

Evolution des déséquilibres quantitatifs, adaptation aux changements climatiques et anthropiques au sein de deux hydrosystèmes méditerranéens : l'Hérault et l'Ebre

J. Fabre¹, D. Ruelland¹, A. Dezetter², B. Grouillet¹

¹CNRS, ²IRD, Laboratoire HydroSciences Montpellier, Montpellier, France

+33(0)4 67 14 90 19 – jfabre@um2.fr

1. Contexte et objectifs

Les évolutions climatiques et anthropiques récentes et à venir dans la région méditerranéenne posent la question de l'équilibre entre usages et ressources en eau dans les bassins versants. Cet équilibre dépend de l'évolution conjuguée de l'état quantitatif des ressources en eau et des usages anthropiques. Le travail présenté vise à comprendre les interactions entre usages et ressources en eau au sein d'hydrosystèmes anthropisés, en tenant compte des dynamiques spatio-temporelles de variables physiques et socio-économiques, et à analyser l'influence d'un large spectre de futurs possibles sur les déséquilibres quantitatifs et les stratégies d'adaptation envisagées.

L'étude porte sur une comparaison de deux hydrosystèmes méditerranéens contrastés : l'Hérault (France) et l'Ebre (Espagne). Le bassin du fleuve Hérault s'étend sur 2 500 km² avec un climat méditerranéen à influence cévenole. Majoritairement agricoles dans les années 1960, les usages de l'eau ont évolué rapidement face à la croissance démographique et au développement du tourisme. Près d'un tiers de la demande en eau est aujourd'hui associée à l'alimentation en eau potable de communes touristiques hors bassin. Les conditions climatiques sur le bassin de l'Ebre (85 000 km²) sont complexes du fait des influences contrastées de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée, ainsi que des différentes chaînes montagneuses, principalement les Pyrénées. Les régimes hydrologiques varient de nival à méditerranéen, en passant par pluvial océanique. Les usages de l'eau sont principalement liés à l'irrigation (92% des prélèvements en eau sur le bassin en 2007). Les principaux secteurs irrigués se situent dans la vallée semi-aride de l'Ebre et sont alimentés en eau par de nombreux barrages (264 sur le bassin) qui assurent le stockage des écoulements provenant des Pyrénées et des monts Cantabriques.

2. Reconstitution des évolutions passées des équilibres entre usages et disponibilité en eau

2.1. Schématisation du fonctionnement demandes/ressources et approche intégrative de modélisation

Des unités homogènes de ressource et de demande en eau (qui constituent des nœuds de ressource et de demande) ont été déterminées. Du point de vue de la ressource, il s'agissait particulièrement d'isoler les zones les plus contributives aux écoulements et de déterminer les barrages-réservoirs stratégiques pour la satisfaction des demandes en eau. Les hétérogénéités géographiques ont également été prises en compte, notamment les contrastes climatiques ou d'occupation du sol. Une chaîne de modélisation intégratrice a été développée et appliquée dans un premier temps sur une période rétrospective de quatre décennies (1971–2009), avec pour objectif de caler/valider les différents modules au pas de temps décennaire, et de représenter et comprendre les dynamiques passées des hydrosystèmes. La chaîne de modélisation comporte trois composants :

- la simulation des ressources en eau :

Un modèle hydrologique conceptuel (GR4j) a été utilisé pour simuler les écoulements naturels pour chaque unité hydrologique déterminée lors de la schématisation des bassins, à partir des forçages

climatiques. Les dynamiques de stockage/restitution des principaux barrages ont été prises en compte à travers l'implémentation d'un modèle de gestion de barrage piloté principalement par les besoins d'irrigation et les contraintes de gestion.

- la représentation dynamique des demandes en eau :

Les demandes en eau ont été simulées au pas de temps décadaire par nœud de demande pour les trois secteurs principaux d'usages : la demande domestique liée à la population permanente et touristique, la demande industrielle et énergétique, et la demande agricole liée à l'irrigation. La demande en eau domestique a été estimée à partir de données de population et de consommation unitaire en eau et la demande en eau agricole a été simulée à partir de données sur les sols, les types de cultures, les pratiques agricoles (surfaces irriguées, efficacité hydraulique) et les conditions climatiques.

- l'évaluation des équilibres usages-ressources en eau et les indicateurs de vulnérabilité :

L'évolution des équilibres entre usages et ressources a été évaluée par la confrontation des ressources disponibles et des demandes en eau en chaque nœud des schémas fonctionnels des hydrosystèmes.

2.2. Analyse de la période de référence passée (1971–2009)

La saisonnalité et les variations interannuelles des débits observés et des niveaux de réserve des barrages sont reproduits de manière satisfaisante sur les deux bassins versants. La comparaison des évolutions de débits naturels et influencés permet de comparer l'impact relatif des facteurs climatiques et anthropiques dans la baisse des débits observée dans les deux bassins (-40% environ entre 1971–1980 et 1981–2009 à l'exutoire des deux bassins). Les pressions anthropiques expliqueraient 3% et 20% de la baisse de débits observée après 1980 sur l'Hérault et l'Ebre respectivement.

Dans le bassin versant de l'Hérault les besoins d'irrigation de la vigne présentent une tendance à l'augmentation et une forte variabilité interannuelle. La satisfaction de cette demande apparaît sensible à la variabilité hydro-climatique, néanmoins les améliorations d'efficacité de l'irrigation dans le secteur de Gignac dans les années 2000 ont contribué à limiter les déficits. Un déséquilibre quantitatif apparaît dans la basse vallée de l'Hérault dans les années 2000, du fait de l'augmentation des demandes agricole et urbaine combinée à la baisse des débits naturels. Dans le bassin versant de l'Ebre un fort contraste ressort entre les secteurs de la rive droite, en fort déséquilibre quantitatif durant toute la période étudiée, et la rive gauche de l'Ebre, qui bénéficie de la régulation des écoulements pyrénéens et cantabriques. Dans certains secteurs de la rive gauche, la demande en eau agricole a largement augmenté (du fait principalement à l'expansion des surfaces irriguées), dépassant la capacité de stockage et donc la ressource disponible.

Malgré une forte sensibilité de certains secteurs clé du bassin de l'Hérault à la variabilité hydro-climatique, les déséquilibres entre usages et disponibilité de l'eau apparaissent plus marqués dans le bassin de l'Ebre, du fait de conditions climatiques plus déficitaires et d'une forte pression agricole sur les ressources en eau. Néanmoins sur l'Ebre un certain nombre de secteurs irrigués, qui concentrent 60% des demandes en eau liées aux larges systèmes d'irrigation, apparaissent à l'équilibre. La demande en eau agricole du secteur de Gignac représente, en comparaison, 70% de la demande agricole totale du bassin de l'Hérault en moyenne entre 1971 et 2009.

3. Projections des évolutions d'équilibres entre ressources et demandes en eau à l'horizon 2050 : scénarios tendanciels d'usages de l'eau et prise en compte de l'incertitude climatique

3.1. Construction des scénarios de disponibilité et de demandes en eau et combinaisons testées

La chaîne de modélisation a ensuite été appliquée sous quatre combinaisons de scénarios climatiques et d'usages de l'eau, afin de différencier les impacts climatiques et anthropiques sur la capacité à satisfaire les demandes en eau et le niveau de pression anthropique sur les ressources et les milieux:

- un scénario de référence;
- un scénario de changement climatique seul ;
- un scénario de changement d'usages seul;
- un scénario de changement d'usages et de climat.

Des simulations climatiques du dernier exercice du GIEC ont été utilisées pour générer 18 scénarios climatiques à l'horizon 2050, et un scénario tendanciel des usages de l'eau a été proposé sur la base de tendances démographiques et socio-économiques locales. Des débits environnementaux seuils, en-dessous desquels les prélèvements sont strictement limités, ont également été pris en compte. Des indicateurs caractérisant la fréquence et l'intensité des déficits entre demande et disponibilité en eau ont été calculés pour chaque combinaison de scénarios.

3.2. Projections hydro-climatiques et de demandes en eau

Les résultats des projections climatiques montrent une tendance claire à l'augmentation des températures, particulièrement marquée en été (jusqu'à +4.8°C sur l'Hérault et +4.6°C sur l'Ebre). Les projections de précipitations sont plus incertaines et diffèrent entre les 18 scénarios considérés. Cependant dans les deux bassins l'ensemble des modèles convergent vers une baisse des précipitations de printemps et d'été. Les changements climatiques simulés ont pour conséquence des évolutions dans les débits naturels simulés : alors que les scénarios divergent pour l'automne, l'hiver et le printemps, ils convergent vers une baisse des débits d'été allant de 15 à 55% sur l'Hérault et de 5 à 35% sur l'Ebre.

Les projections de demandes en eau sur le bassin de l'Hérault sont contrastées entre les zones amont et aval. Malgré une hausse de la demande agricole dans certaines zones amont, celle-ci resterait faible comparativement aux zones aval. Dans le scénario tendanciel l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation dans le secteur de Gignac permet une baisse de 50% de la demande agricole, malgré une augmentation de 65% des surfaces irriguées. En revanche une augmentation de 90% des surfaces irriguées dans la basse vallée de l'Hérault mène à un doublement de la demande agricole. Les changements climatiques et les changements d'usages projetés pourraient avoir un impact comparable sur la demande en eau.

La demande en eau agricole devrait augmenter pour tous les nœuds de demande du bassin de l'Ebre et dans tous les scénarios, sauf dans les systèmes irrigués de Bardenas, Alto Aragon et la Vallée de l'Ebre où certains scénarios de changements climatiques pourraient induire une baisse de la demande en eau, à surfaces irriguées constantes. Dans les systèmes irrigués où le scénario tendanciel prévoit une forte hausse des surfaces irriguées (comme le Delta de l'Ebre), les changements anthropiques pourraient avoir davantage d'impact sur l'évolution des demandes agricoles que les changements climatiques.

3.3. Evolution de la satisfaction des demandes en eau et des pressions sur les milieux aquatiques

Dans les conditions de référence les débits mensuels objectifs pourraient être respectés dans les deux bassins, impliquant néanmoins des restrictions fréquentes sur les prélèvements dans plusieurs nœuds de demande. De plus face aux projections hydro-climatiques et de demandes en eau la durabilité des usages est mise en question sur les deux bassins. Les restrictions sur les prélèvements pourraient en effet devenir plus fréquentes et plus intenses, et la pression sur les milieux aquatiques devrait s'intensifier.

Dans certains secteurs les évolutions d'usage pourraient être la principale cause de l'apparition de déséquilibres quantitatifs: dans quatre grands systèmes irrigués du bassin de l'Ebre les usages actuels

pourraient être durables sous des conditions de changements climatiques, néanmoins en combinant le scénario tendanciel d'usages de l'eau avec les projections de changements climatiques, d'importants déséquilibres quantitatifs apparaissent.

4. Efficacité et robustesse de mesures d'adaptation visant à résorber les déséquilibres quantitatifs

4.1. Analyse de sensibilité : évaluation de l'efficacité et de la robustesse de mesures individuelles

Pour évaluer les mesures d'adaptation sous changement climatique, une analyse de sensibilité aux principaux facteurs d'évolution de la demande et aux règles de gestion des barrages a été préalablement réalisée. L'efficacité est définie comme la baisse moyenne (entre les 18 scénarios climatiques) de fréquence de déficit induite par la mesure d'adaptation. La robustesse à l'incertitude climatique de l'adaptation est évaluée à travers le nombre de scénarios climatiques dans lesquels la mesure d'adaptation induit une baisse de la fréquence des déficits.

L'efficacité et la robustesse de mesures individuelles restent limitées dans la plupart des cas, et dépendent fortement des caractéristiques des zones considérées : usages dominants, capacité de stockage, etc. Les usages et les ressources étant plus connectés et interdépendants dans le bassin de l'Ebre (avec de nombreux transferts et un niveau élevé d'exploitation de la ressource), les mesures appliquées de manière uniforme sur l'ensemble du bassin pourraient avoir des conséquences inattendues du fait des relations amont-aval.

4.2. Efficacité et robustesse de deux scénarios d'adaptation

Des scénarios d'adaptation combinant les mesures d'adaptation les plus sensibles ont été construits à titre d'exemple et testés avec l'ensemble de la chaîne de modélisation. Ils incluent notamment une stabilisation des surfaces irriguées dans les deux bassins, une stagnation de la population desservie par le transfert d'eau hors du bassin de l'Hérault, une baisse de 30% de la demande domestique unitaire, et une baisse de 20% des débits seuils environnementaux.

Ces scénarios pourraient réduire sensiblement le stress hydrique. En plus d'une réduction de la fréquence et de l'intensité des limitations de prélèvements, les scénarios d'adaptation mènent à une baisse de la consommation nette (et donc de la pression anthropique sur les milieux) en pourcentage des ressources naturelles, malgré la baisse des débits seuils environnementaux. Néanmoins, leur robustesse semble insuffisante au regard des incertitudes liées aux projections de changement climatique testées.

Conclusion

Une modélisation intégrative des équilibres entre ressources et demandes en eau a permis d'analyser les liens entre usages et ressources en eau au sein de deux hydrosystèmes anthropisés, et d'analyser l'influence d'un large spectre de futurs possibles sur les déséquilibres quantitatifs et les stratégies d'adaptation envisagées. Malgré une forte sensibilité de certains secteurs clé du bassin de l'Hérault à la variabilité hydro-climatique, les déséquilibres apparaissent actuellement plus marqués dans le bassin de l'Ebre, du fait de conditions climatiques plus déficitaires et d'une forte pression agricole sur les ressources en eau. Face aux projections hydro-climatiques et de demandes en eau, la durabilité des usages est mise en question sur les deux bassins : les restrictions sur les prélèvements pourraient devenir plus fréquentes et plus intenses, et la pression sur les milieux aquatiques devrait s'intensifier. L'efficacité et la robustesse des mesures d'adaptation testées restent limitées dans la plupart des cas et diffèrent pratiquement au cas par cas. Les usages et les ressources étant plus connectés et interdépendants dans le bassin de l'Ebre, les mesures appliquées de manière uniforme sur l'ensemble du bassin pourraient avoir des conséquences inattendues dans certains secteurs.