorat d'E. Ostrom ont été initiés dans le cadre des séminaires dispensés par V. Ostrom à l'Université de Californie à Los Angeles (Jagger, Bauer, Walker, 2009).

ressource en eau. Sans entrer dans les détails de cette thèse, il est intéressant de noter qu'une grande partie des idées qui seront développées par la suite par E. Ostrom et ses plus proches collaborateurs se trouvent déjà présentes. Ainsi, même si elle ne se réfère pas encore aux débats sur l'action collective⁵ ou à la notion de gouvernance qui caractériseront plus tard son travail, elle insiste sur la capacité d'auto-organisation des collectifs qui se créent pour prendre en charge un problème commun : « Concepts of home-rule, local self-government, and local autonomy in the conduct of local governmental affairs reflect some of the same elements of freedom and openness which provide the essential conditions for the exercise of an entrepreneurship in the public sector. » (E. Ostrom, 1965, p. 5). Par ailleurs, E. Ostrom souligne la nécessité de penser la gestion conjointe des eaux de surface et des eaux souterraines, l'importance de mécanismes techniques et institutionnels permettant de faire face aux risques de pénurie (recharge des nappes) – autant de thèmes qui sont aujourd'hui largement discutés dans le cadre des politiques de gestion intégrée des ressources en eau (Petit, Baron, 2009) et qui ont encore fait l'objet de travaux récents mobilisant des exemples dans l'ouest des Etats-Unis (Blomquist, Schlager, Hekkila, 2004).

Notre communication a donc pour objectif de retracer le contexte intellectuel dans lequel ces travaux pionniers sur la gouvernance des aquifères se sont développés, puis d'examiner la manière dont Elinor Ostrom et les tenants du courant des Common Pool Resources ont progressivement modifié leurs cadres d'analyses pour tenter de comprendre les atouts et les limites des processus institutionnels mis en place pour une gouvernance durable des eaux souterraines en Californie (Ostrom, 1990 ; Blomquist, 1992 ; Blomquist, Schlager, Hekkila, 2004). Cet examen minutieux des travaux d'E. Ostrom sur la gouvernance des aquifères nous paraît important, compte-tenu de l'intérêt renouvelé pour l'ensemble des travaux d'Ostrom, depuis l'attribution, en 2009, du Prix d'économie en mémoire d'A. Nobel, intérêt qui repose parfois sur une vision trop partielle de ses travaux, notamment dans le milieu académique francophone (Baron, Petit, Romagny, 2010).

RÉFÉRENCES

Baron C., O. Petit, B. Romagny, 2010, « La gouvernance des ressources communes : apports et limites du courant néo-institutionnaliste des Common Pool Resources », Communication à l'atelier scientifique « Changement climatiques, biodiversité et gouvernance des territoires et des ressources », réseau SHS-REDD-MEDD, Tunis, 4-6 novembre 2010 Blomquist W., 1992, *Dividing the Waters. Governing Groundwater in Southern California*, San Francisco, California, ICS Press.

Blomquist W., E. Schlager, T. Heikkila, 2004, *Common Waters, Diverging Streams: Linking Institutions and Water Management in Arizona, California, and Colorado*, Washington D.C., Resources for the Future Press.

Buchanan J.M., G. Tullock, 1962, *The Calculus of Consent: Logical Foundations of Constitutional Democracy*, Ann Arbor, University of Michigan Press.

Jagger P., J., Bauer, J. Walker, 2009, *Artisans of Political Theory and Empirical Inquiry. Thirty Five Years of Scholarship at the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*, Bloomington, University of Indiana, Workshop in Political Theory and Policy Analysis, http://www.indiana.edu/~workshop/publications/materials/History_of_Workshop.pdf Ostrom E., 1965, *Public Entrepreneurship: A Case Study in Ground Water Basin Management*, PhD Dissertation, University of California, Los Angeles.

Ostrom E., 1990, *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge, Cambridge University Press.

Ostrom V., 1953, « The Social Scientist and the Control and Development of Natural Resources », *Land Economics*, Vol. XXIX, May, pp. 105–16.

Ostrom V., 1976, « Language, Theory, and Empirical Research in Policy Analysis. » In *Problems of Theory in Policy Analysis*, ed. Phillip M. Gregg. Lexington, Mass, Lexington Books, pp. 9–18. Ostrom V., C.M. Tiebout, R. Warren, 1961, « The Organization of Government in Metropolitan Areas: A Theoretical Inquiry », *American Political Science Review*, Vol. 55, pp. 831–42.

Petit O., C. Baron, 2009, « Integrated Water Resources Management: From General Principles to its Implementation by the State. The case of Burkina Faso », *Natural Resources Forum*, Vol. 33, n°1, pp. 49-59.

⁵ - Rappelons que l'ouvrage de Mancur Olson, *The Logic of collective action est paru la même année, en 1965.*

QUAND LA NAPPE PROLONGE LE RÉSEAU D'UN CANAL : PISTES D'ADAPTATION RÉGLEMENTAIRE ET INSTITUTIONNELLE DANS UN CONTEXTE MULTI-USAGE, LE CAS DES ASA EN FRANCE

Pendriez Emma¹, Baudequin Denis², Polge Marc³

INTRODUCTION

L'implémentation de la Directive Cadre sur l'Eau en France classe toutes les nappes dans la catégorie des masses d'eau naturelles. Un tel choix oblige à surmonter des difficultés importantes en matière de gouvernance, de gestion et de récupération des coûts, par exemple lorsqu'elles sont alimentées significativement par des canaux d'irrigation gravitaire.

Key words: Nappe, canal, irrigation gravitaire, ASA, débit affecté, multi-usage

A LUC SUR ORBIEU, LA PRISE EN COMPTE DE LA NAPPE SUIT LES DIFFICULTÉS FINANCIÈRES DU CANAL

L'ASA⁴ du canal de Luc sur Orbieu (LOB) est créée en 1889 pour la submersion hivernale dans le cadre de la lutte contre le phylloxera. Un réseau de canaux est construit sur une terrasse supérieure de la rivière Orbieu où, à cette époque, les territoires sont en très grande partie des garrigues à amandier. Très rapidement, les adhérents constatent que la mise en eau du canal remplit une nappe perchée.

Au cours du 20^{ème} siècle, la nappe phréatique étant réalimentée, de nouveaux usagers s'installent sur cette ressource : deux communes pour leur besoins en eau potable, deux caves coopératives et une distillerie. Dans cette période le multi-usage n'est pas intégré dans les statuts de l'ASA. Au début des années 1980, la politique qualitative de l'AOC Corbières interdit l'irrigation des vignes : l'ASA se retrouve en grande difficulté financière. Elle se tourne alors vers les usagers « clandestins » bénéficiant de l'eau qu'elle leur apporte via la nappe, et leur propose des évolutions institutionnelles et financières pour la pérennisation du service du canal et de la nappe. S'enchaînent alors vingt ans de réforme statutaire dont l'objectif est d'intégrer réglementairement l'ensemble des bénéficiaires dans le système canal/nappe.

Différentes études (figure 1) confirment que la nappe perchée est quasi-exclusivement alimentée par le canal,

et l'ASA l'intègre donc dans son objet. Du fait des pratiques de gestion des infiltrations, les volumes repris sur la nappe par les adhérents sont gérés en tant qu' « eau affectée », eau du canal acheminée aux utilisateurs via la nappe. C'est ainsi que les communes payent à l'ASA une cotisation sur les volumes pompés pour l'usage eau potable, au même titre que les agriculteurs pour l'eau d'irrigation, ou les agro-industriels pour les eaux de process. Ces usagers intègrent la gouvernance de l'ASA dans un conseil syndical composé de plusieurs collèges.

Les prélèvements exportés hors périmètre de l'ASA sont compensés par un Syndicat mixte (SM) qui regroupe l'ASA (majoritaire) et 3 communes. L'existence de ce SM garantit l'équilibre financier et une certaine équité dans la contribution aux charges. Cette solution, fruit de vingt ans de collaboration entre les différents acteurs du territoire, est efficace et permet de pallier la carence du statut ASA vis à vis des bénéficiaires hors périmètre.

Dans l'avenir, l'ASA prévoit (i) d'étendre son périmètre à toute la zone d'influence de la nappe et (ii) d'adapter sa tarification à tous les bénéficiaires du système canal et nappe.

EN BASSE DURANCE, LA RÉGLEMENTATION ANCIENNE INCITE À LIER NAPPE ET CANAUX

Si ces évolutions de la gestion du système canal-nappe présentent à Luc sur Orbieu un caractère « spontané » entre les bénéficiaires, elles devront s'appuyer bien davantage sur l'application des textes existants pour les bénéficiaires de l'eau du bassin de Basse Durance (figure 2). Sur ce territoire bien plus vaste, la Durance et sa nappe d'accompagnement sont régies par la réglementation d'administration publique que la CED⁵ met en œuvre (loi de 1907), et par la réglementation des concessions hydro-électriques (loi de 1955). Depuis ces aménagements, la Durance est gérée au débit réservé, et le reste du débit circule par le canal hydro-électrique, optimisant la valorisation énergétique tout en desservant directement l'ensemble des prélèvements

¹ - PRESTASA, F-11120 Saint Marcel sur Aude - emma.pendriez@prestasa.fr

² - Min.Agriculture DRAAF/CED, F-13003 Marseille - denis.baudequin@agriculture.gouv.fr

³ - ASAINFO, F-84160 Cucuron - marc.polge@asainfo.fr

⁴ - Association Syndicale Autorisée regroupant les propriétaires du périmètre, dans un statut d'établissement public

⁵ - Commission Exécutive de la Durance, commission régaliennne régulant les prélèvements en période de pénurie

autorisés par la loi de 1955. La nappe n'est donc pas alimentée par la Durance en période de pénurie, et d'après les réglementations de 1907 et 1955, elle ne peut pas faire l'objet de prélèvements en l'absence d'apports naturels locaux ou de volumes apportés par l'irrigation gravitaire. Le secteur de Basse Durance, qui subit de fréquentes périodes de sécheresse estivales, est ainsi le seul bassin important en France géré par bilan de bassin versant, méthode dont sont convenus dès 1953 le Ministère de l'Agriculture et EDF, et annexée à la loi de 1955 (figure 3). Cependant, malgré l'interdiction de prélever « hors CED », du fait des progrès techniques et des manques de moyen de police de la CED, un certain nombre d'utilisateurs ont développé des forages « clandestins » en nappe.

Pour régulariser cette situation, la combinaison des réglementations CED et hydro-électrique du bassin de Basse Durance doit permettre d'imposer le rattachement de tous les ouvrages de prélèvement en nappe mis en service après 1955 aux canaux réglementés par la CED. Ces prélèvements seraient alors soumis aux restrictions décidées par la CED, et contribueraient financièrement à la gestion des canaux d'irrigation gravitaire qui les alimentent pendant les pénuries.

DISCUSSION

Les exemples présentés illustrent un certain nombre de problèmes institutionnels et juridiques à résoudre par le gestionnaire d'un canal en lien direct avec la nappe : ce gestionnaire doit :

- (i) faire contribuer l'ensemble des utilisateurs et utilisateurs potentiels pour pérenniser les infrastructures;
- (ii) régulariser les passagers clandestins,
- (iii) créer une tarification équitable;
- (iv) user de moyens de police adaptés;
- (v) établir une gouvernance représentative des bénéficiaires, tout en ne s'engageant pas à réaliser l'impossible vis-à-vis de la nappe.

Face à ces enjeux, les réflexions et expérimentations des dernières années ont vu une implication croissante des collectivités locales et du gestionnaire. Si cette tendance répond à une volonté d'uniformisation du paysage institutionnel, le risque d'une « recentralisation locale » conduit à analyser les avantages et les inconvénients de trois montages institutionnels pour gérer des canaux : ASA ; Syndicat Mixte (SM) regroupant une ASA et des collectivités ; et groupement de collectivités sans ASA (SI).

A travers les 8 facteurs-clef de succès définis par E Ostrom, Prix Nobel d'économie 2009, pour caractériser la pérennité des périmètres irrigués autogérés, on constate que l'ASA satisfait tous les critères. Les SM et SI répondent moins bien aux principes n° 1 (définition claire des détenteurs de droits et de devoirs vis-à-vis du réseau), n°3 (les usagers y définissent rarement leurs propres règles opérationnelles) et n°4 (les gestionnaires ne sont pas responsables directement devant les usagers). L'ASA, par sa nature très subsidiaire est bien adaptée pour résoudre sur le long terme la gestion des prélèvements dans la nappe en lien avec un canal. La notion de périmètre permet de rattacher des droits et devoirs aux immeubles qu'il contient. Elle sécurise l'implication des intéressés tant financièrement que sur la gouvernance.

On constate cependant que l'intégration des « passagers clandestins » nécessite un facteur déclenchant fort. Une contrainte réglementaire (les créateurs de la CED ont été, à ce titre aussi, des visionnaires) ou une menace sur la ressource en eau qui pousse les passagers clandestins à adhérer au système collectif comme on a pu l'observer à LOB.

Dans cet esprit, l'établissement public ASA gagnerait encore en efficacité institutionnelle s'il pouvait bénéficier de la possibilité d'extension de périmètre forcée en cas d'échec de la procédure majoritaire, ou celle d'accueillir en son sein des membres non propriétaires pour certains usagers de l'eau (exploitants ou habitants sous bail par exemple comme dans les Watershappen hollandaises) .

RÉFÉRENCES

BAUDEQUIN et al., 2011, La réglementation des prélèvements d'eau sur la Durance aménagée. Un exemple d'organisme unique de gestion concertée de tous les usages en basse Durance : la CED. Colloque « eau agricole », LPED IMEP Université de Provence

OSTROM Elinor / 1992, *Crafting Institutions for Self Managed Irrigation Systems*, ICS Press / 1990, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press

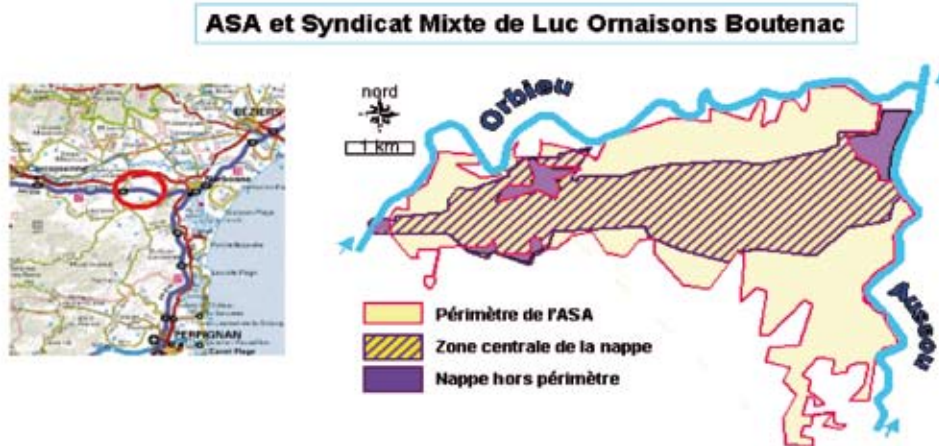


Figure 1 : ASA de Luc sur Orbiou : localisation, périmètre syndical, limites de la nappe

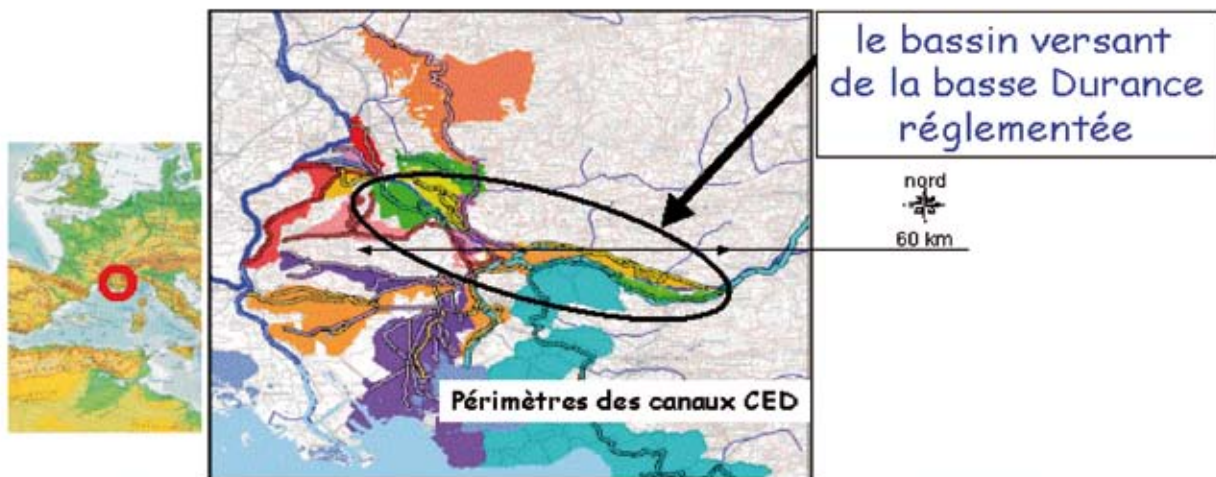


Figure 2 : La Basse Durance : localisation, bassin versant, les 15 canaux "CED" et leurs périmètres

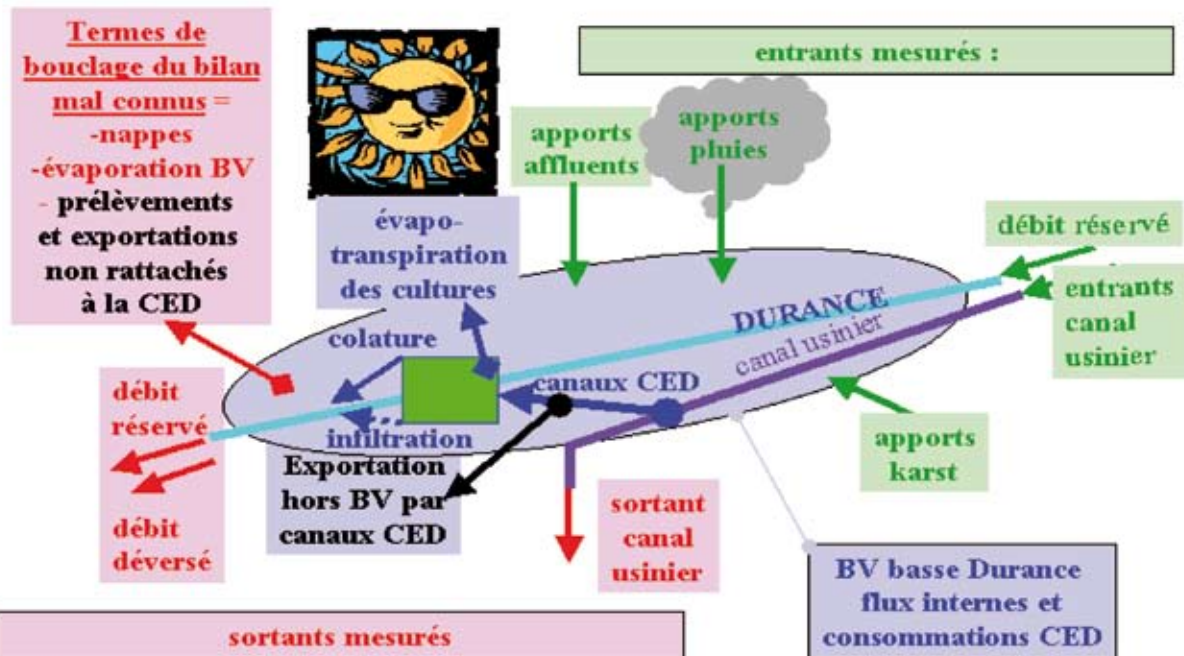


Figure 3 : Les termes du bilan de bassin versant de Basse Durance.

INTÉRÊT DES TRANSFERTS D'EAU DANS L'ATTEINTE DU BON ÉTAT DES MASSES D'EAU SOUTERRAINES DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN FRANÇAIS : ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES

Jean-Marc Philip¹, Magali Unia²

INTRODUCTION

Le SDAGE fixe les grandes orientations de la politique de l'eau dans le district hydrographique du bassin Rhône Méditerranée. Il définit les règles et les moyens à mettre en œuvre pour une gestion durable et solidaire de la ressource en eau, avec pour objectif l'atteinte, à échéance fixée, du « bon état des masses d'eau » exigé par la Directive Cadre européenne sur l'Eau.

En région méditerranéenne, l'un des obstacles majeurs à l'atteinte du bon état des masses d'eau à l'horizon 2015 est le déséquilibre quantitatif, résultant de la double influence des pressions d'usage croissantes et des aléas climatiques.

A ce titre, l'Orientation Fondamentale n°7 du SDAGE Rhône-Méditerranée vise à « atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir » par la mise en œuvre d'un certain nombre d'actions, parmi lesquelles figurent l'exploitation de nouvelles ressources ou l'investissement dans de nouveaux transferts inter-bassins.

Au-delà de l'appui à l'aménagement et au développement des territoires, le transfert d'eau peut donc constituer un outil pour la préservation et l'amélioration des milieux en limitant la pression exercée sur les ressources locales.

La Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la région provençale a pu ces dernières années mettre en pratique ce principe en concluant avec les collectivités locales du littoral méditerranéen des protocoles de gestion concertée visant à optimiser l'utilisation complémentaire des ressources locales, principalement souterraines, et des ressources transférées.

Dans cet esprit, une étude sur l'intérêt des transferts d'eau dans l'atteinte du bon état des masses d'eau méditerranéennes a été menée. Elle propose une méthodologie originale pour définir la sensibilité des masses d'eau puis, sur la base des objectifs du SDAGE, hiérarchiser les masses d'eau pour lesquelles une substitution de ressource par transfert inter-bassin serait particulièrement bénéfique.

Key words: transfert d'eau, littoral méditerranée, bon état

MÉTHODE

La sensibilité des masses d'eau souterraines a été caractérisée selon deux grands paramètres :

- Un paramètre d'ordre quantitatif, basé sur les données issues des groupes de travail mis en place lors de la révision du SDAGE de 2009, qui prend en compte l'existence de déséquilibre quantitatif des masses d'eau (prélèvements anthropiques supérieurs aux apports naturels) et l'existence d'intrusions salines (révélatrices d'une forte pression exercée sur les masses d'eau et provoquant des dommages irréversibles) ;
- Un paramètre d'ordre environnemental, basé sur la caractérisation de la qualité physico-chimique des masses d'eau (sur la base des données du réseau national et du réseau complémentaire de bassin) et de leur intérêt écologique (recensement des milieux naturels remarquables en lien étroit avec les masses d'eau souterraines, sur la base du porté à connaissance des milieux naturels de la DREAL).

Pour permettre la comparaison des masses d'eau souterraines entre elles et faire ressortir les plus sensibles, un indicateur synthétique a été élaboré, basé sur un système de cotation des paramètres présentés ci-dessus (attribution d'une note proportionnelle au niveau de sensibilité).

Une hiérarchisation des priorités d'intervention sur les masses d'eau a ensuite été proposée, en croisant le niveau de sensibilité défini par l'indicateur élaboré précédemment avec l'échéance d'atteinte du bon état assignée par le SDAGE, partant du principe que plus celle-ci est brève, plus il est urgent d'intervenir pour satisfaire aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau.

RÉSULTATS

L'étude s'est dans un premier temps concentrée sur le département du Var, dans un secteur correspondant au bassin versant des fleuves côtiers.

Près du tiers des masses d'eau souterraines de ce territoire sont apparues comme fortement sensibles (31 %).

Les nappes alluviales (Gapeau / Giscle-Môle / Argens) présentent la plus forte sensibilité. Leur facilité d'accès entraîne une exploitation particulièrement importante. La

¹ - Société du Canal de Provence, jean-marc.philip@canal-de-provence.com

² - Société du Canal de Provence, magali.unia@canal-de-provence.com

baisse du niveau piézométrique induit des répercussions sur les écosystèmes humides (impact sur les débits d'étiage des cours d'eau notamment) et favorise la contamination saline de ces aquifères, compromettant la pérennité de l'exploitation de cette ressource. L'échéance d'atteinte du bon état des nappes alluviales de l'Argens et du complexe Giscle-Môle, fixée à 2015, les rend prioritaires en vue d'une substitution de ressource par transfert d'eau sur le territoire étudié.

DISCUSSION - CONCLUSION

La méthodologie proposée est une analyse éminemment qualitative, qui repose principalement sur des dires d'experts, mais qui a néanmoins l'avantage de fournir une première approche globale et comparative des masses d'eau à l'échelle d'un territoire, sur la base de la compilation de données publiques de référence (données issues du SDAGE notamment), facilement et immédiatement accessibles, avec un niveau de connaissance relativement homogène pour chaque masse d'eau.

Sur la portion de territoire du département du Var étudiée, ces masses d'eau souterraines définies comme prioritaires bénéficient déjà ou vont prochainement bénéficier d'un transfert d'eau, issu d'une ressource superficielle (ressource issue des volumes stockés dans les retenues des barrages EDF du Verdon, gérée par la Société du Canal de Provence).

Le soulagement des prélèvements dans la nappe de l'Argens interviendra en 2012.

La nappe alluviale de l'entité Giscle-Môle bénéficie déjà d'un transfert, qui a permis de contenir la progression du biseau salé. Celui-ci sera renforcé à partir de 2014.

Ces transferts, qui seront effectués grâce à un ouvrage hydraulique structurant en cours de réalisation, représentera un volume annuel de 10 millions de m³. Il s'accompagnera de la mise en œuvre ou du renforcement de protocoles de gestion coordonnée des ressources locales et transférées avec les collectivités locales, de manière à ce que ces transferts se substituent à tout ou partie des prélèvements dans les ressources souterraines.

Le suivi des effets de ces substitutions, à la fois sur les nappes et les cours d'eau qui leur sont étroitement associés, offre des perspectives particulièrement intéressantes pour évaluer les impacts concrets sur la reconquête du bon état global des masses d'eau, en partenariat étroit entre les collectivités concernées et l'Agence de l'Eau.

DIAGNOSTIC DES ACTEURS ET DES DISPOSITIFS DE COORDINATION POUR UNE GESTION COLLECTIVE DE LA RESSOURCE EN EAU : LE CAS ORIGINAL DE LA NAPPE DE CRAU

Lætitia Guérin-Schneider¹, Jean-Christophe Poussin², Adèle Renault³, François Charron³

RÉSUMÉ :

Une grille de diagnostic sur la coordination des usages de l'eau à l'interface entre eau de surface et eau de nappe est proposée. Elle s'appuie à la fois sur la décomposition des enjeux locaux liés à la gestion de l'eau et sur l'analyse du système institutionnel défini autour du contexte, des acteurs et des modes de coordination en place. Cette grille est en cours de développement sur la plaine de Crau, au contexte hydrologique particulier, puisque la nappe bénéficie d'une réalimentation par l'irrigation du foin du Crau.

Mots clefs : nappe, GIRE, gouvernance, Crau.

INTRODUCTION

Du fait des nombreux usages interdépendants sur un même territoire, les processus multi-acteurs et le développement de modes de coordination de l'action collective sont fondamentaux pour la gestion durable des ressources en eau. Dans un contexte mouvant et une tension croissante sur la ressource (injonction des SDAGE, évolution des usages, changement climatique...), nombreux sont les territoires où les modes de gouvernances se reconfigurent ou se créent. Une question à la fois opérationnelle et scientifique se pose alors : quels sont les dispositifs et instruments de coordination sur lesquels les acteurs d'un territoire peuvent s'appuyer et comment ces outils permettent de prendre en compte ou non les enjeux et les spécificités de la gestion de l'eau de ces acteurs sur le territoire ?

UN TERRAIN AUX ENJEUX ORIGINAUX : LA NAPPE DE LA CRAU

Située au sud de la France, entre la Camargue et l'étang de Berre, la nappe de la Crau est reconnue d'intérêt patrimonial. Elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable des principales villes de Crau (à hauteur de 40% des prélèvements), pour l'irrigation des terres cultivées (à hauteur de 35%) et pour des activités industrielles (environ 25%) (SymCrau 2009).

Cette nappe illustre la reconfiguration des modes de gouvernance et l'appropriation des outils réglementaires de concertation par les acteurs locaux. En 2006, le Syndicat Mixte d'Etudes et de Gestion de la Nappe Phréatique de la Crau (SymCrau) a été créé afin de rassembler et mener les études nécessaires à la définition d'un mode de gestion de la nappe de Crau, et servir à la mise en place d'un syndicat mixte de gestion de la nappe (2011). L'idée d'élaborer un Contrat de Nappe circule au sein des acteurs (collectivités territoriales, chambres consulaires), ce qui révèle une volonté d'améliorer la gestion de la ressource souterraine. Par ailleurs, un Organisme Unique de Gestion Collective des prélèvements d'eau à usage d'irrigation agricole dans la nappe de Crau (OUGC Crau) a été créé en mai 2010, la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône en assurera la gestion. Pour les eaux de surface, un contrat de canal (Crau-Sud Alpilles) regroupant une grande partie des associations syndicales gérant l'irrigation en Crau est en cours d'élaboration depuis 2006.

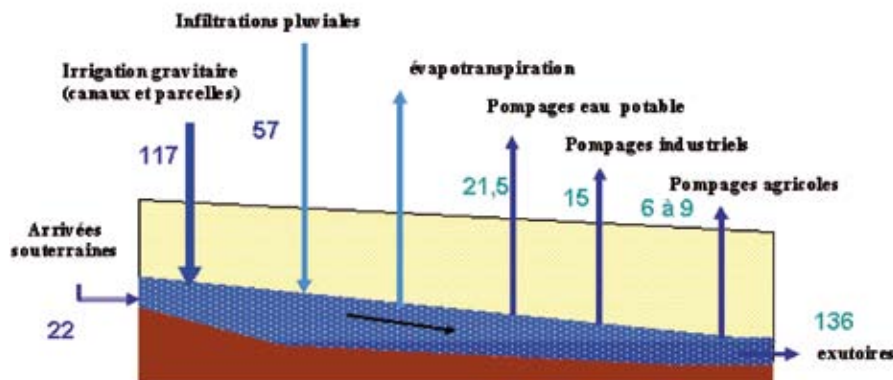


Figure 1 : Estimation des flux d'eau annuel (en millions de m³) (d'après Saod et al 2006)

¹- Cemagref, UMR Gestion de l'Eau Acteurs Usages, laetitia.guerin-schneider@cemagref.fr

²- Institut de Recherche pour le Développement, UMR Gestion de l'Eau Acteurs Usages, poussin@ird.fr

³- Montpellier SupAgro, Domaine du Merle, UMR Gestion de l'Eau Acteurs Usages, Francois.Charron@supagro.inra.fr

Ces outils de gestion collective de l'eau, relativement classiques dans des contextes de partage de l'eau, présentent un intérêt original sur ce territoire. En effet, d'un point de vue hydraulique, la recharge de la nappe s'effectue au 2/3 via l'irrigation gravitaire par ruissellement des prairies destinées à la production de foin de Crau AOC, avec l'eau de la Durance amenée par un réseau de canaux parfois multiséculaires (Symcrau 2009). Cette activité agricole permet de maintenir les apports de la nappe, de préserver des zones humides et une biodiversité remarquable, et de contribuer à limiter l'intrusion du biseau salé. À côté de l'enjeu de résolution des conflits d'usage, le territoire illustre donc un autre enjeu : la pérennisation des externalités positives du système d'irrigation gravitaire (Martin 2008, Ladki 2010).

Cette communication a pour objet d'introduire les principes d'un diagnostic des dispositifs de coordination et des acteurs en place, diagnostic préliminaire à la reconfiguration de la gouvernance. Cette méthode de diagnostic sera mobilisée sur le cas de la Crau. La mise en œuvre de la grille d'analyse est en cours et les conclusions tirées de son exploitation ne seront pas traitées ici.

MÉTHODE : UN DIAGNOSTIC À DOUBLE ENTRÉE ENJEUX GÉRÉS VERSUS CONTEXTE, INSTITUTIONS, ACTEURS, ET DISPOSITIFS DE COORDINATIONS

Prise frontalement, la question de la gouvernance de l'eau sur un territoire comme la Crau peut sembler excessivement complexe. Afin d'analyser la cohérence de la coordination actuelle, il est utile de distinguer deux axes de décomposition de la complexité.

Le premier axe concerne les enjeux liés à la gestion de l'eau sur le territoire. L'analyse du terrain met en évidence quatre enjeux : l'alimentation de la nappe via l'irrigation, les prélèvements dans la nappe pour les besoins domestiques, industriels ou agricoles, la fonction d'assainissement pluvial joué par les canaux, la fonction de préservation de milieu écologiques (Crau humide).

Il s'agit ensuite d'analyser chacun de ces enjeux selon un axe qui aborde le contexte, les institutions, les acteurs, et les dispositifs de coordination en place :

- 1) contexte dans sa dimension physique (qualifier les contraintes matérielles, les interdépendances physiques) et historiques (comprendre l'origine de la situation actuelle, identifier les dynamiques en cours) qui déterminent ce que l'on peut faire,
- 2) environnement institutionnel au sens des règles et valeurs en place (règles formelles et informelles, valeurs partagées ou non) qui détermine ce que l'on a le droit -ou ce que l'on s'autorise- à faire.

- 3) acteurs du système, dans leur composante organisationnelle (types d'organisation, collectifs impliqués) et individuelle (leader, facilitateur...) en mettant en évidence leur stratégie.
- 4) coordinations existantes à trois niveaux (interpersonnel, inter-organisationnel, intersystémique). Le niveau intersystémique renvoie à des échanges entre grands systèmes (par exemple le monde rural et le monde urbain).

RÉSULTATS ATTENDUS

En s'appuyant à la fois sur la documentation disponible, des entretiens et des observations participantes, l'application de cette grille doit déboucher sur la mise en évidence des points d'articulation ou de clivage, des incohérences ou des manques. Il sera particulièrement intéressant de voir si l'utilisation de dispositifs de coordination couramment mobilisés pour la gestion de l'eau de surface (contrat, syndicat mixte...) semble pertinente pour gérer les enjeux spécifiques identifiés ci-dessus.

Les questions qui suivent illustrent le type de conclusions qui pourraient éclairer les évolutions souhaitables et aider à la réflexion des structures en cours de construction.

- est-ce que les acteurs liés par un même enjeu se retrouvent bien dans un lieu de coordination commun ?
- est-ce que certaines fonctions, physiquement liées (alimentation de la nappe et prélèvement) sont gérées de manière articulée ?
- est-ce ce que des pratiques fondées sur des règles informelles gagneraient à être formalisées ?
- existe-t-il des fonctions orphelines (sans organisations gestionnaires, ni règles) ?

RÉFÉRENCES

SymCrau (2009) « Diagnostic qualitatif / quantitatif et analyse de l'évolution des risques sur la nappe de la Crau ». Rapport de synthèse, données estimées pour la période 2003-2006

Martin E. (2008) « Aspects économiques de gestion de l'eau souterraine », Thèse de doctorat soutenue en 2008, Université d'Aix-Marseille

Ladki, M. (2010) Canaux d'irrigation ou canaux de distribution d'eau brute ? Arrangements institutionnels et stratégies organisationnelles autour de la multifonctionnalité des systèmes irrigués gravitaires, thèse de doctorat, AgroParistech, Paris.

Saos J.-L., Belaud G., Charron F., Le Goulven P. (2006) Quantification des flux d'eau en

irrigation gravitaire - cas de la plaine de la Crau, Rapport d'étude, Convention de recherche

ENSAM - IRD, Montpellier, 183 p. (+ annexes et rapports d'avancement n° 1, 2, 3, 4 et 5)

LA GESTION CONCERTÉE DES NAPPES DE LA PLAINE DU ROUSSILLON

Evelyne Lacombe¹ et Hichem Tachrift²

INTRODUCTION

La plaine du Roussillon représente 20% de la superficie du département des Pyrénées Orientales mais concentre 75% de sa population. Il s'agit d'un secteur urbanisé, et les principales activités sont :

- le tourisme dans les stations balnéaires du littoral.
- l'agriculture où l'essentiel de la production est réalisé sur le secteur en zone non irriguée (vigne) et irriguée (fruits et légumes).

Les besoins en eau du département sont localisés essentiellement dans ce secteur et plus particulièrement sur la côte. Ils sont satisfaits grâce à l'existence d'un ensemble multicouche dans lequel des niveaux perméables à semi-perméables se rencontrent jusqu'à des profondeurs de 250 mètres. C'est un système complexe constitué par :

- des nappes superficielles, généralement libres au sein de dépôts quaternaires,
- un réservoir multicouche profond plio-quaternaire généralement captif sous couverture.



Il existe des interconnexions démontrées, supposées ou potentielles entre les eaux souterraines et les eaux de surface contenues dans les cours d'eau, les canaux d'irrigation, les étangs et même la mer.

Mots clefs : Gestion concertée, nappes plio-quaternaire, SAGE

DES USAGES VARIÉS À SATISFAIRE

Afin de satisfaire des usages liés à l'énergie et l'irrigation, l'utilisation d'eaux superficielles dans la plaine du Roussillon est établie depuis le Moyen-âge, époque à laquelle a été édifié un vaste réseau de canaux. Celui-ci est toujours utilisé en partie à l'heure actuelle, il a permis le développement industriel et agricole.

L'utilisation des eaux souterraines, notamment dans les nappes pliocène (les plus profondes) a connu un véritable essor au cours du XX^{ème} siècle, lorsque les besoins en eau potable se sont fortement accrus. L'augmentation de ces besoins est la conséquence de l'accroissement démographique et des usages, entraînant l'apparition de nombreux forages particuliers et agricoles.

Les nappes de la plaine du Roussillon sont à l'heure actuelle la seule ressource utilisée pour l'alimentation en eau potable des communes.

UNE RESSOURCE QUI SE DÉGRADE EN QUANTITÉ ET QUALITÉ

Les nappes plio-quaternaire ont été utilisées, sans que l'incidence de cette exploitation sur leur état ait été pleinement mesurée. Pourtant, depuis une trentaine d'années, le suivi et l'amélioration des connaissances concernant les nappes ont permis de déceler plusieurs indicateurs de dégradation :

- Baisse régulière des niveaux piézométriques, qui a induit une quasi-disparition de l'artésianisme (signe de prélèvements trop importants qui modifient les sens d'écoulement des nappes),
- Niveaux piézométriques de la nappe parfois inférieurs au niveau de la mer en bordure littorale, qui induisent un risque d'intrusion d'eau salée.

Les études relatives à l'état quantitatif des nappes apportent des données et des éléments de compréhension précis. D'autre part, des données récentes montrent qu'une dégradation qualitative (augmentation des pollutions aux nitrates et pesticides) est avérée dans les différents niveaux de nappes, y compris les nappes profondes.

¹ - Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse – evelyne.lacombe@eurmc.fr

² - Syndicat Mixte Protection et Gestion Nappes de la Plaine du Roussillon - syndic.mixte@orange.fr

Les nappes quaternaire et pliocène, qui étaient à l'origine quasi-indépendantes sont régulièrement mises en relation entre elles et avec la surface par des forages défectueux ou mal réalisés, ce qui les rend vulnérables aux pollutions.

La dégradation continue de l'état des nappes, a amené l'ensemble des acteurs à s'accorder sur le constat que cette ressource est menacée à moyen terme. Les nombreuses dispositions réglementaires existantes ont été insuffisantes ou insuffisamment appliquées pour permettre une amélioration de l'état des nappes. C'est pourquoi les acteurs se sont préoccupés de la gestion de cette ressource et se sont petit à petit tournés vers la nécessité d'une gestion collective de ce patrimoine commun.

UNE GESTION COLLECTIVE ET CONCERTÉE SE MET EN PLACE : SAGE ET STRUCTURE DE GESTION

En 2003, un « Accord cadre pour la définition d'un programme global de protection et de gestion concertée des ressources en eau de l'ensemble aquifère multicouche plio-quaternaire de la plaine du Roussillon » est signé entre de nombreux partenaires (Etat, Agence de l'Eau RM&C, Conseil Général, Chambre d'Agriculture, Chambre des Métiers, Chambre du Commerce et de l'Industrie).

L'objectif était de créer une structure de gestion de la ressource qui pourrait prendre en charge :

- les opérations de connaissance et de suivi du milieu et des usages,
- une concertation institutionnalisée entre acteurs débouchant sur la définition d'une politique globale de gestion défini par un SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux),
- l'élaboration de règles objectives de gestion quantitative et qualitative des ressources.

Le 16 mai 2008, un Syndicat Mixte est créé, dont la vocation est de « protéger et gérer de manière globale, concertée et durable les nappes souterraines de la plaine du Roussillon » (art. 2 des statuts). Le **Syndicat Mixte pour la protection et la gestion des nappes souterraines de la plaine du Roussillon** est la structure adaptée territorialement en terme de compétences pour élaborer et mettre en œuvre le SAGE éponyme. Il regroupe le Conseil Général et l'ensemble des producteurs d'eau de la plaine, représentant 90 communes. Il est présidé par le président du Conseil Régional du Languedoc-Roussillon. Le SAGE, en regroupant les collectivités, usagers, services de l'Etat, représentera une fois approuvé l'aboutissement d'un long processus de concertation, avec une volonté commune de mieux

préserver et gérer la ressource dans sa globalité.

Après la phase d'émergence au cours de laquelle le territoire d'intervention a été défini (arrêté du 13 avril 2006), un arrêté préfectoral datant du 6 août 2008 officialise la mise en place et la composition de la Commission Locale de l'Eau (CLE) du SAGE des Nappes de la plaine du Roussillon.

L'objectif de la démarche SAGE est :

- d'établir un état des lieux (état initial et diagnostic), qui est un travail de synthèse des données et connaissances disponibles et d'actions menées,
- de définir les enjeux sur ce territoire en terme de protection de la ressource et d'usages,
- de définir les stratégies à long terme pour arriver à identifier des règles communes de gestion des nappes plio-quaternaire du Roussillon.

Le SAGE est aujourd'hui dans sa phase de rédaction de l'état initial.

RÉFÉRENCES

- H. Tachrift - SAGE des Nappes Plio-quaternaire de la plaine du Roussillon : état initial (2010)
- H. Salvayre - Le livre des Eaux souterraines des Pyrénées Orientales (2010)

GESTION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DANS LE SOUSS MASSA

Baroud A. ¹, Elarabi EM. ², Eljid L. ³

Le secteur agricole dans la zone du Souss Massa est caractérisé par une agriculture moderne utilisant des techniques modernes notamment l'utilisation des serres sur une superficie d'environ 11.000 ha, soit 58 % de la superficie totale à l'échelle nationale et de l'irrigation localisée sur une superficie totale de 60.000 ha, soit 34 % de la superficie totale équipée en irrigation localisée à l'échelle nationale.

Ce secteur est ouvert sur le marché extérieur par ces exportations agricoles dont les primeurs et les agrumes représentent respectivement 75 % et 55 % du total des exportations à l'échelle nationale.

Ce secteur se heurte à plusieurs contraintes dont les ressources en eau limitée constituent le facteur limitant. En effet, il a été constaté pendant les dernières décennies une diminution considérable des apports en eau superficielle entraînant une réduction dans les allocations réservées aux secteurs agricoles par le Plan Directeur Intégré des Ressources en Eau du Souss Massa, d'environ 25 % au niveau du barrage Youssef ben Tachfine et de plus de 50 % au niveau du barrage Abdelmoumen, et par suite une surexploitation des ressources en eau souterraine engendrant un déficit moyen de l'ordre de 341 millions de mètre cube par année ayant conduit à une baisse des niveaux piézométriques des nappes de 0.5 à 3 mètres selon les endroits.

La gestion de la demande est parmi les principales dispositions prises pour la préservation des ressources en eau dans la zone du Souss Massa lors de la neuvième session du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat tenue les 21 et 22 juin 2001 à Agadir sous la présidence de Sa Majesté le roi Mohamed six et plus particulièrement l'augmentation des aides financières de l'Etat pour encourager les agriculteurs pour aménager leurs propriétés agricoles en irrigation localisée et la dynamisation de toutes les dispositions législatives et organisationnelles visant la gestion de la demande en eau et par conséquent l'économie et la rationalisation de son utilisation.

La zone du Souss Massa est une des régions favorables pour le développement de modèles de Gestion Intégrée des Ressources en Eau. Ces modèles visent le regroupement des efforts entre les différents

intervenants dans le domaine de l'eau, sises dans les bassins hydrauliques du Souss Massa, en vue d'adopter des concepts durables faisant recours à la concertation, le partenariat, l'efficacité et la transparence à partir de trois éléments complémentaires résumés comme suit :

- 9 Création des institutions et mise en place des politiques visant la rationalisation de l'utilisation des ressources en eau;
- 9 Mise en œuvre des projets types et vulgarisation des bonnes pratiques en matière d'utilisation des techniques d'irrigation économe en eau;
- 9 Prise de décisions à l'échelle régionale et encouragement de la gestion participative des ressources en eau.

Du point de vue organisationnel, il a été procédé à la création d'un comité intitulé « contrat de nappe » regroupant l'ensemble des intervenants dans le domaine de l'eau dans la zone du Souss Massa. Ce comité constitue un cadre de communication et de concertation et de proposition des actions visant la préservation des ressources en eau et leur valorisation (simplification des procédures, limitation de l'extension des superficies irriguées dans la zone du Souss Massa, organisation du métier de creusement des forages...).

En plus une convention cadre a été élaborée et signée par les intervenants dans le domaine de l'eau et constitue un cadre institutionnel de travail reposant sur quatre axes principaux : économie et valorisation de l'eau agricole ; recherche scientifique ; mobilisation des ressources en eau souterraines et Mobilisation des ressources en eau superficielles.

Des conventions spécifiques sont établies entre les différents partenaires, chaque convention est pilotée par l'organisme dont relève l'activité. Pour mieux conduire cette technique, l'ORMVA du Souss Massa entame des essais relatifs à la définition des référentiels climatiques et culturels (Réseau météorologique) qui sont mis à la disposition des agriculteurs pour leur permettre de respecter les doses d'irrigation à apporter aux cultures en fonction du rayonnement global mesuré au cours de la journée.

¹ - BAROUD Abdellah: Chef du Service de la Gestion des Réseaux d'Irrigation/ORMVA/SM

² - EL ARABI ElMahdi: Chef du Bureau d'Entretien des Réseaux d'Irrigation

³ - ELJID Lahsen: Coordinateur des activités du SGRID au Massa

Au niveau des périmètres irrigués gérés par l'ORMVA du Souss Massa tout prélèvement d'eau dans la nappe phréatique est soumis à autorisation préalable délivrée au pétitionnaire par l'administration comme le stipule la réglementation.

Les dispositions législatives instaurées visent toutes à réduire le risque de la surexploitation de la nappe phréatique dans cette zone.

Il est à noter que malgré les efforts louables consentis durant les années 80 et jusqu'à la moitié de la décennie 90 dans le domaine de la gestion des ressources en eau à usage agricole, les résultats obtenus n'ont pas été à la hauteur de l'effort déployé, étant donné que des considérations d'ordre économique et social ont été privilégiées au détriment de l'application de la

réglementation. Cette situation a entraîné l'aggravement du déficit de la nappe phréatique dans la zone du Souss Massa à tel point que des zones sinistrées sont apparues telle que la zone agrumicole d'El Guerdane.

Préoccupé par cette situation alarmante, l'Etat a décidé de réexaminer les textes réglementant le régime des eaux. C'est ainsi qu'il a été promulguée la loi 10/95 sur les eaux qui constitue un outil juridique actualisé. Ladite loi envisage la gestion des ressources en eau à l'échelle du Bassin hydraulique ou à l'échelle de la nappe.

Par ailleurs, les faibles moyens de contrôle des creusements et des pompages clandestins posent beaucoup de difficultés pour l'application des dispositions de la loi précitée.

PROBLÉMATIQUE DE SUREXPLOITATION DE LA NAPPE DU HAOUZ DANS LA REGION DE MARRAKECH

Limam N. ¹

La nappe du Haouz est la nappe la plus étendue et la plus importante dans la Région de Tensift. Elle est limitée par la chaîne atlasique au sud et les chaînons des Jbilet au nord. Elle s'étend d'Est en Ouest entre les reliefs des Jbilet et l'Oued Chichaoua sur une superficie de 7500 km² et une largeur moyenne de l'ordre de 40 km. Du point de vue géologique, la nappe du Haouz est un bassin de sédimentation d'origine tectonique, dans lequel se sont accumulés au Néogène et au Quaternaire d'importantes formations détritiques issues du démantèlement de la chaîne atlasique au cours de son soulèvement.

Les écoulements souterrains s'établissent dans les alluvions plio-quaternaires et les formations du Néogène dont la puissance globale varie entre 50 et 80 m et peut atteindre localement 120 m. La surface libre de la nappe s'établit en moyenne à 30 m sous le niveau du sol, mais se situe entre 15 à 25 m le long de l'Oued Tensift et peut descendre jusqu'à 80 m le long du piémont de l'Atlas. Dans les zones où l'eau souterraine fait l'objet d'une exploitation intensive, elle s'établit aux environs de 40 à 50 m. L'écoulement général de la nappe se fait du Sud vers le Nord.

La nappe du Haouz est aussi une nappe très surexploitée. Il y existe actuellement plus de 12.000 points de prélèvement (soit une densité de 2 points par km²) pour :

- l'Alimentation en Eau Potable : Satisfaire les besoins en eau d'une population de 1.6 million d'habitant répartis dans 62 communes et dans 4 provinces ;
- l'Irrigation : Près de 80 % de l'eau souterraine mobilisée est utilisée pour le développement de l'agriculture irriguée permettant d'irriguer une superficie de plus de 82.000 ha ;
- le Tourisme : toutes les unités hôtelières déconnectées du réseau de la ville puisent dans cette nappe ainsi que les golfs et les espaces verts de la ville de Marrakech.

Les pompes intensifs ont conduit à une baisse du niveau piézométrique sur l'ensemble de la nappe, à l'exception de quelques secteurs localisés. Des baisses de plus de 20 m de 1998 à 2010 sont observées au niveau des champs captant destinés à l'eau potable, dans la rive gauche de l'oued N'fis et au sud de Marrakech. Dans le secteur de Chouiter à l'Est de Marrakech une baisse de 18m a été enregistrée en l'espace des six dernières années.

Cette surexploitation a engendré :

- une diminution de la productivité des ouvrages de captage de l'Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP),
- un surcoût de pompage ;
- l'accentuation de la vulnérabilité de l'alimentation en eau potable de plusieurs centres ;
- un déficit du bilan de la nappe qui avoisine -105 Mm³/an.

Devant cette situation, l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift a réalisé une étude de gestion intégrée des ressources en eau dans l'objectif d'évaluer l'impact de la surexploitation sur l'activité économique à l'horizon 2030, de dégager les mesures adéquates pour la sauvegarde de la nappe et d'élaborer un plan de gestion et d'action de l'utilisation efficace et de la conservation des eaux souterraines.

Les résultats de cette étude montrent que la continuation de l'état actuel d'exploitation de la nappe conduira à une catastrophe écologique et économique.

De ce fait, il est urgent de faire, de la participation et de l'adhésion de tous les acteurs, en particulier les usagers de la nappe, aux mesures arrêtées, un défi à relever. Dans ce cadre, le contrat de nappe en cours de préparation par l'ABHT s'avère de toute nécessité. Ses actions devront porter sur la limitation des pompes et des extensions des cultures, la régularisation des pompes existants, l'application de la loi sur l'eau en particulier en matière de pose de compteurs et de paiement des redevances de prélèvement, le renforcement de la ressource en eau par la recharge artificielle de la nappe.

Pour assurer un développement durable de la nappe, il est urgent de mettre en œuvre les actions prévues dans le plan directeur de sauvegarde dont le noyau dur est constitué par les mesures suivantes :

- La limitation des extensions des périmètres agricoles ;
- La réduction des prélèvements à usage agricole par la généralisation du goutte à goutte ;
- La recharge artificielle de la nappe à partir des oueds qui la traversent ;
- La réutilisation des eaux usées pour les plus grands centres de la plaine ;

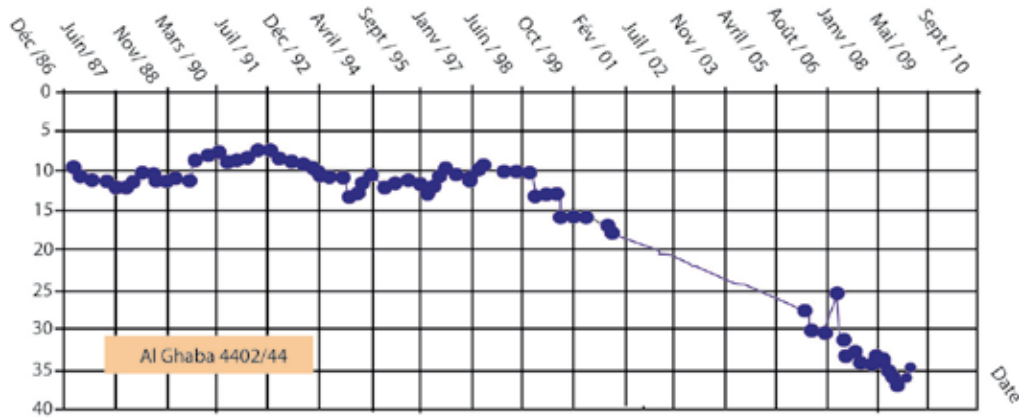
¹ - Agence du Bassin Hydraulique du Tensift – Marrakech - Maroc

- L'amélioration de l'efficience des réseaux de distribution d'eau ;
- L'établissement de périmètres de protection autour des champs captant destinés à l'alimentation en eau

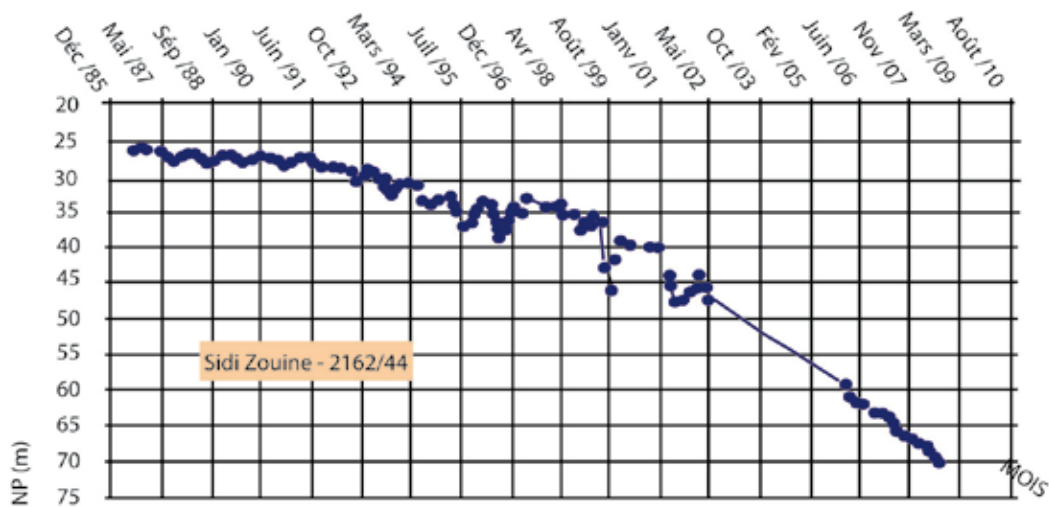
- potable ;
- L'établissement de périmètres de sauvegarde et de périmètres d'interdiction.

Graphiques illustrant les baisses spectaculaires des niveaux de la nappe du Haouz

Pièzomètre Al Ghaba N°IRE 4402/44



Pièzomètre SIDI ZOUINE N° IRE 2162/44



PROBLÉMATIQUES DE LA GESTION DES NAPPES AQUIFÈRES PHRÉATIQUES EN TUNISIE

Moncef Rekaya ¹

INTRODUCTION

En Tunisie, on dénombre 211 entités aquifères phréatiques dont les ressources renouvelables en eau sont évaluées à environ 700 millions de m³/an, alors que les prélèvements voisinent les 800 millions de m³/an au moyen d'un effectif de 120000 puits de surface de moins de 50m de profondeur. Parmi ces aquifères, 53 sont côtiers et leurs ressources sont de 311 millions de m³/an alors que les prélèvements y dépassent 371 millions de m³/an à travers un effectif de 65 mille puits. On compte actuellement plus de 70 nappes aquifères phréatiques, y compris les nappes côtières, qui sont surexploitées.

Les conséquences immédiates de cette surexploitation se sont traduites par :

- Un abaissement continu du niveau de la nappe. On note que cet abaissement a dépassé 20 m, notamment dans les zones amont ;
- Un décroissement continu de la productivité des ouvrages de captage ;
- Un accroissement continu dans la salinisation des eaux de la nappe le long de la côte à la suite de la rupture de l'équilibre entre l'eau douce et l'eau salée favorisant par conséquent l'intrusion du biseau salé.

Key words: Tunisie, aquifères, rabattement, salinisation, productivité

MESURES ENTREPRISES POUR LIMITER LA SUREXPLOITATION DES NAPPES

Pour limiter dans la mesure du possible les effets néfastes de la surexploitation de ces nappes, plusieurs mesures ont été prises :

- La première a consisté en l'instauration de périmètres de protection en application du code des eaux, afin de limiter les prélèvements.
- La seconde a consisté, pour certaines d'entre elles, en l'apport d'une ressource en eau de surface lointaine.
- La troisième a consisté à améliorer localement les conditions d'alimentation des systèmes aquifères par des aménagements spécifiques (travaux de conservation des eaux et du sol) et des aménagements appropriés liés à la recharge artificielle des nappes aquifères.

RECHARGE À PARTIR DES EAUX DE SURFACE

Ces opérations ont consisté à recharger les nappes à partir des eaux de retenue de barrage, barrages collinaires et même des lacs collinaires.

La mise en œuvre de ces techniques a été appliquée à travers :

- Des puits de surface pour la plupart abandonnés
- Des cours d'eau au moyen de lâchers d'eau de surface (aux cas où ils constituent des axes préférentiels d'alimentation des nappes aquifères).
- Des bassins d'infiltration aménagés au niveau des stations de recharge des nappes aquifères.

RECHARGE À PARTIR DES EAUX USÉES TRAITÉES

À défaut de disponibilité de ressources en eau de surface conventionnelle, il y a eu un recours à la recharge à partir des eaux usées traitées au moyen de bassins d'infiltration aménagés à cette fin.

GESTION COLLECTIVE PAR APPLICATION DE L'APPROCHE PARTICIPATIVE

Pourtant, de telles démarches ne sont pas suffisantes pour redresser la barre, et la problématique que connaît la gestion actuelle de l'ensemble de ces structures aquifères est sérieuse. Un plan de gestion optimum de ces systèmes devrait être arrêté. Il aurait pour objectif de maintenir un rythme de développement agricole en irrigué, compatible avec les ressources hydrauliques disponibles. Une gestion rationnelle de tels systèmes ne pourrait avoir lieu en dehors de la participation active des bénéficiaires eux-mêmes à travers le développement de la notion de gestion collective par application de l'approche participative. Une telle gestion devrait être élaborée et menée conjointement par les autorités de tutelle et les bénéficiaires et les usagers eux-mêmes. Le statut des GDA (Groupements de Développement Agricoles), même s'il était conçu pour la gestion des PPI (Périmètres publics irrigués), constituent un cadre qui convient tout à fait à la gestion de ces systèmes !

Une telle démarche fut appliquée dans le cas de la nappe aquifère phréatique de Gabès sud en Tunisie et les premiers résultats sont encourageants

¹ - CRDA de Nabeul, Ministère de l'Agriculture des Ressources en Eau et de la Pêche- Tunisie
moncefrekaya@yahoo.com

DISCUSSION - CONCLUSION

L'intérêt dans cette démarche est que ces structures veillent elles mêmes à rationaliser l'usage de l'eau dans le domaine agricole. Le rôle de l'administration, surtout dans les premières phases est primordial et, même incontournable.

Les prérogatives de ces structures à mettre en place consistent à contribuer à l'élaboration d'un ou de plusieurs plan de gestion suivant les circonstances. L'objectif à atteindre vise à préserver la pérennité de la ressource hydrique, de promouvoir l'activité agricole dans ces régions et surtout de la valoriser économiquement en lui donnant une valeur ajoutée. Elles ont à comptabiliser

le volume réellement exploité par les usagers et à veiller au non dépassement des allocations allouées. Les bénéficiaires auront à participer de façon active à un ou plusieurs niveaux de la gestion de la ressource notamment pour sa valorisation économique.

LES CONDITIONS DE POSSIBILITÉS D'ACCÈS À L'EAU SOUTERRAINE COMME ALTÉRATION DE PARCOURS IDENTITAIRES D'AGRICULTEURS DE LA PLAINE DU SAÏSS

Hassan Quarouch¹ ; Elhassane Abdellaoui² ; Marcel Kuper³

INTRODUCTION

Cette étude a eu lieu sur la plaine du Saïss située dans le bassin du Sebou au Maroc. Ce bassin renferme deux nappes superposées dont l'importance socio-économique réside dans le fait qu'elles assurent l'irrigation d'environ 40.000 ha de la plaine du Saïss et l'alimentation en eau potable des villes de Fès, Meknès et des centres avoisinants. La situation historique de la surexploitation de la ressource de la nappe du Saïss voit son embrayage événementiel avec la sécheresse qui a touché le Maroc au début des années 80 où l'accès et l'exploitation des eaux souterraines du bassin du Saïss s'est amplifié. Aujourd'hui nous sommes devant un constat communément partagé par les institutions impliquées dans la gestion de la ressource qui est celui d'un état de surexploitation de la ressource. Plusieurs indicateurs vont en ce sens : une diminution des précipitations de l'ordre de 20% depuis les années 80 ; un rabattement de la nappe profonde de près de 60 mètres depuis cette même période ; et enfin l'accroissement des prélèvements par forage qui compte aujourd'hui plus de 10 000 points de prélèvement qui sont encore à ce jour en augmentation.

Mots clefs : Eau souterraine ; Parcours identitaire ; Accès à l'eau ; Altérité/ altération

AU DÉPART ÉTAIT L'ÉCOUTE ET LA DÉCOUVERTE

La question de départ qui a orienté nos investigations voulaient relever **les représentations des agriculteurs et des acteurs institutionnels impliqués dans l'exploitation et la gestion de l'eau souterraine de la plaine du Saïss**. La thématique de la représentation multi-acteurs a guidé toutes nos investigations et nos entretiens durant les périodes de terrain de la phase exploratoire. En ce sens, nous avons fait le choix de faire une approche stratégique par l'identification des parcours identitaires des agriculteurs et leurs altérations par la visée intentionnel d'accéder à l'eau souterraine. Nous entendons par parcours identitaire le monde vécu subjectif tissé par la donation affective de l'histoire et du témoignage pour l'accès à l'eau souterraine. Le choix

de cette approche tient de notre phase exploratoire où nous avons constaté qu'il était difficile de faire parler les agriculteurs sur l'eau de la nappe. Ils nous parlaient de l'eau souterraine seulement comme un facteur de production. Or, nous voulions aller à la chose même de la représentation de l'eau de la nappe et aller au-delà d'une vision par trop limitée d'une ressource chosifiée et réifiée.

En questionnant en retour notre phase exploratoire nous avons relevé que la chose même de la représentation de l'eau souterraine se donnée de manière incarnée en « chair et d'os ». En ce sens c'est dans « le comment » que les agriculteurs portent à la re-compréhension de leur propre parcours dans une dialectique des modes d'accès à l'eau (arrangements, relations sociales, mobilité, dons de Dieu). Par cette étude de cas, nous proposons d'aller à la chose même de l'irrigation par l'eau de la nappe en faisant une analyse des parcours identitaires à partir des processus d'accès à l'eau souterraine. C'est en ces parcours identitaires, multiples et singuliers à la fois, que nous souhaitons proposer notre questionnement. A savoir : Comment l'accès à l'eau altère le parcours identitaire des agriculteurs et de quelles manières l'exploitation agricole varie au travers de l'accès à l'eau souterraine ?

En faisant parler les agriculteurs interviewés en partant de la question « qu'est-ce qui fait que vous êtes là et de quoi vous êtes parti » nous avons surtout cherché à relever les moments où quelque chose « d'événementiel » se passe. Nous souhaitons capter « un avant et un après » conditionné par l'accès à l'eau souterraine et où la vision du monde de l'agriculteur est altérée par cet horizon des possibles d'irrigation. Faire le choix d'aller vers l'explicitation de parcours identitaires implique un point de départ, celui de la singularité, du vécu subjectif, de la donation affective d'un récit au statut de témoignage et de « re-construction » d'une certaine réalité. Mais encore, partir de la singularité n'implique en rien une vision solitaire voir solipsiste de notre sujet. L'altération identitaire, par le parcours d'accès à l'eau, se pose et s'impose tout contre des processus d'arrangements, de réseaux relationnels, de

¹ - Institut des régions chaudes - UMR G-eau ; hassan.quarouch@laposte.net

² - Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès (Maroc) ; elhassane@aol.com

³ - Cirad - UMR G-Eau ; marcel.kuper@cirad.fr

rencontres destinales, de négociations, d'interactions, d'échanges, de stratégies, de combinaisons eaux / terres / hommes ; amont / aval ; surface / profondeur ; plaine / plateaux et plus encore. Les choix des agriculteurs, bien qu'individuels, ne sont jamais solitaires, ils sont toujours pris dans des successions intersubjectives et collectives qui forgent l'être de l'agriculteur et de son exploitation agricole. C'est en cela que nous proposons l'hypothèse selon laquelle, la constitution du parcours identitaire de l'agriculteur est intimement liée à l'accès à l'eau souterraine. De la même manière que la trajectoire de l'exploitation agricole est sous l'emprise des « horizons » hydriques de l'agriculteur et de ses conditions de possibilité foncière ou de mode de faire valoir.

QUATRE IDÉALS TYPES ET DEUX EXEMPLES

Sur la zone d'étude que nous avons délimitée, nous avons rencontré 18 d'agriculteurs que nous avons distingués en quatre idéals types.

- **Le premier** type correspond aux agriculteurs qui ont seulement des droits d'eau sur des séguia (périmètre de Aïn Atrouss) avec des noubas (tour d'eau) de 24 heures tous les 6 jours en hivers et de 12 heures tous les 3 jours en période d'irrigations et ou de rareté de la ressource. En effet, pendant les années de sécheresse, le débit des séguias diminuent fortement, pénalisant les agriculteurs qui en dépendent.
- **Le deuxième** type correspond aux agriculteurs qui ont des droits d'eau de surface et qui sont en même temps équipés en forage.
- **Le troisième** type correspond à ceux qui ont seulement l'eau du forage. Et enfin,
- **un quatrième** type d'agriculteurs qui accèdent à l'eau de forage par arrangement et ou location de terre avec des baux de 7 ans sur laquelle il creuse un forage. Chacun des types se distingue par la manière avec laquelle il a construit son accès à la ressource et par là même la trajectoire de son exploitation.

Par exemple Ahmed M. est arrivé sur le douar en 1954, a acheté 30 ha pour y faire de l'élevage bovin / ovin. En 1987 il achète des droits d'eau qu'il louait avant cette date pour se lancer dans la culture de l'oignon et de la pomme de terre en irrigation gravitaire. En 2007 la sécheresse l'oblige à contracter un arrangement avec un voisin équipé d'un forage pour irriguer ces parcelles d'oignons. Pour lui cette situation était un signe de faiblesse de sa part et il décide de forer sans autorisation. Aujourd'hui il dispose d'un droit d'eau et de l'eau souterraine en tant que ressource de sécurité. Mais ses perspectives et la manière avec laquelle il voit son avenir agricole ont évolué par rapport à sa situation

d'avant où il avait l'incertitude de l'eau de la séguia. Il souhaite augmenter sa surface en maraichage, et faire de l'arboriculture, prune dans un premier temps et pomme par la suite. Pour lui l'accès à l'eau souterraine c'est l'accès à la certitude de faire quelque chose de sa terre. Avoir un forage c'est « voir un peu plus loin » et c'est aussi « ne pas prendre du retard par rapport aux autres. Aujourd'hui celui qui n'a pas le forage on ne le regarde pas de la même manière, c'est un mesquine (un malheureux), un agriculteur d'hier ».

Par complémentarité de position, nous avons rencontré un agriculteur qui a fait un puits traditionnel sur sa parcelle de 3 ha sans arriver à trouver de l'eau en quantité suffisante. Il ne considère pas la situation comme un échec mais comme la volonté de Dieu de faire des cultures pluviales sur ses parcelles (céréales, fèves, lentilles). De part ce fait, ses projets dépendent en large partie de sa mobilité. Il doit chercher de nouvelles locations régulièrement. Chaque fin de bail (3 ans pour le précédent qui n'a pas été renouvelé) le met dans une situation d'insécurité et d'incertitude. Actuellement, il a une nouvelle parcelle en location, qui était déjà exploitée lors de la dernière campagne. Sa location est de 2 ha (4000 dh /ha/ an) de terre sur la plaine de Haj Kaddour où il y fait de l'oignon et de la pomme de terre. La forme incertaine de sa situation l'oblige à multiplier les contacts et à chercher en permanence des arrangements et de locations de terrain sur la plaine ou sur les plateaux du causse où le foncier est encore accessible si l'on épierre. En ce sens il est prêt à fournir un travail « quasi » impossible sur le causse s'il trouve un arrangement ou une location foncier / eau souterraine durable.

Nos conclusions confirment notre hypothèse de départ. L'accès à l'eau souterraine c'est l'accès à des horizons illimités, à l'avenir, à une exploitation autrement où l'eau n'est plus un facteur censurant et limitant. Les agriculteurs nous disent qu'ils peuvent faire ce qui rapporte à savoir ce qui demande de l'irrigation comme le maraichage et l'arboriculture. La manière avec laquelle les agriculteurs nous ont parlé de l'eau de la nappe est la projection leur propre existence. C'est de leur vie dont il est question et ce n'est pas par hasard s'ils se représentent les écoulements de l'eau souterraine comme « des artères qui coulent » symbolisant el ma kâfi (l'eau en abondance). L'idée de la surexploitation de la ressource a été difficilement abordable dans le contexte actuel où l'eau est revenue dans des sources improbables après deux années humides avec des précipitations au-dessus de la moyenne. Cependant, les agriculteurs savent par expérience qu'il y a moins d'eau aujourd'hui. Mais ils n'arrivent pas se projeter dans une situation définitive de la ressource qui est pour la grande majorité dans les mains de Dieu tout comme leur vie.

VERS UNE GESTION DURABLE DES NAPPES : ANALYSE DE LA PERCEPTION DES ACTEURS DANS LE CAS DU SAÏS

Ahmed Lahlou¹, Mohamed El amrani², Nicolas Faysse³

INTRODUCTION

Au Maroc, dans un contexte de sécheresse et de pénurie en eau de surface, l'accès à l'eau souterraine a permis le maintien des dynamiques agricoles en zones aménagées et le développement d'une agriculture irriguée en zones non aménagées. Mais, cet accès s'est souvent traduit par une forte surexploitation des nappes et la dégradation de la qualité de l'eau suite à l'utilisation non raisonnée des fertilisants. Toutefois, avec la promulgation de la loi 10-95 sur l'eau, et ses principaux textes d'application, en 1995, le pays a fait un grand pas en avant dans la modernisation de l'administration de l'eau. A cet égard, la loi sur l'eau constitue la base légale de la politique de l'eau du pays et se fixe plusieurs objectifs dont la protection et la conservation quantitative et qualitative des eaux souterraines. Malgré cette refonte du cadre législatif, 75% des agriculteurs dans la région du Saïs ne connaissent pas l'existence de cette loi, encore moins ses modalités d'application (El Amrani, 2002).

Dans cette loi, les dispositions reposant principalement sur la dimension technique sont prédominantes tandis que la dimension humaine, en termes de relations entre acteurs et de solutions institutionnelles mises en œuvre, est moins précisée. De ce fait, cet article analyse les perceptions des agriculteurs de la région de Saïs par rapport aux enjeux de la ressource souterraine, leurs stratégies adaptatives, ainsi que la perception qu'ont les différents acteurs envers la gestion institutionnelle des nappes au Maroc et ses dispositifs. Ceci permet de fournir des bases de réflexion pour le processus de gestion de l'eau de la nappe de Fès – Meknès que l'Agence du Bassin Hydraulique du bassin du Sebou (ABH) a amorcé avec la participation des agriculteurs dans le cadre d'un contrat de nappe.

Mots clés: nappe, surexploitation, Saïs, enjeux, perception, acteurs, gestion durable, contrat de nappe.

SITE D'ÉTUDE

Le territoire de la zone d'étude correspond à la délimitation de la nappe phréatique de Fès Meknès.

Cette délimitation regroupe 14 communes de la plaine du Saïs. Les acteurs concernés par l'enquête sont les agriculteurs et les intervenants en matière de la gestion de la nappe : ABH, Directions Régionale et Provinciale de l'Agriculture, Chambre d'Agriculture, Centre de Travaux, Communes, Division des Affaires Rurales, Service de l'Eau du Ministère de l'Équipement, Direction Provinciale des Eaux et Forêt. Nous avons opté pour un échantillonnage intentionnel non représentatif du point de vue statistique mais qui tient compte de la diversité des situations. De ce fait, nous avons choisi un échantillon de 40 agriculteurs répartis en 8 zones distribuées sur le territoire de la zone d'étude selon la répartition des niveaux piézométriques et les classes de la qualité de l'eau sur la nappe.

CARACTÉRISATION DE LA PERCEPTION DES AGRICULTEURS ET DES DIFFÉRENTS FACTEURS INFLUENÇANT CETTE PERCEPTION

Dans la région du Saïs, 83% des agriculteurs enquêtés observent une diminution des niveaux piézométriques de la nappe. En revanche, 76% des agriculteurs ignorent les changements qualitatifs de la nappe et les facteurs de la pollution tandis que 13% pensent que l'eau souterraine est polluée par la fertilisation azotée et 11% par les produits phytosanitaires. Pourtant, l'analyse des données de l'ABH montre que les nitrates constituent la principale source de pollution dans notre région d'étude : sur 65 points de mesure de la qualité, 30 sont supérieurs à la norme de potabilité (50mg/l). Quant aux facteurs influençant ces perceptions, les tests d'indépendance réalisés montrent une corrélation entre la piézométrie de la nappe et la perception que se font les agriculteurs des conséquences de la surexploitation et des changements quantitatifs qui affectent la ressource souterraine. Par contre, l'efficacité technique des agriculteurs en matière de la fertilisation azotée est indépendante de la perception des conséquences de la pollution et des changements qualitatifs de la nappe.

¹ - Ecole Nationale d'Agriculture (ENA), Département d'ingénierie de Développement (DID), Meknès, Maroc ; lahlou.hmd@gmail.com

² - ENA, DID, Meknès, Maroc ; elamrani.mohamed66@gmail.com

³ - ENA, DID, Meknès, Maroc, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France ; nicolas.faysse@cirad.fr

STRATÉGIES D'ADAPTATION DES AGRICULTEURS

Certains agriculteurs parviennent à atténuer les effets de la raréfaction de la ressource souterraine et de la sécheresse en adoptant une stratégie non durable pour assurer et améliorer les bénéfices : par creusement et approfondissement des puits. En effet, face à une situation de manque d'eau, 58% des agriculteurs choisissent le creusement des nouveaux puits/forages, ou encore vers les approfondissements verticaux ou horizontaux de puits/forage déjà existants. En revanche, pour les autres, le choix de ne pas approfondir leurs forages ne s'inscrit pas dans une volonté de préserver la nappe. Mais plutôt ce sont d'autres facteurs qui déterminent ce choix, à savoir les difficultés d'ordre technique liée à la nature hydrogéologique du sol, d'ordre financier et d'ordre administratif pour avoir les autorisations nécessaires. Ainsi, 30% des agriculteurs enquêtés préfèrent diminuer la superficie irriguée sur l'ensemble de l'exploitation. D'autres (12%) se penchent vers des cultures à haute valeur ajoutée valorisant le mètre cube d'eau, ainsi qu'à celles moins exigeantes en eau (olivier, amandier,...). Un seul agriculteur a pensé à l'adoption de l'irrigation localisée comme stratégie d'adaptation.

PERCEPTION DE LA GESTION INSTITUTIONNELLE DE LA NAPPE ET DE SES DISPOSITIFS

La majorité des agriculteurs (83%) préfèrent les solutions techniques et incitatives, tandis que des solutions de pénalité et celles basées sur l'approche contractuelle sont moins préférées. De plus, moins de la moitié des agriculteurs (42%) jugent que la gestion de la nappe est la responsabilité exclusive de l'Etat et 40% des responsables des institutions enquêtées sont du même avis. Une autre partie des exploitants (20%) pense que la gestion de la nappe est l'affaire des agriculteurs. Seulement 8% des agriculteurs estiment que la gestion de la nappe est la responsabilité des organismes non gouvernementaux, alors qu'aucune institution enquêtée ne partage la même opinion. Une autre partie des agriculteurs (30%) affirme que la gestion de la nappe est la responsabilité commune de l'ensemble des usagers et institutions. Quant à la perception des rôles des acteurs et leurs interactions, les agriculteurs connaissent généralement les différents acteurs intervenant dans la gestion de la nappe, mais ignorent le rôle et le fonctionnement de chacune de ces structures. En ce qui concerne la police de l'eau, on note que la totalité de ces agriculteurs déclare que cette police interviendrait seulement pour le contrôle des activités liées à l'eau de surface et qu'elle ne possède pas de rôle concernant la nappe. Ces agriculteurs pensent que le contrôle du creusement de puits, réalisations de forages est un rôle exclusif du caïd.

CONTRAT DE NAPPE

Compte tenu des résultats des discussions avec les acteurs institutionnels sur le contrat de nappe, il nous est plausible de dire que la majorité des acteurs enquêtés (82%) perçoivent l'approche contractuelle comme étant la solution convenable pour résoudre les problèmes liés à la gestion de la ressource souterraine et ainsi permettre une implication et responsabilisation des différents acteurs. Entre ces derniers, il y a un consensus sur certains axes que doit contenir le dit contrat, à savoir : la reconversion en irrigation localisée, le recours aux cultures à haute valeur ajoutée ainsi qu'à celles moins exigeantes en eau, le pilotage de l'irrigation, la technique de travail du sol limitant l'évapotranspiration, et le respect des normes préconisées par la recherche en matière de la fertilisation azotée. Cependant, ces agriculteurs ne sont pas pour l'arrêt des superficies irriguées et du creusement de forages, et pensent que la situation n'est pas assez critique pour entrer dans un tel processus contrairement à ce qui est annoncé par l'ABH. Reste que les agriculteurs ont une mauvaise représentation envers l'approche contractuelle, et la considèrent comme un piège fabriqué par les pouvoirs publics et partant, ils refusent même l'implication de l'autorité en pensant que cela pourrait influencer la prise de décision. Pour notre part, l'efficacité de ce dispositif sera sûrement liée à l'implication et la responsabilisation de certains acteurs qui, auparavant, ignoraient leur rôle dans la gestion de la nappe.

CONCLUSION

Le changement de représentations et de comportements est un long processus qui nécessite une véritable pédagogie d'accompagnement et de persuasion et que les mesures législatives seules sont insuffisantes. De ce fait, la gestion actuelle et future de la nappe et partant, la durabilité des systèmes de production de l'agriculture irriguée sont tributaires de l'établissement d'un dialogue et d'une concertation entre tous les acteurs concernés sur le contenu du contrat de nappe qui intègre tous les aspects techniques, juridiques, incitatifs, éducatifs, etc. C'est ce type de contrat Co-construit de manière participative qui pourrait réellement être appliqué sur le terrain.

RÉFÉRENCES

El Amrani M. (2002) Evaluation de l'impact de la diffusion d'une innovation technique agricole sur les systèmes de production et sur la durabilité de l'agriculture. Le cas de la motopompe à eau dans la zone semi-aride de Saïa au Maroc- Thèse de doctorat, Unité : Economie Rurale. Faculté Universitaire des sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique.

Agence du Bassin Hydraulique de Sebou (2004). Etude de synthèse hydraulique pour l'évaluation des ressources en eau souterraines dans la plaine de Fès-Meknès.

ESSAI COLLABORATIF SUR L'ÉCHANTILLONNAGE EN EAU SOUTERRAINE

JP Ghestem (BRGM)¹, P Fiscaro et R Champion (LNE)²

INTRODUCTION

La qualité des données acquises dans le cadre des programmes de surveillance environnementaux (notamment ceux de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau) est un enjeu majeur pour des prises de décision fiables sur les mesures à prendre afin d'atteindre le bon état chimique et écologique des masses d'eau. L'acquisition d'une donnée environnementale passe la plupart du temps par une étape de prélèvement d'un échantillon ponctuel représentatif du milieu étudié. Cette étape capitale de la chaîne analytique conditionne fortement la qualité du résultat final.

Dans les laboratoires d'analyses, les exercices d'intercomparaison sont des outils très utilisés et efficaces qui permettent aux participants d'évaluer leurs performances. Ils permettent aussi d'estimer pour un groupe de laboratoires, la variabilité des résultats que l'on peut attendre pour l'analyse d'un même échantillon. Ce type d'essai est très rare voire inexistant jusqu'à présent pour les activités d'échantillonnage.

Mots clés: essai collaboratif; échantillonnage; eau souterraine ; qualité ;

PRÉSENTATION DE L'ESSAI

L'essai présenté ici a été organisé par le BRGM en collaboration avec le LNE dans le cadre du programme de travail AQUAREF 2009 avec le soutien de l'ONEMA. Il s'agit d'un essai collaboratif sur l'échantillonnage en eau souterraine et sur la mesure des paramètres physico chimiques de terrain. Il ne s'agit pas d'un essai d'aptitude. Il avait trois objectifs :

- Observer et évaluer les pratiques de prélèvement en eau souterraine afin d'améliorer dans l'avenir les guides, normes et cahiers des charges.
- Evaluer l'impact des opérations de prélèvement sur la variabilité des résultats.
- Etudier l'exactitude des analyses effectuées sur le terrain (pH, conductivité, oxygène dissous, température).

Cet essai a eu lieu du 22 au 26 juin 2009. Il s'est déroulé sur un piézomètre situé sur la commune de La Chapelle Saint Luc en banlieue de Troyes. Durant la semaine de l'essai, 9 équipes de préleveurs (laboratoires et bureaux d'études), sélectionnés en premier lieu parmi

les prestataires réguliers des agences de l'eau puis parmi les membres du groupe national prélèvement, ont réalisé, selon leur procédure habituelle et pendant une demi-journée, des prélèvements en double en vue d'analyser des paramètres chimiques bien définis. Les échantillons ont été ensuite pris en charge par le BRGM qui a réalisé les analyses (hors analyses de composés organiques volatils sous traités à l'Institut Pasteur de Lille). En parallèle, le LNE a testé l'exactitude des analyses physico-chimiques de terrain (pH, conductivité, oxygène dissous, température).

Les paramètres chimiques de l'essai sont les nitrates, six pesticides (atrazine, simazine, DIA, DEA, terbutylazine, deséthylterbutylazine), un composé organique volatil (tétrachloréthylène) et une quinzaine d'éléments traces (B, Ba, U, Cr, Zn, Cu, Al, Ni, Co, ...).

DISCUSSION - CONCLUSION

L'essai a été exploité qualitativement et quantitativement. L'aspect quantitatif a été abordé à travers une enquête auprès des préleveurs ainsi que par la présence d'observateurs sur le site pendant l'essai. Des informations intéressantes concernant les pratiques des équipes d'échantillonnage ont pu être mises en évidence. Elles permettront d'adapter les guides d'exigences techniques pour les programmes de surveillance.

En ce qui concerne l'aspect quantitatif, la conception de l'essai a permis d'identifier pour chaque substance 3 types de variance : « analyse » (doubles analytiques), « échantillonnage » (répétabilité du prélèvement), « préleveur » (effet inter préleveur). La plupart des résultats montre une part majoritaire de l'analyse dans la variabilité globale des résultats. Y compris pour des paramètres réputés délicats comme les composés organiques volatils, les variances globales observées sont faibles (ex : 7.6 % pour le tétrachloréthylène à 2 µg/l).

Ainsi, dans les conditions de cet essai (type de site, préleveurs présents) l'impact des opérations d'échantillonnage est faible devant la variabilité analytique.

Les seuls paramètres pour lesquels l'effet lié au préleveur est très largement majoritaire sont quelques éléments traces comme Cu, Zn. Pour ces éléments, il s'agit très probablement de contamination des échantillons

¹ - BRGM – jp.ghestim@brgm.fr

² - LNE Paola.Fiscaro@lne.fr et Rachel.Champion@lne.fr

qui expliquent ces résultats. Toutefois, il faut préciser que ces effets sont observés pour des teneurs faibles mesurées sur le site. Les origines de ces contaminations peuvent être multiples (tuyaux, matériel intermédiaire, ...). La mise en place régulière de blancs « terrain » semble indispensable pour maîtriser dans l'avenir ces problèmes de contamination.

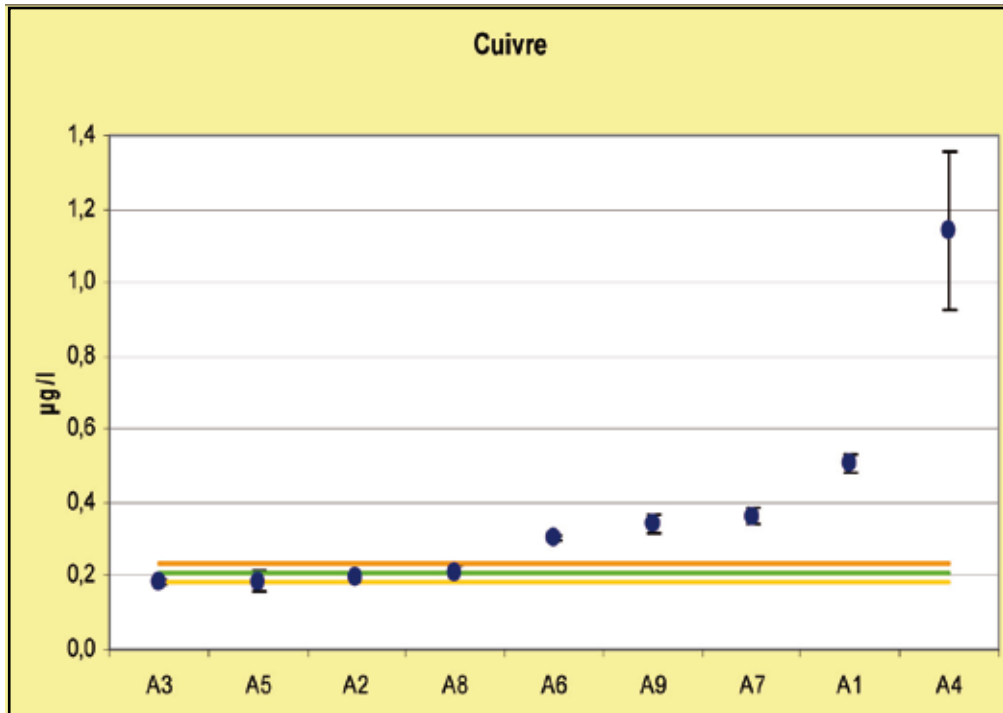
Il est proposé pour cette communication de décrire la méthodologie utilisée pour cet essai collaboratif et de

détailler les résultats qualitatifs et quantitatifs qui ont été obtenus. Les perspectives de ce type d'essai seront également discutées en termes d'amélioration de la qualité globale des mesures environnementales.

RÉFÉRENCES

Rapport de l'essai disponible à l'adresse : http://www.aquaref.fr/publications_prelevements

Résultats obtenus par les participants (A1-A9) pour le paramètre cuivre



LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU ET DE L'IRRIGATION DANS UN SECTEUR DES YVELINES.

Philippe Verjus ¹

RÉSUMÉ

Le présent article présente la démarche et les méthodes utilisées pour gérer les prélèvements d'eau souterraine pour l'irrigation des grandes cultures en fonction de la ressource disponible dans un secteur du département des Yvelines (France).

Dans un premier temps, l'objectif est de déterminer l'enveloppe maximale de la ressource prélevable en situation de hautes eaux, compte tenu du respect de l'alimentation des débits d'étiage des cours d'eau. Il a donc été procédé à un diagnostic du territoire dans l'objectif de discerner les secteurs homogènes, tant du point de vue hydrogéologique que de celui des prélèvements en eaux.

Dans un deuxième temps, une modélisation simplifiée de l'évolution prévisible du niveau de la ressource est alors entreprise pour l'évaluation de la probabilité de franchissement des différents niveaux de ressource en fin d'étiage. Parallèlement, une règle de détermination des volumes réellement prélevables en fonction du niveau des nappes a été établie en concertation étroite avec les irrigants de façon à adapter la réglementation existante aux usages professionnels.

Modélisations et règles de gestions sont ainsi utilisées avant le démarrage de la saison d'irrigation en cours, pour fixer la fraction de l'enveloppe maximale réellement prélevable dans les nappes.

INTRODUCTION

La gestion de l'étiage en période de sécheresse hydrologique est encadré par les articles R. 211-66 à R. 211-70 du code de l'environnement.

Avant que ne soit mis en oeuvre la gestion volumétrique qui fait l'objet du présent article, les limitations de l'irrigation intervenaient abruptement en cours de saison à la suite du constat de franchissement des seuils d'alerte. Il n'y avait donc pas de prévision préalable. D'autre part, les limitations consistaient en des plages horaires d'interdictions, pas forcément très efficaces du point de vue de l'économie de la ressource en eau et tenant mal compte des contraintes professionnelles.

L'intérêt de la démarche mise en oeuvre dans ce secteur du département des Yvelines est donc, pour la profession

agricole, de passer de ce mode d'interdiction, à la mise à disposition, en début de saison, d'un volume d'eau dépendant du niveau de la ressource,

mais utilisable pour l'ensemble de la période d'irrigation. Le choix des cultures et la gestion du volume attribué est alors entièrement sous la responsabilité de l'agriculteur.

La prédiction, dès la fin février, de la sévérité de l'étiage à la fin août est rendue possible par l'assez forte inertie des systèmes aquifères en présence, et par le fait que les prélèvements d'irrigation sont modérés (de l'ordre de 5% de la recharge des nappes)

EVALUATION DE LA RESSOURCE DISPONIBLE

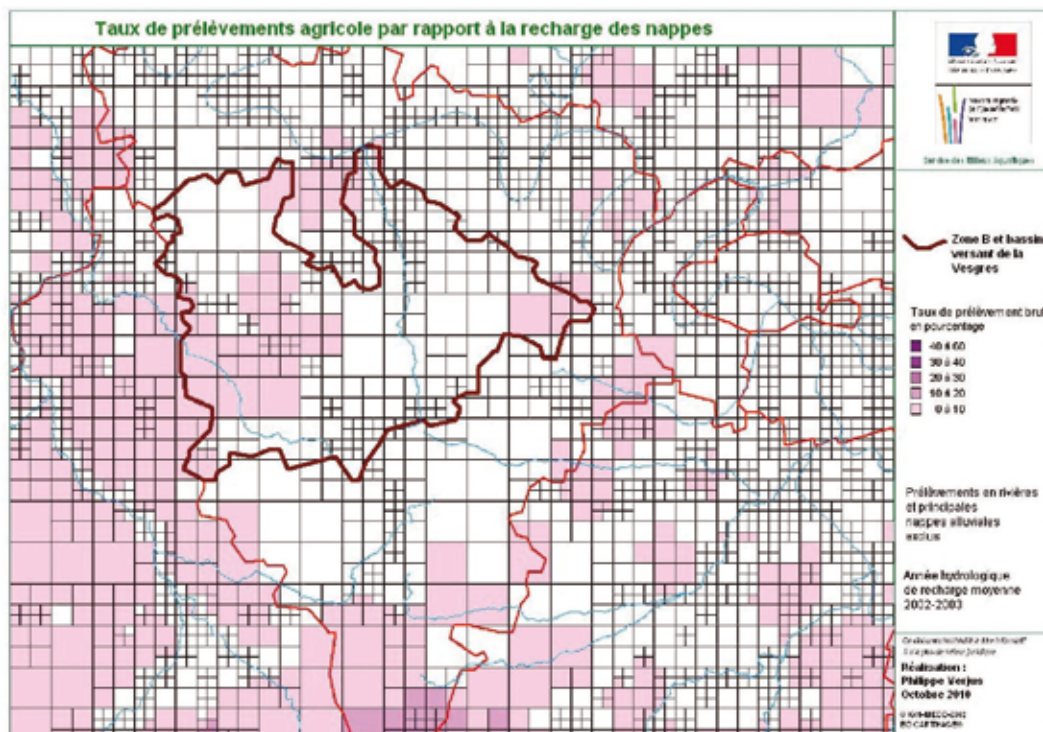
L'arrêté du 17 avril 2006 modifié relatif au contenu des SDAGES dispose que « dans le cas général, une ressource en eau fait l'objet d'une gestion quantitative équilibrée lorsque, statistiquement, huit années sur dix en moyenne, les volumes et débits maximums autorisés ou déclarés dans cette ressource, quel qu'en soit leurs usages (irrigation, alimentation en eau potable, ...), peuvent en totalité être prélevés dans celle-ci tout en garantissant le bon fonctionnement des milieux aquatiques correspondants ». La ressource disponible maximale correspond donc au volume net supplémentaire exploitable, sans risque de franchissement des seuils d'objectifs d'étiage huit années sur dix (seuils d'alerte des cours d'eau ou des nappes).

Elle a été déterminée à partir de deux études menées dans le cadre de l'élaboration du SDAGE et de l'analyse hydrogéologique des territoires concernés.

Une première approche, basée sur les résultats d'une modélisation spatialisée du système, compare les prélèvements actuels à la recharge moyenne inter annuelle des nappes, dans les parties amont des bassins versants, les plus sensibles à la sécheresse ou à la surexploitation des ressources en eau souterraines (1).

La carte ci après visualisent la répartition spatiale du ratio entre prélèvement brut et recharge pour les prélèvements agricoles. Le département des Yvelines est circonscrit en rouge et le secteur de mise en oeuvre du dispositif en bordeaux. La pression de prélèvement agricole est relativement faible dans le secteur considéré.

¹- Responsable de la Mission Gestion Quantitative de la Ressource en Eau, DRIEE Ile de France



Une deuxième approche a consisté à estimer la ressource disponible par modélisation des séries temporelles de bassins versants dotés de stations hydrométriques et piézométriques (2)(3). Par rapport à la première approche, il s'agit donc d'une modélisation globale.

Dans le cadre du présent exercice, il a été procédé à l'extrapolation aux secteurs concernés, des résultats obtenus sur les bassins jaugés disponibles de la Mauldre et de la Guyonne. Cette dernière est plus représentative du fonctionnement hydrogéologique naturel non influencé par les rejets urbains.

Leur synthèse permet d'estimer à environ 6000 m³/j la ressource disponible pour une année sèche de période de retour 4 ans (proche du seuil d'alerte fixé à l'année sèche de retour 5 ans).

Ces ordres de grandeurs des volumes disponibles permettent de mieux estimer l'impact des demandes à la hausse éventuelles des prélèvements de la profession agricole, sachant qu'il convient de tenir compte, pour leur évaluation, des activités autres qu'agricoles, susceptibles de concurrencer l'exploitation des volumes disponibles.

VOLUMES RÉELLEMENT PRÉLEVABLES ET RÉDUCTION EN FONCTION DE LA SITUATION HYDROLOGIQUE

Compte tenu des estimations relatives à la ressource disponible, il n'est pas nécessaire d'envisager une

réduction des volumes prélevés en dehors des périodes de sécheresse hydrologique.

Le volume de référence attribué à l'irrigation est donc basé sur l'année de plus forte consommation en eau enregistrée (en général l'année 2003).

En période de sécheresse hydrologique, et en fonction de l'importance de cette dernière, les volumes doivent être réduits.

La démarche proposée repose sur le constat de la situation des nappes fin février (date utile de prévision pour les assolements) et de la modélisation de son évolution. Dans l'idéal, une prévision plus précoce serait utile à la profession agricole mais ne serait pas faisable car la période de recharge des nappes de novembre-février est fondamentale pour le calage des modèles de prévisions.

La situation des nappes est évaluée à partir des trois piézomètres de Mareil de Guyon, Théméricourt et Perdreaucourt. Compte tenu de la bonne corrélation entre les niveaux mesurés en étiage dans ces ouvrages d'une part, et les débits d'étiage des rivières d'autre part, il est possible de construire un indicateur moyennant les trois piézomètres (indicateur « Yvelines »). Les trois piézomètres et l'indicateur sont par ailleurs modélisés sous Gardénia (4).

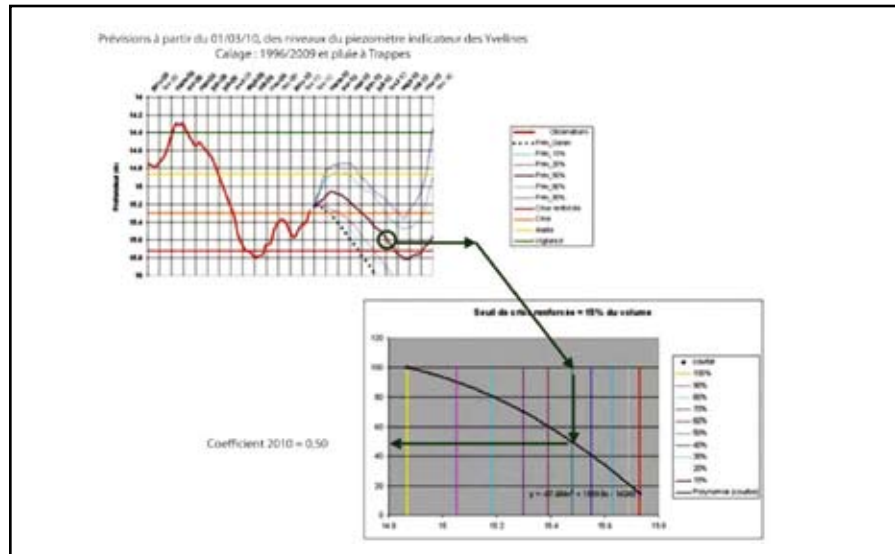
L'utilisation du niveau des nappes autorise une prévisibilité que ne permet pas le débit des cours d'eau, toujours susceptibles d'être influencés par les pluies. Le niveau des nappes en été peut être considéré comme

représentatif de l'apport au débit de base des cours d'eau.

A partir de la situation hydrologique constatée fin février, la modélisation sous Gardénia de l'évolution de la situation en année moyenne permet d'estimer le niveau de la ressource à l'étiage. La concertation a permis de fixer le niveau piézométrique cible de référence à la mi-août.

En fonction de ce niveau prévisionnel, et conformément aux différentes réunions de concertation avec la chambre d'agriculture, la réduction des prélèvements devra s'opérer de la façon suivante (graphe de réduction en pourcentage du volume prélevable en fonction de l'indicateur sécheresse des Yvelines).

Situation des nappes par rapport aux seuils réglementaires et gestion de l'irrigation Zone B et Vesgres



CONCLUSION

Deux points clés méritent probablement d'être soulignés, sans lesquels la démarche ne serait pas possible.

Le premier point est la bonne concertation et l'esprit constructif sans lesquels aucune règle de gestion ne peut être construite. La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Energie et de l'Environnement (DRIEE, anciennement DIREN), appuyés en tant que de besoin par des experts (ARMINES et BRGM dans le cas présent) doivent faire un effort d'analyse et ensuite d'explication pédagogique vers les irrigants et les services en charge de la police de l'eau. La profession agricole, de son côté, a dû faire preuve d'un travail d'enquête approfondie auprès des irrigants, et d'explication de la démarche auprès de chacun d'eux. Par ailleurs, les objectifs de réduction étant fixés globalement par la réglementation, la profession a été conduite à tester et proposer finalement une règle de décroissance des volumes prélevables intégrant au mieux ces bornes réglementaires mais aussi les contraintes professionnelles. L'ensemble de la démarche n'a pu aboutir avec succès que par un échange permanent dans la plus grande transparence, et une collaboration technique approfondie.

Le deuxième point concerne la prévisibilité des systèmes hydrogéologiques en présence. Elle dépend bien sûr d'un travail soigné de modélisation et d'une bonne

disponibilité des équipes en charge de la manipulation des modèles à la période critique de prévision fin février. Par ailleurs, des conditions naturelles et anthropiques interviennent. Les facteurs naturels permettant de conforter la prévision de la situation hydrologiques à la mi août à partir de la situation fin février sont la relative inertie des aquifères et la bonne corrélation existant entre débits d'étiage et niveaux minimaux des nappes. Par ailleurs, les prélèvements ne doivent pas être ni trop élevés ni trop variables pour affecter sérieusement la modélisation globale effectuée avec le logiciel GARDENIA, qui ne tient pas compte explicitement des prélèvements.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) P. Viennot Modélisation mathématique du fonctionnement hydrogéologique du bassin de la Seine. Représentation différenciée des aquifères du tertiaire. Intégration des prélèvements anthropiques. Rapport R0711128PVIE ARMINES C.276803.70954 DIREN d'Ile de France Avril 2009
- (2) F. Asfirane, A. Wuileumier, D. Allier, P. Verjus (DIREN) Bassin Seine Normandie Estimation des volumes disponibles pour les prélèvements BRGM/RP-56690-FR Décembre 2008
- (3) Pinault J L Manuel utilisateur de TEMPO. BRGM/RP-51459-FR
- (4) P. Stollsteiner Utilisation du logiciel GARDENIA du BRGM pour la réalisation de prévisions de niveaux piézométriques en IDF Note BRGM Octobre 2009 pour le compte de la DIREN IDF

CONSTRUCTION ET ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE D'UNE SANCTION COLLECTIVE DIFFÉRENCIÉE ADAPTÉE AUX PRÉLÈVEMENTS DIFFUS D'EAU AGRICOLE

Vincent Lenouvel¹, Marielle Montginoul², Sophie Thoyer³

INTRODUCTION

Les prélèvements d'eau souterraine à des fins d'irrigation sont parfois méconnus, car non déclarés ou non mesurés par des compteurs d'eau. Nous présentons ici un instrument de gestion qui vise à la fois à inciter les agriculteurs à déclarer leurs forages, à installer des compteurs et à garantir le respect d'un volume prélevable défini à l'échelle d'une unité de gestion hydro-géologiquement cohérente, suivant en cela les prescriptions de l'article 21 de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006.

Ces prélèvements présentent un contexte informationnel proche de celui des pollutions diffuses. La littérature économique propose alors une gestion se basant sur l'observation du comportement agrégé des irrigants : la sanction collective (Segerson 1988). S'il y a dépassement d'un niveau piézométrique de référence préétabli et connu des irrigants, chacun se voit imposé une sanction proportionnelle au dépassement de ce niveau. Cet instrument soulève des questions d'application pratiques et politiques : (1) il est peu acceptable politiquement car injuste : un irrigant vertueux peut payer la sanction alors qu'il supporte déjà les coûts associés à la réduction de ses prélèvements d'eau ; (2) la sanction peut être perçue par un irrigant comme une charge fixe si beaucoup d'irrigants sont concernés ; elle n'incite alors pas à réduire ses prélèvements. Nous nous inspirons de cet instrument pour développer une sanction collective différenciée (partie 1) que nous avons évaluée expérimentalement avec des étudiants, institutionnels et agriculteurs (partie 2).

Mots-clés : information incomplète, sanction collective, expériences économiques.

LA SANCTION COLLECTIVE DIFFÉRENCIÉE : DESCRIPTION

Pour améliorer la sanction collective, nous y introduisons une dimension individuelle en proposant un menu de sanctions aux irrigants. Ils peuvent choisir alors entre :

• Une sanction collective sans déclaration :

Si le gestionnaire observe que le niveau de la nappe descend en deçà d'un seuil de référence (Ω^*), l'irrigant ne déclarant pas ses prélèvements est soumis à une sanction financière θSD proportionnelle au dépassement du seuil de référence.

• Une sanction collective avec déclaration :

L'irrigant s'engage à déclarer et mesurer ses prélèvements, à faciliter un éventuel contrôle par le gestionnaire et un quota w^* lui est alloué. Si le seuil Ω^* est dépassé, le gestionnaire procède à un contrôle aléatoire (de probabilité connue) chez certains déclarants. Si le contrôle révèle le dépassement de son quota ou la non-conformité de ses installations, une sanction collective $\theta D > \theta SD$, est appliquée à l'irrigant contrôlé. Nous conservons ici une sanction collective car nous faisons l'hypothèse que si le contrôle permet de savoir si le quota est dépassé, il est impossible de quantifier ce dépassement.

Le paiement de la sanction et son montant dépendent de 4 paramètres, (i) le volume prélevé par l'irrigant, (ii) le volume prélevé par les autres irrigants, (iii) le fait d'être ou non déclarant et (iv) le fait d'être ou non contrôlé. Cet instrument répond aux deux critiques principales de la sanction collective : d'une part, l'acceptabilité de la sanction collective est améliorée, un déclarant respectant son quota n'étant jamais sanctionné ; d'autre part, la sanction n'est plus perçue comme un coût fixe, le respect du quota assurant aux déclarants d'y échapper.

Il est possible de choisir un taux de sanction garantissant que les irrigants vont à la fois souscrire le contrat et respecter leur quota. L'ensemble des prélèvements est égal à $W^* = \sum w^*$, la somme des quotas, qui peut être interprété comme un volume prélevable. Toutefois, des problèmes informationnels ne permettent souvent au gestionnaire de la ressource d'être convaincu d'un dépassement qu'à partir d'un niveau de prélèvement supérieur à Ω^* , laissant la possibilité aux irrigants de dépasser leur quota sans déclencher la sanction.

LA SANCTION COLLECTIVE DIFFÉRENCIÉE : RÉSULTAT DU TEST EXPÉRIMENTAL

Nous avons développé un jeu visant à tester la sanction collective différenciée dans une démarche d'économie expérimentale. Dans ce jeu, 3 irrigants ne pouvant communiquer pompent individuellement dans une nappe de recharge constante et égale au volume prélevable W^* . Les joueurs ne connaissent pas les décisions des autres, mais sont informés du niveau de la nappe en fin de saison d'irrigation. Les sanctions sont appliquées au-delà d'un seuil de déclenchement des sanctions $\Omega^* > W^*$: les joueurs peuvent dépasser leur quota w^* , et donc le volume prélevable W^* , sans risquer la sanction tant que

¹ - CEMAGREF – UMR G-EAU et UMR LAMETA, Montpellier; vincent.lenouvel@cemagref.fr

² - CEMAGREF – UMR G-EAU, Montpellier; marielle.montginoul@cemagref.fr

³ - SUPAGRO – UMR LAMETA, Montpellier; thoyer@supagro.inra.fr

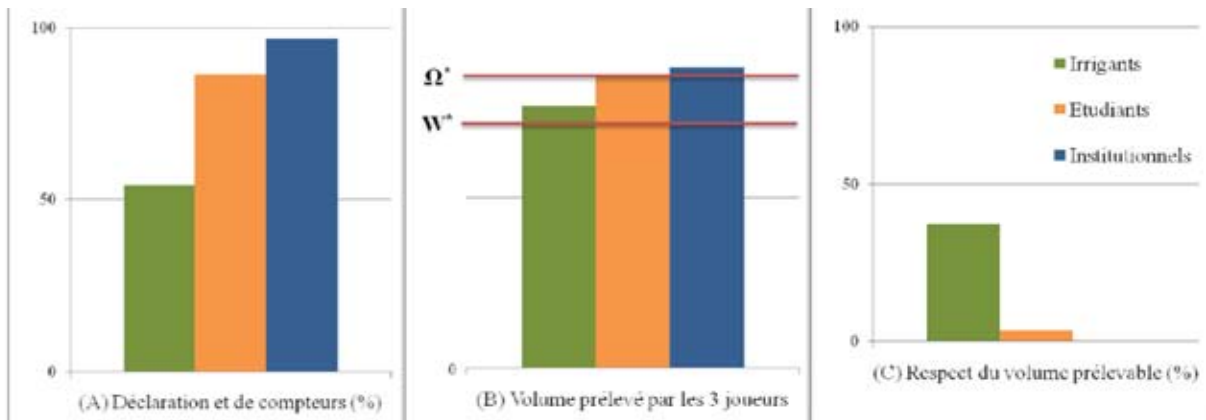
le groupe ne dépasse pas Ω^* . Par construction dans le jeu, pour un niveau de prélèvement collectif inférieur à Ω^* , il est toujours plus avantageux financièrement de choisir la sanction avec déclaration, celle-ci étant assortie d'une subvention.

Nous avons fait jouer 81 étudiants montpelliérains, 12 irrigants utilisant l'eau de l'aquifère plio-quatenaire de la plaine du Roussillon et 6 institutionnels de la zone en charge de questions agricoles ou de gestion de l'aquifère. Le jeu a été joué 15 tours avant une discussion collective, sauf avec les étudiants (30 tours).

Le comportement des institutionnels se rapproche de celui des étudiants et diverge de celui des irrigants (figures A, B et C). Si les institutionnels déclarent dans 97% des cas, les irrigants ne le font que dans 54% (figure A). Les irrigants expliquent en partie leur réticence à déclarer par le contexte conflictuel qui entoure les rapports entre pouvoirs publics et agriculteurs sur la question de la redevance sur l'eau ou le remboursement de subventions agricoles : "Je suis l'un des seuls à avoir

déclaré sur le secteur et je regrette : j'ai payé avec 3 jours de retard à l'Agence de l'Eau, j'ai eu une amende de 20%". Mais cette réticence aurait tendance à s'atténuer, un responsable du syndicalisme agricole constatant une hausse des déclarations : « j'ai deux appels par jour concernant la régularisation des forages ».

En ce qui concerne les volumes, il est financièrement intéressant pour le groupe de se coordonner afin de prélever collectivement Ω^* , volume maximal avant déclenchement de la sanction. Ce choix est risqué car on ne connaît pas la décision des autres. Beaucoup de joueurs ont cependant été tentés de dépasser leur quota afin de gagner plus. C'est surtout le cas des institutionnels et des étudiants, ce qui se traduit par des volumes avoisinant Ω^* (figure B). Les irrigants ont été plus prudents, avec des niveaux de prélèvements compris entre W^* et Ω^* . Les groupes d'agriculteurs ont de plus respecté le volume prélevable W^* dans 38% des cas alors que les institutionnels l'ont toujours dépassé (figure C).



Notre instrument semble améliorer, bien qu'imparfaitement, l'acceptabilité de la sanction collective : 4 agriculteurs (sur 12) le jugent inacceptable. Tous insistent sur l'individualisation de la sanction et la prise en compte des spécificités culturelles dans le calcul des quotas.

Les moyens de contrôle de la police de l'eau et de la crédibilité des sanctions associées ont été soulevés par les institutionnels : "la probabilité de se faire attraper, dans notre cas, c'est 0.1%, et si on en attrape un, on lui dit : 'faites nous un dossier de régularisation administrative, et on ne transmet pas la plainte au procureur' ". Inscrire cet instrument dans le cadre d'un Organisme Unique serait lourd pour les services de l'Etat qui auraient à gérer "1400 arrêtés préfectoraux pour 1400 irrigants tous les ans, alors qu'aujourd'hui, cela se fait par tacite reconduction".

CONCLUSION

L'instrument développé améliore en partie l'information qu'ont les pouvoirs publics sur les prélèvements agricoles

en nappe tout en les réduisant significativement. Il ne parvient cependant pas à imposer aux usagers le respect du volume prélevable, ce qui oblige le gestionnaire à recourir à des contrôles difficiles à mettre en place administrativement. Dans une zone où la question de la gestion de l'eau souterraine peut être conflictuelle, le rétablissement d'un minimum de confiance entre irrigants et institutions de gestion semble nécessaire pour améliorer la connaissance des prélèvements. La différence de comportement observée dans le jeu entre institutionnels et irrigants souligne la diversité des perceptions du rapport entre eau et agriculture, si l'on suppose que les institutionnels ont joué comme ils pensent que le feraient des agriculteurs.

RÉFÉRENCES

Segerson, K. (1988). "Uncertainty and incentives for nonpoint pollution control." *Journal of Environmental Economics and Management* 15(1): 87-98.

QUELS OUTILS POUR CONNAÎTRE PUIS GÉRER LES PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS D'EAU? RÉFLEXION À PARTIR D'UNE REVUE DE LITTÉRATURE.

Montginoul M.¹

Key words: groundwater management instruments.

INTRODUCTION

L'eau est majoritairement prélevée, surtout pour l'agriculture, de manière individuelle. Cette eau, en particulier l'eau souterraine, peut être considérée comme une « ressource en propriété commune », dans laquelle les droits de propriété ne sont pas clairement définis : chaque individu en tant que « propriétaire commun » a le droit de prélever mais il ne peut pas obliger les autres à ne prélever que la quantité qui lui garantisse un profit absolu de son droit de prélever. Et chaque préleveur, rationnel et égoïste, va extraire l'eau en considérant uniquement le coût privé de son activité. Et l'eau peut alors être l'objet d'une tragédie des communs, conduisant à sa surexploitation. Cette situation légitime l'intervention d'une autorité supérieure. Mais quels outils envisager ? Cet article présente les résultats d'une revue de littérature qui s'est intéressée à repérer l'ensemble des outils envisageables pour gérer ces prélèvements individuels, par nature diffus et pour lutter contre les pollutions diffuses, situation conceptuellement proche. L'article comporte deux parties, distinguant deux types d'instruments qui abordent les problèmes du diffus : tout d'abord la question de la révélation de tels prélèvements, qui est une condition préalable pour aborder ensuite la question de leur gestion.

LES OUTILS POUR RÉVÉLER LES PRÉLÈVEMENTS DIFFUS

Gérer les prélèvements diffus nécessite en effet préalablement l'acquisition d'informations sur ces derniers. Même si certains éléments sont souvent prévus par la réglementation (comme les points de prélèvement et les quantités prélevées en France), les préleveurs restent souvent réticents à révéler ce type d'information. Nous présentons ici les instruments selon la nature de l'information recherchée.

- La révélation des préleveurs et lieux de prélèvements. Cette connaissance est un pré-requis indispensable à l'instauration d'une gestion sur la ressource. Elle se réalise de deux manières : par sanction (liée à une réglementation imposant leur déclaration) ou par incitation (telles les mesures d'éco-conditionnalité).

- La révélation des quantités prélevées. L'installation de compteurs est théoriquement obligatoire en France

pour tout point de prélèvement. Toutefois cela n'a pu se faire, pour les usages agricoles, que grâce aux dispositifs incitatifs qui l'ont accompagné : éco-conditionnalité, subvention des compteurs, tarification incitative. Le relevé des compteurs est aussi souvent très coûteux, conduisant parfois les gestionnaires à privilégier les auto-déclarations. Des systèmes de taxation plus ou moins sophistiqués peuvent alors être envisagés pour palier les problèmes de fausse déclaration.

- Transition. Les outils mobilisés pour la gestion des prélèvements diffus que nous allons présenter maintenant devront être adaptés au niveau d'information atteint : ainsi, les instruments individuels ne pourront fonctionner qu'en connaissant les prélèvements individuels (lieux de prélèvement et quantités d'eau extraites). A défaut, des outils collectifs pourront être instaurés mais en connaissant la quantité totale extraite et l'identité des préleveurs.

De manière générale, plus l'on se rapprochera d'une situation d'information complète, plus la gestion des problèmes diffus aura de chance de réussir.

LES OUTILS POUR GÉRER LES PRÉLÈVEMENTS OU POLLUTION DIFFUS(E)

Cinq moyens permettent de gérer les problèmes diffus (Salzman, 2005) : la prescription, la pénalité, le paiement, la propriété et la persuasion. Cette dernière ne sera pas décrite ici, relevant plus de l'information donnée aux préleveurs pour leur faire prendre conscience de leur impact sur l'état de la ressource et ne semblant pas capable, à elle seule, de modifier les comportements.

- La prescription. C'est l'outil mobilisé traditionnellement pour gérer l'eau : le gouvernement s'appuie ici sur des outils classiques de type « commande et contrôle », régulant les comportements, en autorisant certains, en interdisant ou en restreignant d'autres et en imposant des pénalités en cas de non respect des règles. La réglementation s'adresse ainsi aux pénuries structurelles, instaurant des quotas d'eau, définis en volume, en débit et/ou en temps. Elle prévoit aussi des autorisations nécessaires pour produire ou faire des investissements (comme réaliser des forages), qui impactent ensuite l'état de la ressource.

Si elle est notamment intéressante quand des actions individuelles peuvent mettre en péril une ressource, elle

¹ - CEMAGREF UMR G-Eau, 361 rue JF Breton, BP5095, 34196 Montpellier cedex 5, Tel : 04 67 04 63 04, marielle.montginoul@cemagref.fr

régule difficilement les problèmes diffus, qui impliquent un nombre important de forages et caractérisés souvent par un manque de savoirs et de données scientifiques. Elle a aussi des difficultés à intégrer les externalités et à dépasser les frontières administratives ou géographiques pour protéger une ressource.

- **La pénalité.** C'est un outil financier qui cherche, à travers le signal donné par la taxation, à induire le comportement désiré, sans l'imposer. Elle vise les préleveurs individuellement ou collectivement. La taxation individuelle porte sur la ressource en elle-même ou sur les dispositifs permettant d'y accéder (pompes, forages, énergie). Lorsqu'il n'est pas possible ou trop coûteux d'identifier individuellement les responsables, un instrument collectif est envisageable, comme une pénalité collective imaginé pour répondre à des problèmes de pollution diffuse (Segerson, 1988) : si un niveau piézométrique cible est dépassé, une sanction financière est due par toute exploitation présente sur le périmètre concerné.

- **Le paiement.** Il prend généralement la forme d'une subvention donnée à titre individuel ou collectif. Il a une dimension collective dès lors qu'il est attribué directement à un collectif ou qu'il n'entre en vigueur que si un minimum d'agriculteurs l'adopte. Cette dimension collective est d'autant plus importante à considérer que cet instrument, coûteux pour la puissance publique, est de nature incitative et qu'il nécessite d'atteindre un certain taux d'adhésion pour en ressentir les effets. Le paiement s'inscrit généralement dans le cadre d'accords, plus ou moins formalisés au travers de contrats, conclus uniquement entre des entités privées ou initiés par une entité publique.

- **Les droits de propriété.** Au lieu de définir des droits de propriété individuelle, le statut de ressource en propriété commune peut être reconnu en fixant des objectifs collectifs à atteindre aux individus géographiquement concernés. On parlera alors de « gestion locale », à savoir une régulation de l'usage de la ressource par des parties prenantes locales, c'est-à-dire des gouvernements locaux et des usagers de cette ressource (van Steenberg, 2006). Cette gestion locale crée ou développe le rôle des micro-institutions, susceptibles de réduire les coûts de la coordination des acteurs. Ces dispositifs micro-institutionnels « s'intercalent entre les règles du jeu globales balisant l'environnement institutionnel d'une part, et les agents d'autre part » (Ménard, 2003). Les associations d'usagers qui en découlent sont constituées autoritairement (suite à une législation dans ce sens), spontanément (les agriculteurs s'auto-organisant en vue de gérer l'accès à la ressource commune sans impulsion de l'Etat) ou via des incitations économiques.

CONCLUSION

Cet article décrit les différentes façons de révéler l'information manquante sur les prélèvements diffus et de les gérer (prescription, pénalité, paiement et propriété), en s'appuyant sur la littérature concernant ces derniers et les pollutions diffuses. Les instruments pour répondre à ces deux objectifs différents doivent être bien distingués, au risque sinon d'être inefficaces. Or il arrive souvent que l'on cherche à faire révéler de l'information avec un instrument qui ne le permet pas (mise en place d'associations d'agriculteurs pour connaître les quantités prélevées) ou à faire gérer une ressource à l'aide d'un outil conçu pour révéler l'information (via une tarification optionnelle).

De même on observe souvent des difficultés à faire appliquer les instruments envisagés. En particulier, la réglementation en vigueur en France est difficilement appliquée, sauf quand elle est une condition nécessaire à l'obtention d'aides : les mesures de type sanction prises par la police de l'eau relèvent au final d'un procureur qui classe souvent le dossier, rendant la mesure caduque et réduisant très fortement la crédibilité de cet outil. Les outils basés sur de la taxation ou des pénalités sont de leur côté très majoritairement rejetés : le législateur a été ainsi amené à encadrer le montant des redevances prélèvement des Agences de l'Eau réduisant de facto l'efficacité de cet instrument. D'où la mobilisation d'autres instruments, comme la création de groupements d'usagers qui seraient chargés de répartir une quantité d'eau. Mais, avant même leur mise en place, ces dernières sont contestées, accusées de devoir répartir une quantité d'eau très fortement réduite par rapport à la situation actuelle. Pourquoi pour faire accepter ces volumes réduits ne pas se tourner vers des arrangements coopératifs qui permettraient, de manière transitoire (le temps de « l'acculturation »), aux agriculteurs d'agir pour une gestion durable de la ressource plutôt que de régir aux nouvelles contraintes imposées par la puissance publique ?

RÉFÉRENCES

- MÉNARD, C., 2003 - L'approche néo-institutionnelle: des concepts, une résultats, Cahiers d'Economie Politique, 44, pp. 103-118
- SALZMAN, J., 2005 - Creating Markets for Ecosystem Services: Notes from the Field, New York University Law Review, 80, pp. 870-961
- SEGERSON, K., 1988 - Uncertainty and incentives for nonpoint pollution control, Journal of Environmental Economics and Management, 15, 1988/3, pp. 87-98
- VAN STEENBERGEN, F., 2006 - Promoting local management in groundwater, Hydrogeology Journal, 14, March, pp. 269-432