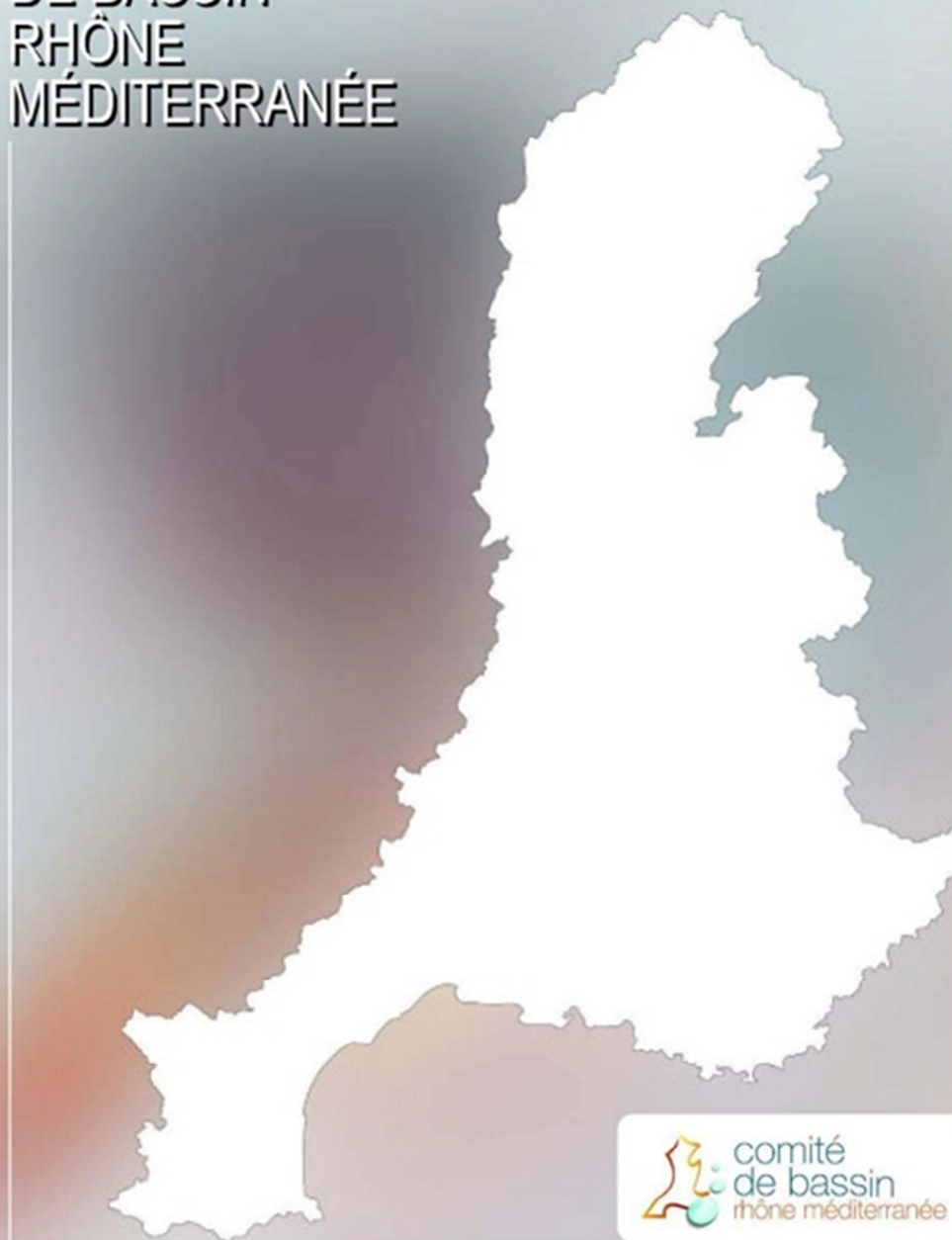


CONSEIL
SCIENTIFIQUE
DU COMITÉ
DE BASSIN
RHÔNE
MÉDITERRANÉE



**AVIS ET RECOMMANDATIONS SUR L'INTERET ECONOMIQUE
A MOYEN ET LONG TERME DE LA SUBSTITUTION DES PRELEVEMENTS
PAR STOCKAGE OU PAR TRANSFERT DE L'EAU**

Mars 2020

Rappels des éléments de contexte ayant conduit à la production de ce document

Le conseil scientifique du comité de bassin a été saisi le 5 septembre 2018 par le président du comité de bassin pour formuler un avis et des recommandations sur l'intérêt économique de la substitution des prélèvements par transfert ou stockage d'eau.

Lors de la séance du 9 juillet 2016, le bureau du comité de bassin Rhône-Méditerranée avait émis le souhait d'apporter un éclairage sur les bénéfices et les coûts en jeu dans la mise en œuvre du programme de mesure 2016-2021.

La substitution des prélèvements peut être temporelle, via une infrastructure de stockage d'eau, ou géographique, via une infrastructure de transfert d'eau. Le SDAGE insiste donc sur l'importance d'aborder la question de l'intérêt économique de ce type d'infrastructure pour s'assurer de leur durabilité dans un contexte de changement climatique (capacité de remplissage, pérennité des usages...). De même, l'instruction du Gouvernement du 4 juin 2015 relative au financement par les agences de l'eau des retenues de substitution fixait une exigence en termes d'analyse économique pour ces infrastructures, réitérée par la nouvelle instruction gouvernementale du 7 mai 2019 sur les Projets de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE).

Afin de progresser sur l'évaluation des coûts et des bénéfices environnementaux du programme de mesures, un groupe de travail du comité de bassin Rhône-Méditerranée a été constitué. Parmi les sujets traités par ce dernier, la dimension économique de la substitution des prélèvements a fait l'objet de nombreux échanges.

A l'issue de son travail, le comité de bassin Rhône-Méditerranée a souhaité solliciter l'avis du conseil scientifique sur la question de l'intérêt économique sur le moyen et long terme de la substitution des prélèvements, par transfert ou par stockage de l'eau.

La saisine du 5 septembre 2018 précise les questions sur lesquelles le comité de bassin attend plus particulièrement un éclairage de son conseil scientifique :

- dans quelle mesure et à quelles conditions (capacité de remplissage, pérennité des usages, valeur ajoutée produite...) l'intérêt économique de la substitution des prélèvements, par transfert ou stockage de l'eau, est-il effectif, dans un contexte d'accentuation des effets du climat ?
- quelles recommandations, points de vigilance peuvent être formulées pour la conception et la mise en place de tels ouvrages, et pour la manière de les évaluer au plan économique (possibles évolutions du cadre d'analyse existant) ?

Pour faciliter l'élaboration de son avis, le conseil scientifique a pu s'appuyer sur un bilan des connaissances sur l'intérêt économique de la substitution élaboré par l'agence de l'eau, à partir d'une revue de la littérature existante sur l'opportunité économique et la récupération des coûts et diverses études de cas.

Le contenu de l'avis et des recommandations du conseil scientifique est exposé dans les pages suivantes.

AVIS ET RECOMMANDATIONS SUR L'INTERET ECONOMIQUE A MOYEN ET LONG TERME DE LA SUBSTITUTION DES PRELEVEMENTS PAR TRANSFERT OU PAR STOCKAGE DE L'EAU

L'horizon climatique, plus sombre à chaque mise à jour, et la répétition récente d'épisodes de sécheresse et de canicule, exigent de poursuivre les réflexions et les actions visant à assurer durablement la disponibilité et le partage de la ressource en eau.

La problématique du transfert et du stockage de l'eau s'inscrit de très longue date dans l'histoire de la gestion de l'eau comme un des leviers d'action possibles pour améliorer l'accès à la ressource. Dans un contexte sociétal marqué en permanence par les concurrences entre les usages et entre les approches à suivre pour répondre aux tensions sur les ressources, l'encadrement législatif et financier de ce levier a constamment accompagné le développement des politiques publiques relatives à la gestion de l'eau.

De telles infrastructures ont des conséquences aux différentes échelles territoriales concernées, du territoire de proximité au bassin versant dans son ensemble, tant en matière de disponibilité en eau pour les autres usagers consommateurs actuels et futurs que pour les milieux. La question de leur opportunité doit ainsi s'inscrire dans une « équation territoriale » particulièrement complexe à résoudre cherchant à harmoniser l'ensemble des enjeux cumulés dans les territoires, à ces différentes échelles, enjeux qui peuvent également être portés par différentes politiques sectorielles (nexus agriculture, énergie, alimentation, biodiversité, adaptation aux changements climatiques, lutte contre les pollutions, ...).¹ Cette question doit être posée en se plaçant du point de vue de l'intérêt général, pour la collectivité dans son ensemble, et pas seulement en fonction d'intérêts privés ou de points de vue particuliers, afin de mieux estimer le caractère admissible et souhaitable des solutions proposées.

Dans un premier temps en préambule, le présent avis retrace, à grands traits, les évolutions de l'encadrement législatif et réglementaire de ce levier. Il tente de dégager quelques caractéristiques significatives de ce cheminement mouvementé marqué par le moratoire de 2012 sur la création de retenues de substitution, levé dans l'instruction du 4 juin 2015 (référence principale de la saisine), elle-même remplacée par celle du 7 mai 2019 qui place la prise de décision au sein des *projets de territoire*. Les projets de territoires constituent un outil d'association à la prise de décision de l'ensemble des acteurs du territoire concerné par une retenue de substitution. Ils sont désormais incontournables pour l'accompagnement financier de la création d'ouvrages.

Un deuxième temps s'attache à la mise en perspective des différentes solutions envisageables pour faire face aux pénuries d'eau récurrentes dans le secteur agricole en contexte de changement climatique. Il rappelle de manière synthétique la typologie simple et classique des réponses possibles aux situations de pénurie « chronique » ainsi que les avantages et inconvénients de ces différents types de réponse, avec un focus sur le cas de l'Espagne.

¹ Flourey, M., Chandèsris, A. and Souchon, Y. (2020). Réservoirs Biologiques du bassin Rhône Méditerranée. Analyse de contexte et perspectives. INRAE, Riverly, Lyon Villeurbanne. Agence de l'eau Rhône Méditerranée, Dreal ARA, 105 p.

Enfin est développée la question de l'intérêt économique, à moyen et long terme, de la substitution des prélèvements par transfert ou stockage d'eau, qui est le cœur de la saisine. L'analyse économique consiste à identifier les acteurs impliqués, recenser l'ensemble des avantages et des inconvénients que représentent pour eux les différentes alternatives et, si possible, les monétariser. Ce dernier chapitre aborde les difficultés qui doivent être levées pour procéder à l'évaluation économique d'un projet de substitution et qui sont donc autant de points de vigilance à prendre en considération. Pour l'essentiel, elles concernent : (i) la définition du périmètre concerné dont les contours devraient correspondre à l'ensemble des usages et des entités impliquées; (ii) la nécessaire prise en compte de la dimension temporelle pour transformer les valeurs monétaires en valeurs économiques et des risques associés à chaque solution ; (iii) enfin l'obligation de raisonner en intégrant les incertitudes et les irréversibilités de la solution de substitution. La prise en compte de ces trois composantes permet de préciser le cadre de l'action publique de soutien à ces infrastructures, en particulier via les financements des agences de l'eau.

1) Préambule : le cadre législatif et réglementaire

Ce préambule présente des définitions des différents concepts, notamment de la notion de retenue de substitution telle qu'elle est comprise par la réglementation. Il aborde ensuite un objectif clé de la législation française (et européenne) : l'équilibre et la répartition des eaux qui en découle. Il termine par la présentation d'un cadre législatif nouveau dans lequel doit s'inscrire tout nouveau projet d'infrastructure sur l'eau : le projet de territoire.

1.1) Régime général

Selon la définition retenue par l'administration, les retenues de substitution sont des « *ouvrages artificiels permettant de substituer des volumes prélevés en période hors étiage à des volumes prélevés à l'étiage. Les retenues de substitution permettent de stocker l'eau par des prélèvements anticipés ne mettant pas en péril les équilibres hydrologiques, biologiques et morphologiques, elles viennent en remplacement de prélèvements existants : c'est la notion de substitution* » (Instruction du Gouvernement du 4 juin 2015 relative au financement par les agences de l'eau des retenues de substitution : BO MEDDE - MLETR n°2015/11 du 25 juin 2015).

Au-delà de cet aspect technique, ces retenues participent de l'aménagement du territoire en tant que projets qui « *visent à mettre en œuvre une gestion quantitative de la ressource en eau reposant sur une approche globale de la ressource disponible par bassin versant. Le projet de territoire est un engagement entre les acteurs de l'eau permettant de mobiliser à l'échelle d'un territoire les différents outils qui permettront de limiter les prélèvements aux volumes prélevables et donc de respecter une gestion quantitative équilibrée de la ressource en eau en prenant en compte la qualité chimique et écologique des milieux aquatiques et en s'adaptant à l'évolution des conditions climatiques, tout en visant à accroître la valeur ajoutée du territoire* » (Instr. du 4 juin 2015, préc.).

Bien que l'instruction du 4 juin 2015 soit maintenant abrogée, les définitions de la substitution restent et l'instruction du 7 mai 2019, désormais en vigueur et qui met l'accent sur les projets de territoire pour la gestion de l'eau (cf. paragraphe 0.3 ci-dessous), mentionne explicitement dans son annexe 2 une définition cohérente avec la précédente : « *le volume de substitution est le volume des prélèvements en période de basses eaux et qui sera prélevé en période de hautes eaux ou transféré depuis une ressource qui n'est pas en déficit* ».

Les retenues de substitution n'ont pas toujours été inscrites dans un projet de territoire éligible à ce titre aux aides des agences de l'eau. Elles n'ont d'abord été envisagées que comme un ouvrage de stockage d'eau, relevant à ce titre de la réglementation sur l'eau et les milieux aquatiques (voir annexe 1 pour plus de détails).

1.2) Equilibre et répartition des eaux

La recherche d'équilibre historiquement présente dans la réglementation (voir annexe 2) est renforcée par le régime du financement des projets de retenues : ainsi, l'article 46 du règlement n° 1305/2013 du 17 décembre 2013 relatif au soutien au développement rural par le Fonds européen agricole pour le développement rural (Feader) pour la période 2014-2020 autorise le financement d'investissements contribuant à la résorption des déséquilibres ou au développement des surfaces irriguées, selon des conditions variables en fonction de l'état quantitatif des masses d'eau où sont réalisés les prélèvements. Les conditions de financement ont été développées dans les « *lignes directrices de l'Union européenne concernant les aides d'État dans les secteurs agricole et forestier et dans les zones rurales 2014-2020* » du 1^{er} juillet 2014, qui distinguent les conditions de financement de l'irrigation dans des zones nouvellement ou déjà irriguées de celles qui ne sont pas irriguées, mais dans lesquelles une installation d'irrigation a fonctionné dans un passé récent et qui peuvent être considérées « *comme des zones irriguées aux fins de la détermination de l'augmentation nette de la zone irriguée* ».

Enfin, depuis le 1^{er} janvier 2017, en ce qui concerne l'irrigation, « *une aide peut être versée uniquement par les États membres qui garantissent, pour le bassin hydrographique dans lequel a lieu l'investissement, une contribution des différents utilisateurs d'eau à la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau par le secteur agricole conformément à l'article 9, paragraphe 1, premier alinéa, de la directive 2000/60/CE, en tenant compte, le cas échéant, des conséquences sociales, environnementales et économiques de la récupération ainsi que des conditions géographiques et climatiques de la ou des régions concernées* ». Le maître mot reste celui d'économiser de l'eau, puisque l'investissement dans les zones nouvelles irriguées « *doit garantir une réduction effective de la consommation d'eau, au niveau de l'investissement, représentant au moins 50 % de l'économie d'eau potentielle rendue possible par l'investissement* ».

Cette philosophie marque la politique des agences de l'eau. Ainsi, « *sur l'ensemble du bassin, les interventions financières de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse en faveur des économies d'eau en irrigation et des ouvrages de substitution (retenues, réseaux de transfert à partir de ressources non déficitaires) s'inscrivent dans le cadre des Plans de Développement Rural Régionaux (PDRR) 2014- 2020. Dans les PDRR des régions du sud du bassin (Occitanie, PACA) le caractère collectif des projets de substitution portés par les irrigants est une condition d'attribution des aides. Le programme d'intervention de l'Agence 2013-2018 « Sauvons l'eau » cible d'ores et déjà les territoires identifiés par le SDAGE comme devant faire l'objet d'actions pour résorber les déséquilibres quantitatifs (territoires en marron) ou préserver les équilibres quantitatifs (territoires en jaune) et atteindre le bon état des eaux, qu'ils soient ou non classés en ZRE² » (note DREAL AuRA, préc., juin 2017³).*

Ce zonage particulier dessine incidemment un nouveau territoire de l'eau, un territoire fonctionnel qui va trouver sa formalisation avec le « projet de territoire », dessiné par l'instruction du 4 juin 2015, relative au financement par les agences de l'eau des retenues de substitution et affirmé par l'Instruction du Gouvernement du 7 mai 2019 relative au projet de territoire pour la gestion de l'eau.

1.3) Projet de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE)

Au contraire d'une gestion trop souvent top-down, la notion de projet de territoire en appelle au renforcement de la co-construction des politiques publiques et à la mise en responsabilité de tous les acteurs. Originellement la loi LOADDT du 25 juin 1999 définit le projet de territoire à la fois comme un document et un guide d'action publique locale qui « *vise à conduire un diagnostic du territoire en mobilisant les acteurs.rice.s de celui-ci (économiques, associatif.ve.s, citoyen.ne.s) et les partenaires institutionnel.le.s (Etat, Région, Département), et à déterminer une stratégie territoriale en identifiant des orientations stratégiques et en les priorisant* ». Avant cette loi, les Parcs naturels régionaux avaient déjà utilisé cette notion de projet de territoire qui leur a permis, par le moyen de la co-rédaction de charte, d'accompagner avec succès les mutations de l'espace rural.

Un territoire, différent de l'espace géographique délimité qui n'en est que le support physique, est donc un espace institué. Sa définition est inséparable de l'instance politique qui se donne pour tâche de l'administrer. Aussi bien, parler de projet de territoire pour la gestion de l'eau implique que l'ensemble des acteurs de cet espace hydro-géographique s'accordent pour déléguer leur pouvoir à une instance représentative de leurs intérêts divers, qui pourra délibérer des meilleures mesures à mettre en œuvre pour la gestion de l'eau en tant que bien commun.⁴

2 ZRE : Zone de Répartition des Eaux.

3 DREAL Rhône-Alpes, Classement en zone de répartition des eaux (ZRE). Quels critères et quelles conséquences ?, juin 2017, <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/ZRE/20170614-RAP-CadrageClassementZre-V02.pdf>.

4 Pierron J.-P., Harpet C., 2017. *Écologie politique de l'eau. Rationalités, usages et imaginaires*. Actes du colloque de Cerisy, Paris : Eds. Hermann, 594 p.

Le Comité de Pilotage du PTGE sera cette instance, dont le cœur sera constitué de la Commission locale de l'Eau, quand elle existe, sauf avis contraire de sa part, et *élargie (...) notamment aux représentants de filières économiques* (instruction du 4 juin 2015, reprise dans celle du 7 mai 2019). Cette attention particulière vis-à-vis des filières souligne la priorité que l'Etat veut voir accorder aux activités marchandes et à l'emploi.

A la suite du rapport Bisch de mai 2018⁵ (voir annexe 3 pour plus de détails) et afin d'accélérer la mise en place des projets de territoire pour la gestion de l'eau, l'instruction du 7 mai 2019 a précisé les outils d'accompagnement existants pour les services et les porteurs de projets et proposé les leviers à mobiliser dans le programme d'actions des PTGE. Au titre des préoccupations du présent avis du Conseil scientifique, on retiendra essentiellement :

- L'annexe 2, qui insiste sur l'importance des analyses économiques et financières pour le projet, et qui précise l'accompagnement financier par les agences de l'eau conformément à leurs programmes d'intervention : *« elles pourront accompagner dans les bassins en déficit quantitatif, la création d'ouvrages de stockage ou de transfert prévue le cas échéant dans le PTGE qui traduisent une diminution de la pression sur la ressource en eau et une résorption des déficits quantitatifs des territoires »*. Toutefois, *« les financements seront limités, pour les ouvrages à vocation d'irrigation agricole, aux seuls ouvrages ou parties d'ouvrage correspondant à la substitution des volumes prélevés à l'étiage par des volumes prélevés en période de hautes eaux ou en provenance d'autres masses d'eau. »*. Un sort particulier est réservé aux ouvrages multi-usages (eau potable, soutien d'étiage, irrigation, ...) : les agences de l'eau pourront éventuellement financer des parties d'ouvrage allant au-delà de la substitution, dans des conditions encadrées notamment par le projet de territoire. Pour pouvoir bénéficier de ces aides, les infrastructures de stockage ou de transfert d'eau *« doivent avoir été incluses dans une analyse économique du programme d'actions permettant d'en apprécier l'opportunité économique », « avoir fait l'objet d'une analyse financière permettant d'évaluer la durabilité financière de l'infrastructure », ainsi que d'une analyse de récupération des coûts »*.
- L'annexe 4 sur les actions du PTGE, qui décrit les contraintes et les leviers auxquels doit répondre un PTGE : anticipation et adaptation au changement climatique en prenant en compte le plan d'adaptation au changement climatique des bassins et plus globalement les stratégies nationale et régionales ; recherche de sobriété et d'optimisation des différents usages par la réduction de la vulnérabilité des activités du territoire à la disponibilité de l'eau ; dimensionnement des ouvrages de stockage en tenant compte des évolutions attendues du climat ; stockage d'eau ou transfert possibles lorsqu'ils contribuent à l'atteinte de l'équilibre entre besoins et ressources dans la durée, dans le respect de la bonne fonctionnalité des écosystèmes aquatiques. Sur ce dernier point, on pourra relever que le cadre législatif concerne historiquement d'abord les « eaux douces continentales », mais qu'il doit être compris comme s'adressant également aux eaux marines et aux écosystèmes qu'elles hébergent dont la bonne fonctionnalité fait partie des objectifs à tenir, tout particulièrement au moment de la montée en puissance de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin).⁶

5 Bisch P-E. (dir) 2018. Cellule d'expertise relative à la gestion quantitative de l'eau pour faire face aux épisodes de sécheresse, rapport CGEDD et CGAAER n°011865, <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-32074-rapport-bisch-projet-territoire-gestion-quantitative-eau-agriculture.pdf>

6 Costanza R., 1999. "The ecological, economic, and social importance of the oceans", *Ecological Economics*, 31, p. 199-214.

- Au titre des leviers à mettre en œuvre, le PTGE doit comprendre un volet de recherche de sobriété et d'optimisation des différents usages de l'eau (économies d'eau, maîtrise des consommations, diagnostics, amélioration de l'efficacité de l'usage de l'eau et modernisation des réseaux). Il doit également étudier les leviers pour améliorer l'offre sans prélèvements d'eau supplémentaires : optimisation de l'usage de tous les ouvrages de stockage existants (optimisation de la gestion, analyse des usages, travaux) et recyclage pour des usages adaptés dans le respect de la réglementation sanitaire. L'objectif d'atteinte de l'équilibre des besoins au regard des ressources disponibles peut également se traduire par des solutions relatives à l'offre en eau (stockage ou transfert d'eau, y compris pour l'irrigation ou le soutien d'étiage). L'instruction recommande de considérer les solutions fondées sur la nature, comme la restauration des zones humides, la « désartificialisation » des sols, la restauration de la qualité des sols afin d'améliorer leur perméabilité, l'infiltration des eaux pluviales, et leur résilience face à la sécheresse, la revitalisation des cours d'eau.
- L'annexe 5, qui donne les lignes directrices relatives au partage des ressources et à la détermination des volumes. Le PTGE favorise les solutions apportant le plus d'aménités environnementales positives et facteurs de résilience du territoire et privilégie autant que possible les solutions multi-usages ; les volumes des prélèvements d'eau sont déterminés dans le respect des fonctions ou intérêts énumérés à l'article L. 211-1 du code de l'environnement. Dans les ZRE, les volumes prélevables globaux sont établis selon la circulaire du 30 juin 2008, qui reste donc le dispositif de référence ; il s'agit là de la seule référence résiduelle aux volumes prélevables, sachant que le PTGE peut se traduire par des modifications des arrêtés d'autorisation de prélèvements pour les différents usages. Par ailleurs, les volumes d'eau par usage doivent être compatibles avec le SDAGE et le SAGE quand il existe, dans le respect des équilibres hydrologiques, biologiques et morphologiques ; en l'absence de SAGE ou de répartition de volumes par le SAGE, le PTGE doit aboutir à la répartition, sur toute l'année, des volumes d'eau par usage. Enfin, lorsqu'un OUGC⁷ existe et conformément aux modalités de répartition prévues par son règlement intérieur, il propose une répartition qui tient compte des actions du PTGE.

⁷ OUGC : Organisme Unique de Gestion Collective = structure qui a en charge la gestion et la répartition des volumes d'eau prélevés à usage agricole sur un territoire déterminé.

2) Les réponses possibles en contexte climatique tendant à augmenter les besoins en eau d'irrigation

Les épisodes de sécheresse sont de plus en plus fréquents. Ce chapitre dresse un bref état des lieux des conséquences pour l'agriculture, des solutions qui peuvent être proposées pour y faire face et des avantages et inconvénients possibles. Pour cela, il poursuit un triple objectif, ce qui structure son déroulé :

1. documenter les difficultés et pertes diverses que connaît l'activité agricole face aux événements de sécheresse, ainsi que leur caractère éventuellement récurrent dans la dernière décennie pour montrer la réalité de ces difficultés ;
2. présenter la typologie des réponses possibles aux situations de pénurie « chronique » et, à grands traits, les avantages et inconvénients de ces différents types de réponse ;
3. illustrer quelques effets pervers de la régulation par l'offre (en particulier à partir du cas de l'Espagne).

2-1) Les pertes agricoles dues aux sécheresses dans les dernières années

Les concepts d'Eau Bleue et d'Eau Verte (Falkenmark M. and Rockström, 2006)⁸ peuvent être utiles pour aborder la notion de sécheresse. Ils proposent de différencier les deux types de devenir des précipitations ; l'Eau Verte définie comme l'eau stockée dans les sols à disposition des plantes et l'Eau Bleue définie comme l'eau qui suit un écoulement jusqu'à une nappe, une rivière, ou un barrage. A partir de ces acceptions, trois principaux types de sécheresse peuvent être différenciés :

- La sécheresse *météorologique* relative aux précipitations : elle survient lorsqu'il ne pleut pas durant une longue période et s'évalue de manière relative par rapport à des valeurs de précipitations⁹ moyennes ou normales (*ie* en général calculées sur 30 ans) ;
- La sécheresse des sols (*pédologique*) relative à l'Eau Verte : elle traduit un déficit hydrique superficiel (1 à 2 mètres de profondeur) en relation avec un faible niveau pluviométrique et avec la consommation en eau par la végétation qui puise l'eau du sol pour satisfaire l'évapotranspiration¹⁰ ;
- La sécheresse *hydrologique* relative à l'Eau Bleue : elle se caractérise dans l'espace et le temps par des niveaux très bas pour les nappes phréatiques, les lacs et de faibles débits pour les rivières et les fleuves.

La sécheresse météorologique induit des sécheresses des sols et hydrologiques mais les rapports entre ces deux dernières peuvent être différents en fonction des contextes géographiques et des interventions humaines notamment des pratiques et des aménagements hydro-agricoles. Les retenues de substitution peuvent être interprétées comme des ouvrages opérant une transformation d'eau bleue en eau verte.

On note une fréquence accrue des épisodes de sécheresse de type météorologique : Pointet (2017)¹¹ relève ainsi que « *l'hiver 2016-2017 a été marqué par un déficit pluviométrique exceptionnel sur le second semestre 2016 et des pluies variables d'une région à l'autre en 2017. C'est l'une des 4 années hydrologiques les moins arrosées depuis 1959, année du début des relevés réguliers des précipitations sur un grand nombre de stations* ».

8 Falkenmark M., Rockström J., 2006. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132, 3, pp.129-132, doi 10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129)

9 On peut trouver des informations concernant les sécheresses et les conséquences du réchauffement climatique sur le site de Météo France : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-secheresses>.

10 Le projet ClimSec a étudié l'impact du changement climatique sur la sécheresse et sur l'eau du sol en France en s'appuyant sur la réanalyse de la chaîne hydrométéorologique SAFRAN-ISBA-MODCOU (SIM) depuis 1958. Cf. Soubeyroux J.-M., Kitova N., Blanchard M., Vidal J.-P., Martin E., Dandin P., 2012. Sécheresse des sols en France et changement climatique. *La Météorologie*, 78, pp 21-30.

11 Pointet T., 2017. Sécheresse hydrologique : quelles conséquences ? *La Houille Blanche*, n° 2, pp 73-74.

D'un point de vue plus global, selon le 5^{ème} rapport du GIEC ^{12,13}, les évolutions passées et projetées indiquent une baisse des précipitations et surtout une hausse des températures qui accentuent les déficits hydriques climatiques sur le sud du continent et en zone méditerranéenne.

Ces épisodes ont des conséquences économiques. Ainsi, le bilan des connaissances réalisé par l'agence de l'eau (Pantarotto, 2019) ¹⁴ fournit quelques valeurs de l'impact économique des sécheresses issues du système assurantiel français :

- D'après le rapport de la Caisse centrale de réassurance (CCR), la sécheresse représente 33% des dommages causés par les catastrophes naturelles de 1982 à 2017 avec une sinistralité annuelle moyenne de 386 millions d'euros (CCR, 2018) ; mais ces sommes concernent peu l'agriculture, et seulement les bâtiments agricoles, mais l'augmentation est forte ces trois dernières années.
- Entre 2000 et 2013, 150 M€ ont été reversés aux agriculteurs dans le cadre du dispositif de calamité agricole ; et en 2018, 124,9 M€ ont été versés en réponse aux 39 demandes de reconnaissance de calamités agricoles, dont 12 relatives à la sécheresse sur prairie.
- Les deux principaux assureurs commercialisant des contrats multirisques climatiques, Groupama ¹⁵ et Pacifica, estiment que la sécheresse représente 25 % de la charge de sinistres en cultures pour la campagne 2018.

2-2) Les réponses possibles : état des lieux

Face à ces sécheresses, lorsqu'on anticipe un déséquilibre entre l'offre et la demande en eau d'irrigation, il est possible d'agir sur :

- la demande, en cherchant à la réduire, soit en accompagnant la production agricole vers des cultures moins consommatrices en eau ou qui peuvent être conduites en sec, ou bien vers des pratiques agro-écologiques qui améliorent la capacité de rétention en eau des sols ou en améliorant l'efficacité du matériel et des pratiques d'irrigation. Ces solutions sont supposées diminuer la surconsommation de l'eau ou optimiser les fonctions du « réservoir sol ».
- l'offre, en cherchant à augmenter la quantité d'eau disponible dans un territoire donné, soit en important de l'eau d'autres territoires par transfert ou dessalement, soit en retenant l'eau traversant le territoire par différentes techniques (retenues, recharge artificielle de nappe, réutilisation des eaux usées).

Les actions sur la demande sont préférables d'un point de vue environnemental : elles cherchent à avoir un impact moindre sur les ressources, n'exigent pas la construction d'infrastructures lourdes et garantissent mieux la préservation de la biodiversité. Mais elles sont plus difficiles à mettre en œuvre : elles peuvent en effet ne pas permettre de réduire la consommation autant que souhaité ou même avoir des effets contraires.

12 Kovats R.S., Valentini R., Bouwer L.M., Georgopoulou E., Jacob D., Martin E., Rounsevell M., Soussana J.-F., 2014. Europe, in: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*, contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326.

13 IPCC, 2013. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

14 Pantarotto M. (rédacteur), 2019. *Intérêt économique des méthodes de substitution des prélèvements d'eau par stockage et transfert en contexte de changement climatique*, Eléments de Connaissance, Comité de Bassin Rhône Méditerranée, juin.

15 En 2018 Groupama a indemnisé les agriculteurs assurés à hauteur de €187 millions, dont 23% pour la sécheresse contre 41% contre la grêle.

C'est ainsi le cas des changements de modes d'irrigation qui sont censés permettre d'obtenir des économies d'eau substantielles : potentiellement 60% pour le passage du gravitaire à l'aspersion, 20-30% pour le passage de l'aspersion à l'irrigation localisée et 25% pour le passage de l'enrouleur au pivot (Molle et Tanouti, 2017)¹⁶. Si ces techniques permettent effectivement une réduction des apports en eau¹⁷, elles réduisent par là-même les quantités d'eau infiltrées et peuvent fragiliser les cultures notamment pérennes en cas d'épisode de sécheresse prolongé (limitation de la recharge des sols) et conduisent souvent l'agriculteur à intensifier ses cultures voire à agrandir son parcellaire irrigué, annulant les gisements d'économie d'eau¹⁸.

En outre, il manque encore de retours d'expériences à grande échelle sur la résilience à la sécheresse des conduites agronomiques combinant pratiques agro-écologiques et irrigation de précision, censées améliorer à la fois la gestion du réservoir sol et des apports d'eau¹⁹. Cette lacune de connaissance est d'autant plus regrettable que ces combinaisons de pratiques pourraient réduire aussi les émissions de CO₂ de l'agriculture et améliorer le stockage de carbone

du sol (cf. par exemples Khaledian M. et al 2014 et l'initiative 4 pour 1000).²⁰ Ces actions sur la demande peuvent également avoir des conséquences en termes de filières, quand elles conduisent à des changements de production. Si l'adaptation des cultures en fonction de la disponibilité en eau constitue un réservoir d'économies important, les cultures de substitution subissent un verrouillage technologique au profit des cultures dominantes. Cela limite la production de références technico-économiques et augmente la perception du risque liée à un changement d'itinéraire technique. La spécialisation de territoires sur un type de culture peut également être un frein à l'entrée de nouvelles cultures de substitution : en effet, les investissements nécessaires à l'adaptation des filières à l'aval représentent un coût. Enfin, les aides publiques actuelles jugées insuffisantes par les exploitants doivent être complétées par une implication plus forte des acteurs des filières pour qu'à terme le marché fasse émerger de nouvelles filières (Menet et al., 2018)²¹.

C'est pourquoi les actions sur l'offre sont souvent préférées.

2-3) La substitution : une réponse aux effets pervers

Les infrastructures dites de substitution font partie de ces actions sur l'offre pouvant représenter une assurance contre le risque de pénurie d'eau. Les agriculteurs ont ainsi un intérêt économique à leur mise en place, surtout quand ce risque augmente et que les alternatives comme la souscription d'une assurance sécheresse auprès d'un organisme spécialisé, sont plus coûteuses.

Rappelons que ces infrastructures cherchent à retenir de l'eau qui s'écoule sur le territoire durant la période de hautes eaux pour la mobiliser durant la période d'étiage, délestant ainsi d'autant le prélèvement sur les ressources classiquement mobilisées, notamment les cours d'eau. Elles sont censées n'avoir ainsi aucun impact négatif sur la disponibilité des ressources en eau.

16 Molle F., Tanouti O., 2017. La micro-irrigation et les ressources en eau au Maroc : un coûteux malentendu. *Alternatives Rurales*, vol. 5, pp 1-18

17 Dans le cas de l'analyse coût efficacité du bassin de l'Orb, la mesure permettant de passer à une irrigation goutte à goutte sur la partie aval du bassin, même si elle est moins coût-efficace (0,47 €/m³) que celle permettant le passage à l'irrigation par aspersion sur la partie amont (0,18 €/m³), permet d'économiser un volume deux fois plus important d'eau au total (1,5 Mm³ contre 0,7 Mm³).

18 Pour aller plus loin, au-delà de la référence précédente, se référer aux deux publications suivantes : Benouniche, M., Kuper, M., Hammani, A., 2014. Mener le goutte-à-goutte à l'économie d'eau : ambition réaliste ou poursuite d'une chimère? *Alternatives Rurales* (2 – Novembre), 12 p. et Molle, F., 2017. *Conflicting Policies: Agricultural Intensification vs. Water Conservation in Morocco*. Montpellier : UMR G-Eau, Working paper n°1 48 p.

19 Wezel A., Casagrande M., Celette F., Vian J.F., Ferrer A., Peigné J., 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (1), pp.1-20.

20 Khaledian M., Mailhol J.C., Ruelle P., 2014. Diesel oil consumption, work duration, and crop production of corn and durum wheat under conventional and no-tillage in southeastern France, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60:8, 1067-1076, DOI: [10.1080/03650340.2013.863423](https://doi.org/10.1080/03650340.2013.863423). Initiative 4 pour 1000 : <https://www.4p1000.org/fr>

21 Menet L., Leplay S., Deniel S., Nauges C., 2018. Économiser l'eau pour l'irrigation par les changements de pratiques agricoles : analyse comparée de politiques publiques et pistes d'amélioration en France Rapport final, Oréade-Brèche, Étude n°15.14 - Marché référencé SSP-DGPE-2016-009 (MAA et MTES).

De plus, elles ont pour objectif de permettre de satisfaire les besoins d'irrigation observés au moment de la décision de les construire, c'est à dire toutes choses étant égales par ailleurs, i.e. sans prévoir de changements de cultures ni de modifications de pratiques de gestion des sols ou d'irrigation, ni d'évolution des conditions de sécheresse.

Or leur création peut conduire à l'apparition de certains effets pervers à plusieurs niveaux :

- Des modifications de l'assolement et/ou une augmentation de la surface irriguée. Ainsi, dans le cas de Boueilh-Boueilho-Lasque (AgroParisTech, 2010)²², la construction du barrage a conduit in fine à une augmentation de presque 40% de la surface irriguée et des volumes consommés entre 1991 et 2005. C'est pourquoi aujourd'hui, certains projets d'ouvrage s'accompagnent d'un protocole d'accord sur l'irrigation qui gèle les surfaces irriguées afin d'éviter ce type de dérive.
- Une détérioration non prévue de la qualité globale des ressources en eau. En Australie, les aménagements du bassin Murray-Darling ont apporté une apparente sécurité hydrique pour les usages agricoles mais celle-ci s'est accompagnée d'un impact environnemental important (problèmes de salinité, 20 bassins versants sur 23 en mauvais état, mortalités importantes de poissons) avec des conséquences financières pour les activités associées (agriculture, pêche, activités récréatives). L'augmentation de la salinité des sols est la conséquence de remontées dues à l'évaporation après irrigation²³. Et aujourd'hui, réduire les dotations d'eau aux agriculteurs pour protéger le milieu aquatique s'avère politiquement très difficile (Young, 2010)²⁴.
- Une réduction des apports en sédiments et nutriments dommageable au milieu marin. Les crues ont un rôle écologique essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes marins. Elles contribuent en particulier au maintien de la biodiversité marine²⁵ et à la fourniture de nutriments²⁶ essentiels à la survie, la croissance et en fine aux stocks des espèces, notamment exploitables. Les infrastructures comme les retenues, barrages, dérivations vont en règle général tempérer le régime des crues, du moins diminuer à coup sûr ces apports.
- Des conséquences non attendues sur les parties situées en aval. Van Oel, Martins et Costa (2017)²⁷ montrent qu'avec un réseau de retenues en amont d'un secteur, la sécheresse hydrologique (faible débit et faible volume stocké) découlant de la sécheresse météorologique (principalement caractérisée par un déficit de précipitations) peut durer encore plus longtemps du fait d'une répartition inégale des volumes stockés à l'aval. En effet, lorsque les volumes prélevables diminuent, ce sont les retenues situées le plus en amont qui vont intercepter la ressource au détriment de celles localisées à l'aval. Ainsi, sur le bassin du Segre en Espagne, la construction de réservoirs a augmenté la fréquence, la durée, et l'intensité des sécheresses hydrologiques à l'aval des principaux barrages (Vicente-Serrano et al. 2017)²⁸. Le paragraphe suivant élargit l'analyse à l'ensemble de la situation en Espagne.

22 Cochet H., Ducourtieux O., Dufumier M., (dir.), 2010. Quelle contribution de l'irrigation au développement régional ? Evaluation économique d'un projet d'irrigation dans les Coteaux du Béarn. Le cas du barrage de Boueilh-Boueilho-Lasque (Pyrénées-Atlantiques), Agroparistech, UFR Agriculture comparée et Développement agricole, 161 p.

23 https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0018/310365/Irrigation-salinity-causes-and-impacts.pdf

24 Young, M.D., 2010. Environmental Effectiveness and Economic Efficiency of Water Use in Agriculture, The Experience of and Lessons from the Australian Water Reform Programme. Background report prepared for OECD study (2010) *Sustainable Management of Water Resources in Agriculture*. Available at www.oecd.org/water.

25 Harmelin-Vivien, M. L., Bănar, D., Dierking, J., Hermand, R., Letourneur, Y. & Salen-Picard, C., 2009. Linking benthic biodiversity to the functioning of coastal ecosystems subjected to river runoff (NW Mediterranean). *Animal Biodiversity and Conservation*, 32.2: 135-145.)

26 Salen-Picard C., Darnaude, A.M., Arlhac, D., Harmelin-Vivien L., 2002. Fluctuations of macrobenthic populations: a link between climate-driven river run-off and sole fishery yields in the Gulf of Lions, *Oecologia* 133, pp 380-388 - DOI 10.1007/s00442-002-1032-3).

27 van Oel, P.R., Martins, E.S.P.R. Costa, A.C., 2017. The effect of reservoir networks on drought propagation. *European Water*, 60, pp 287-292.

28 Vicente-Serrano S.M., Zabalza-Martínez J., Borràs G., López-Moreno J.I., Pla E., Pascual D., Savé R., Biel C., Funes I., Martín-Hernández N., Peña-Gallardo M., Beguería S., Tomas-Burguera M., 2017. Effect of reservoirs on streamflow and river regimes in a heavily regulated river basin of Northeast Spain, *Catena*, 149-3, pp 727-741

2-4) Le cas de l'Espagne : la logique de l'offre poussée jusqu'au bout

On s'attarde ici sur le cas de l'Espagne, présenté plus complètement en annexe 4. Il permet d'illustrer les avantages et effets pervers d'une ambitieuse politique de l'offre, privilégiée de manière systématique sur le très long terme.

L'Espagne a fondé de tous temps son développement économique sur l'eau et, tout particulièrement, du 19^{ème} siècle à nos jours, via la mise en œuvre d'une politique reposant sur la construction de grandes infrastructures comme les canaux et les barrages, permettant de mobiliser les ressources en eau disponibles mais aussi de transférer une partie des eaux des bassins atlantiques vers les bassins méditerranéens déficitaires.

Cette politique a permis le développement d'une agriculture irriguée dynamique et exportatrice, dont les productions viennent concurrencer celles des voisins européens de l'Espagne, notamment la France.

Cependant, les transformations sociétales profondes qu'ont induit ces choix stratégiques unidirectionnels entraînent également des difficultés graves et croissantes, au plan socio-économique comme au plan environnemental : concurrence territoriale entre agriculteurs traditionnels et nouveaux irrigants, entre activité agricole, urbanisme résidentiel et périurbain, et activité touristique ; défiance entre les régions autour du partage de l'eau ; détérioration dramatique de la qualité de l'eau de rivières ; recul du trait de côte ; affaissement de zones deltaïques ; intrusion d'eau salée dans les terres et les aquifères.

Ainsi l'Espagne semble engagée dans une spirale, sans perspective claire d'équilibre maîtrisé entre ressources et besoins, jalonnée de difficultés socio-économiques et environnementales qui apparaissent, quant à elles, de moins en moins soutenables.

Le risque majeur que court ce « modèle » espagnol est celui de la raréfaction de la ressource. Une faible disponibilité des ressources en eau, induisant, de manière récurrente, un remplissage insuffisant des retenues le conduirait à une crise grave. Le changement climatique, dans ses effets déjà constatés actuellement ou prévus à moyen terme, atteste que ce risque est réel. On commence à envisager de fermer le transfert Tage-Segura, qui constitue l'emblème de cette politique (Seguido & al. 2018)²⁹

Même si la substitution présente un certain nombre d'effets pervers, elle est presque toujours envisagée dans le contexte de changement climatique accéléré évoqué précédemment. La question du financement des ouvrages de substitution se pose alors avec acuité, d'autant plus que ces ouvrages nécessitent des investissements publics lourds. La décision publique quant à leur financement peut être éclairée d'un point de vue économique à l'aide de l'analyse coûts-avantages (ACA)³⁰. L'intérêt économique des infrastructures de substitution est alors apprécié en les comparant, notamment en termes de coût et de contribution à l'intérêt général, à d'autres alternatives, sélectionnées de manière à être à la fois diversifiées, novatrices et crédibles. Nous revenons dans la section suivante sur les principes de cette analyse et sur les contraintes que peut présenter son application à la question de l'intérêt économique des ouvrages de substitution.

29 Morote Seguido Á.F., Olcina Cantos J., Rico Amorós A.M., 2018. Un trasvase cuestionado: El Tajo-Segura. Repercusiones socio-económicas en el sureste español e incertidumbre ante el cambio climático, *Revista de Estudios Regionales*, Cadiz, n°113, (Sep-Dec), pp 29-70.

30 Gauthier G., Thibault M., 1993. *L'analyse coûts-avantages - Défis et controverses*. Paris : Economica, 526 p.

3) Approches et évaluations socio-économiques : principes et contraintes.

Une analyse coûts-avantages doit débuter par un recensement des acteurs impliqués par les solutions étudiées. Ceci ne va pas toujours de soi parce qu'il est difficile de superposer la ressource et le territoire, difficulté que nous abordons dans une première partie.

Une fois les acteurs impliqués clairement identifiés, il s'agit de recenser l'ensemble des avantages et des inconvénients que représentent pour eux les différentes alternatives. Certains d'entre eux peuvent être quantifiés et un sous-ensemble peut ensuite être monétarisé. Nous nous focaliserons sur l'importance de la prise en compte du temps et du risque à moyen et long terme dans une seconde partie, et sur les incertitudes et irréversibilités à long terme dans une troisième partie³¹.

3-1) La difficulté pour superposer la ressource (au sens hydrologique) et le territoire (au sens socio-économique)

Laganier, Villalba et Zuindeau (2002)³² proposent d'attacher la notion de territoire (au sens socio-économique) aux 3 dimensions suivantes :

- *matérielle* ; espace doté de propriétés naturelles définissant des potentialités ou des contraintes de développement, ou de propriétés matérielles résultant de l'aménagement de l'espace par la société,
- *organisationnelle* ; entité où des acteurs sont liés par des rapports de hiérarchie, de domination, de solidarité, de complémentarité,
- *identitaire* ; territoire vécu et approprié par ses habitants.

La ressource, au sens hydrologique, étant généralement délimitée d'un point de vue matériel par le bassin versant, on comprend mieux la difficulté qu'il peut y avoir à superposer la ressource et le territoire. Cette difficulté essentielle est une conséquence inéluctable du non recouvrement entre territoire matériel, le bassin versant, et territoire organisationnel, voire identitaire. Cette complexité est exacerbée par l'intégration des aquifères dans les enjeux quantitatifs ou qualitatifs, car leur périmètre d'alimentation coïncide rarement avec le bassin versant.

Les bilans hydrologiques, autrement dit l'estimation des ressources disponibles, doivent être faits en tenant compte de cette réalité qui peut prendre différentes formes et compliquer les approches, notamment dans les cas de :

- stockages par transfert de ressources en eau extérieures au territoire,
- prélèvements dans un cours d'eau dont une partie significative du bassin versant est hors du territoire considéré.

Une attention particulière est à porter aux « grands » cours d'eau dont on sait que la taille ne permet pas une appropriation suffisante pour induire une conscience partagée d'appartenance à un même territoire. Un exemple assez parlant dans le bassin concerne la notion de « territoire rhodanien » ou de territoire associé au Rhône, qui n'a pas eu de sens, même à l'époque de la volonté d'aménager le fleuve globalement. Dans ces cas, aucune contrainte réglementaire de gestion de l'eau, au sens utilisé ici, ne s'imposera à cet émissaire dont on sait pourtant qu'il va fournir de l'eau pratiquement à tous les territoires qu'il traverse ; autrement dit, la fragilité éventuelle des ressources de ces cours d'eau risque d'être ignorée.

³¹ Pour ce qui est du calcul financier des coûts relatifs à l'investissement et au fonctionnement de l'infrastructure, le lecteur est renvoyé au paragraphe 4 de la note de méthode sur l'analyse de la récupération des coûts des projets d'ouvrages de substitution (retenues et infrastructures de transfert d'eau) publiée par l'Agence Française de la Biodiversité (AFB) en septembre 2018 qui est annexée à ce rapport.

³² Laganier R., Villalba B., Zuindeau B., 2002. Le développement durable face au territoire : éléments pour une recherche pluridisciplinaire, in *Développement durable et Territoires*, dossier 1, DOI : [10.4000/developpementdurable.774](https://doi.org/10.4000/developpementdurable.774)

Le bilan des connaissances (Pantarotto, 2019) montre d'ailleurs que les ouvrages de substitution s'inscrivent dans des territoires où plusieurs périmètres se chevauchent (périmètre irrigué, périmètre de préservation de la ressource, périmètres administratifs, aquifères connectés, etc.). De plus, la sphère d'influence de l'ouvrage est sous-estimée dans les périmètres d'étude retenus par les maîtres d'ouvrage. Le décalage entre une aire d'offre et une aire de demande contribue à la création de nouveaux territoires de l'eau éventuellement déconnectés des bassins versants naturels. Dans ce contexte, la notion de PTGE introduite par la réglementation (cf. partie 0.3) doit être le point de départ du recensement des acteurs impliqués par le projet mais on voit bien qu'une itération entre délimitation du territoire et recensement des acteurs est nécessaire pour le consolider.

3-2) L'importance de la prise en compte du temps et du risque

La comparaison économique de l'ensemble des avantages et inconvénients monétarisés doit intégrer plusieurs aspects essentiels du calcul économique : la dimension inter-temporelle d'occurrence des bénéfices et coûts ainsi que les risques associés.

Pour ce qui est de la dimension inter-temporelle, il s'agit de ne pas additionner ou soustraire des montants monétaires qui interviennent à des périodes très éloignées dans le temps. Pour ce faire, on recommande de ramener l'ensemble des coûts et bénéfices à une date unique via l'opération d'actualisation. Le rapport Quinet de 2013 sur l'évaluation socio-économique des investissements publics³³ contient les recommandations les plus récentes quant au taux à appliquer. Actuellement, en France, le taux d'actualisation sans risque proposé est de 2,5 % passant à 1,5 % au-delà de 2070. À ce taux, s'ajoute une prime de risque de 2 % pondérée par un coefficient spécifique à chaque projet en fonction de la sensibilité de sa rentabilité à la croissance économique. Cette prime de risque dite systémique de 2 % est augmentée à 3 % pour les périodes d'évaluation au-delà de 2070.

Pour ce qui est des risques associés à chaque solution, il est recommandé d'avoir recours à une analyse de risque³⁴. Décliner un ou plusieurs scénarios du changement climatique à l'échelle du territoire peut par exemple permettre de faire des hypothèses sur l'espérance mathématique de remplissage des retenues, et donc de disponibilité de l'eau dans deux ou trois décennies et par la même de faire des hypothèses sur les espérances de revenus associées.

Lorsque l'avenir est connu en probabilités, l'analyse économique se réfère au risque. Quand ces distributions de probabilités sont inconnues, on parle d'incertitudes, auxquelles un certain nombre d'irréversibilités peuvent être associées. Ce sera l'objet du paragraphe suivant.

33 Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, 2013. Evaluation Socioéconomique des Investissements Publics, rapport de la mission présidée par Emile Quinet, 351 p. https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/cgsp_evaluation_socioeconomique_2907_2014.pdf

34 Elle est décrite dans le paragraphe relatif à la mise en œuvre d'une grille générale pouvant être déclinée par secteur du rapport Gollier de 2011 sur le calcul du risque dans les investissements publics. Cf. Centre d'Analyse Stratégique, 2011. Le calcul du risque dans les investissements publics, n°36, La documentation française, juillet.

3-3) Les incertitudes et irréversibilités associées à la substitution

Le fait de raisonner sur le terme le plus long possible nécessite d'intégrer l'évolution incertaine de la disponibilité et des usages de l'eau sur cet horizon temporel. Un exercice de prospective s'appuyant sur la construction de scénarios peut alors s'avérer utile. Il pourra par exemple s'agir de considérer des scénarios d'évolution climatique générant des problèmes de remplissage des infrastructures de substitution et des scénarios d'évolution socio-économiques générant de nouveaux usages de l'eau. A ce sujet, les études prospectives réalisées par des groupes d'experts nationaux et internationaux sont importantes à mobiliser³⁵. De nouveaux outils (plateforme web de « services climatiques ») seront aussi bientôt disponibles qui permettront de déterminer les tendances d'évolution de différents paramètres (précipitations, températures, débits, sécheresse des sols, ...) en fonction des scénarios du GIEC, à différentes échéances (2050, ...) et différentes échelles locales (grilles minimales de 5 km²)³⁶ (projet européen Aquaclew : <http://aquaclew.eu/>). Toutefois, le bilan des connaissances (Pantarotto, 2019) montre que la prospective n'est pas suffisamment utilisée pour mettre en évidence les points de rupture susceptibles de bouleverser l'évolution de la demande.

Il est à noter que les incertitudes liées à l'accroissement du risque de pénurie d'eau peuvent constituer un argument plutôt en faveur des infrastructures de substitution qui sont supposées les réduire. Dans le même temps, le bilan des connaissances (Pantarotto, 2019) constate un manque d'information autour de la performance des ouvrages de substitution. Notamment, l'absence de base de données sur les petits ouvrages déconnectés des milieux, à l'échelle nationale ou du bassin hydrographique, représente un frein à l'évaluation complète des ouvrages de substitution. Par ailleurs, le fait de disposer de telles infrastructures ne permettra pas nécessairement de lisser l'impact d'évènements extrêmes successifs dans le temps. Par exemple, des années sèches peuvent se succéder et faire suite à de nombreuses années humides. Et ces dernières ont pu générer de nouveaux usages de la ressource en eau alors rendue disponible par les infrastructures de substitution. Dans une telle situation, la présence de l'infrastructure de substitution devient le moteur de nouveaux besoins en eau dont la valorisation économique peut finalement s'avérer plus importante que le besoin initial pour lequel elle a été créée et rendre ainsi la ressource indisponible pour l'usage initialement prévu, aggravant plus généralement la pénurie lors de la sécheresse suivante. On peut également s'inquiéter de l'amplification probable du processus précédent qui serait induite dans le cas d'une retenue multi-usages, mécaniquement, par la multiplicité des usages possibles de la ressource. Or le multi-usage risque d'être affiché de manière privilégiée pour les futures retenues, du fait des deux incitations de l'instruction de mai 2019 sur les PTGE : i) la préférence aux solutions qui renforcent le multi-usage (annexe 5) et ii) la dérogation, certes conditionnelle, au principe de limitation du financement des Agences aux seuls volumes substitués, en cas de multi-usage (annexe 2). Il est très probable que des usages potentiellement concurrents sur la ressource se coalisent pour maximiser leurs demandes sectorielles et augmenter les volumes à stocker localement.

Ainsi, sur le bassin Adour Garonne, mais aussi sur Rhône Méditerranée (ex. la Durance à Serre-Ponçon), les propriétaires de plans d'eau à vocation initiale hydroélectrique et/ou d'irrigation ont assisté au développement du tourisme et des loisirs depuis une vingtaine d'années (Bru, 2009)³⁷. Une succession d'années très sèches conduira alors à une aggravation de la perte économique du territoire impacté.

35 Lacroix D., Laurent L., de Menthère N., Schmitt B., Bethinger A., David Didier C., Parent du Châtelet J., 2019. Multiple visions of the future and major environmental scenarios. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 93-102. Paillard S., Treyer S., Dorin B., 2010. *Agrimonde : scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Versailles: Quae, 295 p.

36 Lemoine, A., Ramos, M.H., 2019. Towards improving the performance of water-energy systems by integrating large-scale climate services indicators, in *Actes Conférence SHF HydroES 2019 (Quel avenir voulons-nous pour l'Hydro-électricité, en France et en Europe?)*, 29-30/01/2019, Grenoble, France, 6 p.. Voir le projet européen Aquaclew <http://aquaclew.eu/publications/>.

37 Bru F., 2009. Étude des usages touristiques et des loisirs sur les retenues hydrauliques du haut bassin de la Dordogne, mémoire de licence professionnelle, EPIDOR, 58 p.

En outre, dans les analyses économiques préconisées, l'intérêt financier des bénéficiaires de ces retenues est souvent apprécié à l'aune des bénéfices qu'ils tireront des activités maintenues ou développées. Cette évaluation néglige les effets sur la valorisation patrimoniale des terrains dont l'accès à l'eau apparaît ainsi « amélioré voire garanti » par une retenue. Or, dans le sud-ouest par exemple, la valeur vénale d'une terre irrigable est 2 à 3 fois supérieure à une terre sans accès à l'eau. La plus-value foncière est bien supérieure à la quote-part de l'investissement supporté par le souscripteur initial. Cette valorisation patrimoniale attise la demande agricole pour de nouveaux aménagements, sans que les volumes d'eau demandés pour l'irrigation augmentent.

Quant à elle, l'irréversibilité a plutôt trait aux coûts d'ajustement induits par la construction des infrastructures de substitution. Ils sont la principale source **d'arguments économiques en défaveur** de l'investissement dans les infrastructures de substitution. Ils recouvrent deux types de coûts : les coûts d'évolution technologique associée à la présence de l'infrastructure pour ses usagers et les coûts de restauration environnementale. L'investissement dans une infrastructure de substitution génère des coûts d'ajustement associés aux évolutions technologiques nécessitées par la présence de cette infrastructure (passage à une technologie de production agricole irriguée par exemple). Lorsque ces coûts sont plus importants que le risque que l'infrastructure est censée couvrir, il n'y a pas d'intérêt économique à la substitution. Par ailleurs, ces évolutions technologiques peuvent ensuite devenir irréversibles dans la mesure où les coûts engagés sont trop importants pour pouvoir envisager un retour en arrière. Un tel verrouillage technologique peut rendre la dépendance à la ressource en eau plus forte et ainsi générer un coût économique plus fort associé au non-remplissage éventuel des infrastructures de substitution.

Les coûts de restauration environnementale recouvrent quant à eux tous les coûts d'ajustement liés aux pertes écologiques associés à la construction de l'infrastructure. L'irréversibilité écologique de la construction d'une infrastructure de substitution peut rendre le coût de restauration très important et ainsi plus élevé que le bénéfice associé à la couverture du risque de sécheresse, invalidant ainsi la rentabilité économique de l'investissement. Ceci est d'autant plus vrai que tous les inconvénients liés à une retenue de substitution ne sont pas monétarisables sous forme de coûts car non quantifiables en termes hydro-écologiques, voire inconnus.

Par exemple, au plan hydrologique, et dans le cas d'un « petit » stockage, le consensus mou est qu'il y a peu d'effet à prélever en période de hautes eaux un peu d'eau pour constituer une réserve utilisable en étiage, allégeant d'autant les prélèvements à cette période. Quantitativement, le décalage principal sur le bilan annuel du cours d'eau prélevé provient de la plus grande perte par évaporation due à la retenue. Il est ainsi important de la quantifier, en estimant la variation de la lame d'eau évaporée en fonction de la longueur de la période de stockage et des conditions climatiques.

Par ailleurs, les effets de cumul, dont on pressent qu'ils doivent être sensibles et pris en compte dans le cas de nombreuses retenues ou transferts impactant le même bassin versant, ne sont pas connus (pas étudiés), pas davantage que les éventuels effets de seuil (« taille » de retenue susceptible d'avoir une incidence significative sur l'hydrologie du cours d'eau). Le bilan des connaissances (Pantarotto, 2019) montre que les impacts cumulés sont complexes à analyser car les retenues ne possèdent pas toutes le même mode d'alimentation (nappe, eau superficielle, ruissellement) et les études sont rares (IRSTEA, 2015³⁸). L'effet cumulé sur le débit annuel considéré dans les études d'impact de retenues se limite à une estimation de volume et correspond soit aux volumes prélevés cumulés sur l'ensemble des retenues dans le bassin versant considéré, soit à la capacité cumulée de ces retenues.

38 IRSTEA, 2015 : rapport préliminaire en vue de l'expertise collective sur l'impact cumulé des retenues. Disponible sur : <http://expertise-impact-cumuleretenues.irstea.fr/>.

Enfin, il est nécessaire de s'interroger sur les impacts écologiques et les risques sanitaires potentiels associés à la multiplication de ces ouvrages et à leur mode de fonctionnement (durée de stockage d'eau, qualité d'eau de remplissage, rétention de sédiments plus ou moins contaminés, de nutriments, élévation de la température). Il est probable que de tels impacts, qu'il s'agisse de la banalisation de la biodiversité aquatique, du risque de transfert d'espèces exotiques, du développement régulier de bloom algaux toxiques, voire des impacts sur la biodiversité terrestre par l'emprise des infrastructures et retenues, soient plus significatifs que les impacts hydrologiques au sens strict.

Par exemple, dans un système de réservoirs de stockage d'eau pour l'irrigation, on a constaté une biodiversité microbienne spécifique avec prédominance de cyanobactéries de type microcystis³⁹ au printemps et en été, associée à l'augmentation de la température et de l'ammonium. Les petites retenues de tête de bassin peuvent jouer également un rôle majeur dans la charge en nutriments et sédiments des cours d'eau aval⁴⁰, et modifier ainsi leur qualité.

Au-delà de ces éléments, le bilan des connaissances (Pantarotto, 2019) montre que les impacts écologiques spécifiquement dus aux retenues restent mal connus. Les effets sur les milieux pris en compte approfondissent surtout des éléments relatifs aux zones humides ou à l'intégration paysagère des ouvrages par rapport à la faune et la flore à travers la séquence Eviter Réduire Compenser.

Enfin, ce même bilan révèle aussi que les analyses réalisées n'abordent pas ou très peu ces enjeux environnementaux car elles sont en règle générale financières (focus sur un type d'acteur plutôt producteur) et non économiques (focus sur l'ensemble des acteurs, producteurs et consommateurs de biens et services environnementaux notamment, impactés par la substitution). Elles se concentrent essentiellement sur la capacité des solutions à atténuer les pertes de revenus de la profession agricole découlant de réduction des prélèvements. Les bénéfices écologiques se limitent à la valeur des volumes économisés ou non prélevés en supposant que l'ensemble de ces volumes bénéficiera au milieu et l'impact des projets sur la qualité de la ressource et sur les milieux aquatiques est insuffisamment caractérisé.

39 Kong P., Richardson P., Hong C., 2019. Seasonal dynamics of cyanobacteria and eukaryotic phytoplankton in a multiple-reservoir recycling irrigation system, *Ecological Processes*, 8:37.

40 Schmadel et al. 2019. Small Ponds in Headwater Catchments Are a Dominant Influence on Regional Nutrient and Sediment Budget. *Geophysical Research Letters*, 46, 9669–9677.

4 - Conclusions et recommandations

La question de la substitution des prélèvements par transfert ou par stockage de l'eau exacerbe les oppositions entre deux visions de la finalité des ressources en eau. Certains y voient l'avantage décisif de garantir la disponibilité de l'eau nécessaire, au bon moment, sans puiser dans des ressources alors contingentées. D'autres retiennent essentiellement ses défauts, notamment l'engrenage pervers dans une course sans bornes aux demandes d'eau supplémentaires, la mesure insuffisante des impacts écologiques et la réduction dommageable des flux de sédiments et de nutriments à la mer.

Pour tempérer les tensions qui montent autour du partage de l'eau, notamment mais pas seulement entre agriculteurs et autres usagers, et revenir, de manière plus compréhensible et plus durable, à un système un peu apaisé, on peut tenter de s'appuyer sur deux éléments liés : un cadre d'action qui s'impose à tous et des régulations ou des règles partagées.

Le cadre a été progressivement ajusté au cours des trois dernières décennies pour aboutir au PTGE. Le Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau permet d'installer une scène de partage raisonné des ressources en eau, en présentant un certain nombre de garanties d'appropriation, de compréhension et de durabilité :

- démarche de co-construction impliquant tous les acteurs et tous les enjeux ;
- recherche d'équilibre négocié entre acteurs pour le maintien et le partage de la ressource ;
- adaptation au changement climatique ;
- non renoncement à l'accroissement de la valeur ajoutée à l'échelle du territoire ;
- conscience de la finitude des ressources et incitation à la sobriété.

Les régulations, quant à elles, apparaissent insuffisamment définies. Très concrètement par exemple, ce qu'on appelle usuellement « la logique de l'offre » semble parfois davantage relever d'une autojustification que d'un ensemble de règles clairement définies et partagées. Le cas de l'Espagne illustre bien le fait que la « logique de l'offre » n'est pas régulée et que la limite implicitement admise pour la substitution est voisine de la pluviométrie efficace annuelle moyenne, ce qui est absurde : si l'on peut stocker toute la lame d'eau tombée, que reste-t-il dans les cours d'eau ? Sans tomber dans cette caricature, il reste légitime de se poser la question générale suivante : comment peut-on raisonner et réguler, de manière compréhensible et durable, une augmentation, voire simplement une modification, de la demande en eau ? Cette question excède très largement le cadre de la présente saisine et cet avis ne peut prétendre y répondre de manière approfondie.

Cependant, les réflexions conduites à propos de la substitution font apparaître un certain nombre de règles, voire de régulations, dont le respect et la mise en place faciliteraient l'évaluation et la comparaison des solutions de gestion des ressources en eau à retenir. Il s'agit notamment de :

- adopter un cadre collectif pertinent pour la gestion des eaux : on a vu que la démarche du PTGE présentait des qualités et des garanties dans ce sens ;
- viser à l'exhaustivité de l'approche : prendre en compte, a priori, l'ensemble des acteurs et des enjeux sur le territoire, comptabiliser tous les avantages et tous les inconvénients des solutions envisagées ;
- raisonner en univers de ressources finies, autrement dit contraindre à accompagner toute demande d'augmentation ou de modularité des ressources en eau par une réflexion sur les possibilités d'économies d'eau, même si la nécessaire déclinaison de ce principe en modalités concrètes, par exemple d'incitation à la sobriété, constitue une tâche complexe ;
- adopter une base économique pour discriminer les solutions proposées. Ce point est au cœur de la présente saisine.

Suivant cette dernière approche et dans un contexte de raréfaction des fonds publics, leur utilisation devant être raisonnée, l'analyse économique fournit un certain nombre d'outils d'aide à la décision qui peuvent être mobilisés pour effectuer des choix aux conséquences lourdes en matière d'investissement, mais également potentiellement de coût écologique, en prenant nécessairement en compte le temps long qui caractérise l'influence de ces ouvrages ou infrastructures.

L'analyse coûts-avantages, qui permet d'évaluer le caractère souhaitable d'un investissement en prenant comme angle de vue l'intérêt collectif⁴¹, est l'outil que cet avis préconise d'utiliser :

- Premièrement, cette évaluation doit partir d'un état des lieux sur le territoire concerné croisant de multiples composantes, hydrologiques (disponibilité de l'eau), hydro-biologiques (qualité du milieu aquatique) et socio-économiques (usages de l'eau en quantité voire aussi en qualité). Cet état des lieux ne peut pas se faire indépendamment des acteurs locaux. Il s'inscrit naturellement dans les dispositifs du PTGE ;
- Deuxièmement, l'évaluation doit reposer sur des scénarios d'évolution hydrologique et socio-économique dans un contexte de changement global en déclinant, d'une part, des scénarios du GIEC à l'échelle de ce territoire pour accéder aux probabilités de disponibilités d'eau, aussi bien des eaux de surface que des eaux souterraines et, d'autre part, l'évolution des activités économiques consommatrices d'eau. Dans un contexte où les projections dans l'avenir ne peuvent être décrites en termes de probabilités, les outils et scénarios de prospective seront particulièrement importants à mobiliser. Des outils tels que des modèles couplés hydrologique-hydrogéologique et socio-économique doivent être mobilisés à l'échelle des territoires ;
- Troisièmement, une évaluation monétaire chiffrée des coûts par manque d'eau et des avantages dans *une solution sans le projet* de retenue de substitution ainsi que des gains et impacts négatifs dans *la solution avec le projet* doit avoir lieu. Cette évaluation quantitative doit être complétée par une analyse de sensibilité aux paramètres de l'analyse, visant à tester la robustesse de l'évaluation. Afin de ne pas oublier certains avantages et inconvénients, il est indispensable de compléter cette évaluation monétaire en conservant une approche qualitative pour certains impacts (paysage, biodiversité, risques sanitaires) qui peuvent être difficilement monétarisables. Plus généralement, l'étude et la *comparaison*, en termes de bénéfices économiques et environnementaux, *de différentes alternatives* doivent être entreprises. Parmi elles, peuvent être envisagées les solutions basées sur une réduction de la demande et celles que l'on peut davantage classer dans la catégorie augmentation de l'offre. Dans cette dernière catégorie sont incluses la réutilisation des eaux usées pour des usages variés (arrosage d'espaces publics, irrigation, ...) ou encore la recharge artificielle des aquifères en considérant les questions sanitaires, mais également l'optimisation des prélèvements par une gestion dynamique en fonction de la connaissance de l'état des ressources et de la variabilité de la recharge par les précipitations. Il apparaît alors très pertinent, et particulièrement dans le contexte du changement climatique, d'appliquer ces modalités d'évaluation à des problématiques de gestion de l'eau allant au-delà des aspects de disponibilité pour l'irrigation, sans pour autant les ignorer (cf. annexe 5) ;
- Quatrièmement, la comparaison quantitative entre les solutions 'avec' et les solutions 'sans' doit être faite en tenant compte d'un taux d'actualisation pour ramener les résultats au fil du temps à une préférence décisionnelle actualisée. L'analyse de sensibilité au taux d'actualisation pourra mettre en évidence la robustesse ou la fragilité du choix d'une solution par rapport à d'autres.

⁴¹ Donc en ne se limitant pas à la sécurité volumique de l'irrigation, et n'oubliant pas que les Assises de l'eau comme les Nations Unies ont récemment mis l'accent sur les solutions fondées sur la nature.

Il serait pertinent de développer la méthode à l'échelle nationale, en s'inspirant de travaux récents comme le guide en préparation au ministère de l'Agriculture, mais aussi de méthodes mises au point à l'étranger. Par exemple, en 2014, la *California Water Commission* (CWC) a mis en place un programme de financement de projets de stockage, le *Water Storage Investment Program* (WSIP) afin d'atteindre les objectifs du *California Water Action Plan*.⁴² Avec un budget de 2,7 Mds \$, le programme permet de financer des ouvrages améliorant le fonctionnement du réseau hydraulique de l'Etat, qui sont coût-efficaces et procurent une amélioration incontestable des écosystèmes et de la qualité de l'eau. Mais tous ceux qui veulent bénéficier de ce financement doivent produire une analyse coût-avantage 'en situation d'incertitude' donc en intégrant deux scénarios contrastés de changement climatique à l'horizon 2070. Au niveau européen, on pourrait mobiliser les résultats de programmes comme Globaqua⁴³.

En complément, il est utile de s'interroger sur l'éventuelle distance à combler entre l'ensemble des éléments requis par les analyses posées ci-dessus et l'ensemble des connaissances et savoir-faire aujourd'hui disponibles pour les conduire. Cette question de la montée en régime de croisière ou, autrement dit, de la définition d'une phase transitoire permettant d'y parvenir, ne fait pas partie de la saisine et ne relève d'ailleurs pas des compétences du conseil scientifique. On notera ici qu'elle pourrait s'appuyer - comme ce fut le cas pour les Plans de Prévention des Risques d'Inondation - sur une démarche itérative ; celle-ci viserait à évaluer et améliorer progressivement les données et références disponibles, ainsi que les capacités des différents opérateurs, les chargés d'études notamment, à conduire les analyses coûts-avantages et en apprécier les conditions et les limites d'application.

Enfin, outre la question générique de définition des modalités de régulation évoquées plus haut, il faut noter un certain nombre de difficultés déjà reconnues ou de lacunes, notamment dans les connaissances, déjà identifiées, qui s'appliquent à la problématique de la substitution des prélèvements. Elles concernent :

- Le multi-usage : la vocation multi-usage d'une retenue est de nature à mieux répartir son coût et sa valeur économique ; mais elle est source de renforcement de la boucle d'augmentation de l'offre, les exemples de ce biais non prévu et mal régulé sont très nombreux (cf. par exemple Serre Ponçon). Ainsi, il existe a priori une tension, si ce n'est une incompatibilité, à résoudre entre l'objectif de sobriété globale des usages et la croissance quasi mécanique des besoins en eau que favorise la multiplicité de ces usages.
- Les grands cours d'eau : ils ne collent pas à la notion de territoire et par conséquent échappent aux régulations évoquées plus haut (cf. par exemple les étiages du Rhône à horizon lointain). Ils devraient par conséquent faire l'objet d'analyses spécifiques intégrant l'ensemble des interactions avec les territoires traversés, les conclusions de ces analyses venant, en retour, influencer sur les PTGE concernés.
- Les effets de seuil dus au cumul des retenues : comment passe-t-on d'une retenue prise isolément, dont l'impact semble négligeable, à un ensemble, éventuellement dense, de retenues impactant un territoire ou son aval de manière significative. C'est un des domaines dans lequel le manque de connaissances est patent et la littérature scientifique très peu présente. Il apparaît utile et urgent de conduire de telles études par exemple sur des territoires déjà sujets à un équipement conséquent de retenues.
- L'accompagnement des agriculteurs vers la transition agro-écologique en même temps que l'émergence de nouvelles filières économiques pour favoriser ces transitions. Il s'agit d'un chantier aussi vaste que difficile, conditionnant largement l'élaboration concrète des solutions alternatives qui entrent dans l'analyse économique.

⁴² Le site officiel du WSIP accessible à partir de celui de la California Water Commission : <https://cwc.ca.gov/>.

⁴³ GLOBAQUA : *Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity*

Annexes

Annexe 1 : Historique du régime général du cadre législatif et réglementaire

La réglementation en vigueur procède de la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau qui pose le principe de la gestion équilibrée de la ressource en eau, notamment de manière à satisfaire ou à concilier les exigences de l'agriculture avec les différents usages, activités ou travaux. Elle définit un régime de police de l'eau sur le modèle des installations classées pour la protection de l'environnement et crée une nomenclature des installations relevant de la réglementation sur l'eau et les milieux aquatiques, au sein de laquelle elle range ces retenues, sous la dénomination générique de « plan d'eau ». Toutefois, la création d'une retenue peut relever de plusieurs rubriques selon le mode d'alimentation de la retenue, son emplacement, ses caractéristiques géométriques (hauteur et volume) et de deux régimes administratifs (autorisation et déclaration) :

- Superficie du plan d'eau : rubr. n°3230 de la nomenclature des opérations concernées ;
- Mode d'alimentation : rubr. n°1110, n°1120, n°1210, n°1220 ;
- Hauteur de la retenue et volume stocké : rubr. n°3250 ;
- Régime de la vidange : rubr. n°3240 ;
- Implantation dans le lit mineur ou le lit majeur d'un cours d'eau : rubr. n°3110, n°3120, n°3150, n°3220 ;
- Présence d'une zone de répartition des eaux : rubr. n°1310 ;
- Présence d'une zone humide : rubr. n°3310.

Toute zone présentant les caractéristiques requises peut accueillir ces ouvrages de retenue, selon les formes et prescriptions prévues par les articles R. 214-6 à R. 214-28 C. envir. (ouvrages soumis à autorisation) et articles R. 214-32 à R. 214-40-3 C. envir. (ouvrages soumis à déclaration), avec toutefois des dispositions communes (C. envir., art. R. 214-42 à R. 214-56). Deux arrêtés du 27 août 1999 portent application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixent les prescriptions applicables aux opérations soumises à déclaration en application de l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau en matière, d'une part de création d'étangs ou de plans d'eau, et d'autre part de vidange d'étangs ou de plans d'eau (*v. circ. du 24 déc. 1999 relative à la modification de la nomenclature relative à l'eau ainsi que MEEDD, Guide juridique. Construction de retenues, mars 2012, 50 p.*).

Annexe 2 : Historique des notions juridiques et réglementaires d'équilibre et de répartition des eaux

Un régime territorial particulier a toutefois été institué sous la forme de zone de répartition des eaux, par le décret n° 94-354 du 29 avril 1994 relatif aux zones de répartition des eaux, qui prévoyait initialement que « *Afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau dans les zones présentant une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins, il est créé des zones de répartition des eaux comprenant les bassins, sous-bassins et fractions de sous-bassins hydrographiques et les systèmes aquifères figurant dans la liste annexée au présent décret* ».

Le décret n° 2006-881 du 17 juillet 2006 a apporté quelques modifications formelles à ce dispositif, désormais repris sous l'article R. 211-71 du code de l'environnement, mais l'idée générale reste la même : « *Afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau dans les zones présentant une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins, des zones de répartition des eaux sont fixées par arrêté du préfet coordonnateur de bassin* ».

« *Ce classement identifie les territoires sur lesquels il est nécessaire d'agir prioritairement en vue d'une gestion quantitative équilibrée et durable de la ressource en prenant en compte la préservation des milieux aquatiques associés et les adaptations nécessaires au changement climatique (L211-1 du Code de l'environnement). Dans ces zones, l'équilibre quantitatif est à reconquérir par la combinaison de différentes actions de réduction des prélèvements, par des actions d'économie d'eau tous usages confondus et, si ces dernières ne s'avèrent pas suffisamment efficaces sur les milieux aquatiques, par la mobilisation d'autres ressources de substitution* »⁴⁴.

Ce classement en ZRE « *permet une connaissance accrue des prélèvements existants en imposant un régime adapté pour les procédures d'autorisation/déclaration des prélèvements au titre de la loi sur l'eau (R. 214-1 à R. 214-6 du Code de l'Environnement), à l'échelle d'un bassin versant ou d'une entité hydrogéologique. Il permet ainsi de prendre en compte les effets cumulés de la somme des autorisations individuelles* » (ibid., p. 6). Comme le souligne une note de la DREAL AuRA « *Ce classement délimite des territoires sur lesquels il est nécessaire d'agir prioritairement en vue d'une gestion quantitative équilibrée et durable de la ressource en prenant en compte la préservation des milieux aquatiques associés et les adaptations nécessaires au changement climatique (L211-1 du Code de l'environnement). Il constitue l'outil réglementaire visant la résorption des déséquilibres quantitatifs. Parallèlement et dans un cadre contractuel, sur les mêmes territoires, l'équilibre quantitatif est à reconquérir par la combinaison de différentes actions de réduction des prélèvements, par des actions d'économie d'eau tous usages confondus et, si ces dernières ne s'avèrent pas suffisamment efficaces sur les milieux aquatiques, par la mobilisation d'autres ressources de substitution. Ce panel d'actions concertées et partagées par les acteurs du territoire au sein d'un plan de gestion quantitative des ressources en eau (PGRE) est renforcé parfois, pour l'atteinte de cet objectif commun, par le classement d'une zone en ZRE évitant ainsi l'aggravation du déséquilibre par de nouveaux prélèvements sollicités pendant la période d'élaboration et de mise en œuvre du PGRE* » (juin 2017).

« *Le retour à l'équilibre dans ces bassins doit être traité en priorité.* », souligne la circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation.

Il s'agit ici de satisfaire les impératifs :

- de la directive cadre sur l'eau n° 2000/60/CE du 23 octobre 2000, qui promeut « *un approvisionnement suffisant en eau de surface et en eau souterraine de bonne qualité pour les besoins d'une utilisation durable, équilibrée et équitable de l'eau* ».
- de l'article 77 de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 qui a prévu que les SAGE se dotent de règlements qui peuvent préciser les volumes prélevables et la

44 DREAL Rhône-Alpes, Classement en zone de répartition des eaux (ZRE). Quels critères et quelles conséquences ?, janv. 2015, p. 4. (est également citée ensuite l'actualisation de cette note en juin 2017 disponible à partir du lien : <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/ZRE/20170614-RAP-CadrageClassementZre-V02.pdf>).

répartition entre usages sur leur territoire. Ce volume peut être décliné par saison et être variable en fonction d'indicateurs précis, tels que l'état de la recharge hivernale ou l'hydraulicité de l'année évaluée à la fin de l'hiver (C. envir., art. L. 212-5-1).

Comme le précise la note de la DREAL AuRA de 2017, « le classement en ZRE permet une connaissance accrue des prélèvements existants en imposant un régime adapté pour les procédures d'autorisation/déclaration des prélèvements au titre de la loi sur l'eau (R. 214-1 à R. 214-6 du Code de l'Environnement), à l'échelle d'un bassin versant ou d'une entité hydrogéologique. Il permet ainsi de prendre en compte les effets cumulés de la somme des autorisations individuelles. Ainsi, en ZRE tout prélèvement relatif à la masse d'eau concernée par le classement que ce soit dans les eaux souterraines, les eaux de surface ou les nappes d'accompagnement est soumis à autorisation (supérieur ou égal à $8 \text{ m}^3/\text{h}$) ou déclaration (inférieur à $8 \text{ m}^3/\text{h}$) à l'exception :

- des prélèvements soumis à une convention relative au débit affecté (art. R. 211-73) mais ceux-ci sont soumis par ailleurs à déclaration,
- des prélèvements réputés domestiques inférieurs à $1000 \text{ m}^3/\text{an}$ (art. R. 214-5).

Le classement en ZRE concerne ainsi tous les prélèvements quel qu'en soit leur usage (à l'exception des prélèvements domestiques inférieurs à $1000 \text{ m}^3/\text{an}$). (...)

Ce classement renforce ainsi les possibilités d'opposition de l'administration face aux demandes de prélèvement. En particulier, pendant l'élaboration des PGRE, ce classement peut permettre à l'administration d'exercer un moratoire temporaire et efficace vis-à-vis de tout nouveau prélèvement qui viendrait aggraver le déséquilibre constaté, jusqu'à la révision des autorisations de prélèvement existants. »

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 rationalise le dispositif en instituant la possibilité de délivrer des autorisations de prélèvement d'eau à un organisme unique pour le compte de l'ensemble des préleveurs irrigants, l'autorité administrative pouvant constituer d'office cet organisme dans les zones de répartition des eaux (C. envir., art. L. 211-3). Cette unicité vise à favoriser une gestion collective des ressources en eau sur un périmètre hydrologique et/ou hydrogéologique cohérent, afin de mettre en œuvre le programme de résorption des déséquilibres entre besoins et ressources en eau et la gestion collective des prélèvements (v. C. envir., art. R. 211-11 s. et circ. 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation : BO MEEDDAT n° 2008/15 du 15 août 2008).

Cette préoccupation trouve un écho dans le rapport Denier-Pasquier, qui souligne la nécessité de privilégier l'irrigation efficiente et de partager équitablement la ressource inscrivant l'irrigation dans les équilibres territoriaux du grand cycle de l'eau : généraliser par les SAGE la définition des priorités d'usages et la répartition des volumes prélevables entre catégories d'utilisateurs (domestique, agricole et industriel) et inscrire les transferts de ressource dans une approche globale d'aménagement du territoire. Il recommande également d'optimiser et de mieux répartir l'eau d'irrigation disponible : il s'agit « d'organiser la répartition du volume prélevable agricole, en commençant par les ZRE, en fonction d'une adaptation préventive des besoins d'irrigation », « d'intégrer au sein d'une politique nationale et au regard d'un bilan coût/efficacité, la création des « retenues de substitution », pour une gestion de bassin cohérente » et de « réserver les financements publics à des programmes territoriaux destinés en priorité à des pratiques agro-écologiques, des productions alimentaires et des activités à fort taux d'emplois ». Il suggère enfin de « moderniser et mettre en place des systèmes de gestion collective adaptés à la diversité des territoires », ce qui passe par le maintien en zone agricole protégée des territoires desservis par un réseau collectif d'irrigation et l'inscription dans une dynamique d'économie de l'eau prélevée, fondée sur la modernisation des réseaux, le développement de systèmes de tarification innovants et la régulation des acteurs locaux (OUGC, structures publiques ...) (Fl. Denier-Pasquier, *La gestion et l'usage de l'eau en agriculture : JO CESE, n° 2013-11 30 avril 2013*). Le rapport du député Martin « La gestion quantitative de l'eau en agriculture. Une nouvelle vision, pour un meilleur partage » (juin 2013) va dans le même sens.

Annexe 3 : Historique de la notion juridique et réglementaire de projet de territoire pour la gestion de l'eau

L'instruction du 4 juin 2015 fait de l'existence du projet de territoire qu'elle institue une condition du financement des projets de stockage d'eau par les agences de l'eau (conférence environnementale du 19 et 20 septembre 2013), en restant dans l'esprit de la LEMA de 2006 : la construction de stockages d'eau pour sécuriser l'agriculture et anticiper les effets du changement climatique doit se faire sans dégrader les écosystèmes et avec la certitude de pouvoir les remplir dans de bonnes conditions.

Comme le précise l'instruction, les agences de l'eau « ont vocation à accompagner la résorption des déficits quantitatifs, et donc à financer l'adaptation et l'évolution de l'agriculture lorsque, pour protéger les milieux aquatiques, les volumes prélevables en période d'étiage (été, notamment) sont très inférieurs aux prélèvements actuellement réalisés. De ce fait, le cofinancement des agences de l'eau pour les projets de stockage sera possible lorsqu'ils s'inscriront dans un projet de territoire prenant en compte l'ensemble des usages de l'eau, la qualité de l'eau, et diversifiant les outils permettant de rétablir l'équilibre quantitatif, pour que les prélèvements soient compatibles avec les capacités du milieu, en mobilisant notamment les actions visant à promouvoir les économies d'eau. Les agences de l'eau n'interviendront que sur la substitution de prélèvements à l'étiage par des prélèvements hors étiage, et non sur de la création de volumes supplémentaires. Dans le cas de projets de stockage allant au-delà de la simple substitution (développement de prélèvements supplémentaires), le financement de l'agence de l'eau portera uniquement sur la quote-part liée à la substitution des prélèvements ».

Le dispositif vise à substituer à la gestion de crise par des arrêtés sécheresse annuels, une gestion structurelle équilibrée de la ressource sur les secteurs les plus en tension quantitative. Le rapport de la Cellule d'expertise relative à la gestion quantitative de l'eau pour faire face aux épisodes de sécheresse (dit « rapport Bisch », mai 2018) s'appuie largement sur cette instruction et met en avant le fait que l'élaboration d'un état des lieux partagé dans la transparence constitue la condition indispensable à la bonne réussite d'un projet de territoire. L'état des lieux doit permettre une approche globale de la ressource en eau et suppose l'exhaustivité de l'analyse de tous les usages (AEP, assainissement, industries, irrigation, énergie, pêche, usages récréatifs...). Le rapport indique que le projet de territoire pour la gestion de l'eau doit prendre en compte l'état des milieux et s'appuyer et que l'approche économique de tels projets mérite d'être renforcée et systématisée.

La Cellule recommande toutefois certains travaux complémentaires :

- un volet obligatoire de « recherche de diminution des prélèvements totaux » ;
- lorsque nécessaire, un travail pour apprécier les impacts différents entre prélèvement d'été et prélèvement d'hiver et les capacités de prélèvement en hiver, ce chantier pouvant s'appuyer sur des travaux conduits au plan national par les organismes scientifiques.

Annexe 4 : le modèle espagnol : miracle ou mirage

Le cas de l'Espagne est volontiers mis en avant par le monde agricole. Il est présenté comme un modèle d'agriculture permettant d'attaquer les marchés extérieurs, celui des fruits et légumes français métropolitain en particulier, grâce à une production précoce, abondante et économiquement compétitive, rendue possible par une politique active et historique de développement des retenues aux fins d'irrigation. Ce chapitre tente de mieux cerner la réalité de ce modèle.

Historique

Le débat politique sur l'eau en Espagne est très ancien. L'importance stratégique de la gestion de l'eau en fait un instrument et un symbole de pouvoir, comme l'illustrent, au travers des siècles, les vieilles organisations communautaires gérant les « regadios » (périmètres irrigués agricoles) ou, plus récemment, les politiques d'aménagement mises en œuvre par l'Etat central, de la dictature franquiste aux gouvernements socialistes des années 90. On en évoque ici uniquement quelques épisodes récents. Ils concrétisent le mouvement, né au 19ème siècle, visant à considérer la gestion de l'eau comme un facteur essentiel de la transformation du pays, et fondé sur la conviction que les aménagements hydrauliques, les grandes infrastructures comme les canaux et les barrages, permettant d'augmenter les ressources en eau disponibles, sont la base du développement socio-économique. L'idée de transferts d'eau des bassins atlantiques, considérés comme excédentaires, vers les bassins méditerranéens déficitaires, est née en même temps que ce mouvement.

Le tableau suivant montre l'augmentation des consommations d'eau dans la décennie des années 50, ce qui fait dire à Jean Sermet (référence citée, 1961) « l'Espagne consomme de plus en plus d'eau... Dans les années 50 de ce XXe siècle elle est devenue un pays humide, ou du moins disposant d'eau ».

L'intitulé consommation urbaine regroupe les usages domestiques et industriels, celui de regadios les irrigations agricoles et les pertes représentent l'évaporation et les infiltrations (chiffres du service statistique du Syndicat national de l'eau, gaz et électricité).

(Millions m³)

ANNEES	CONSUMMATION URBAINE	REGADIOS	PERTES	CONSUMMATION TOTALE
1951	584,2	173,2	79,2	836,6
1952	608,1	136,7	76,7	821,6
1953	661,7	153,1	72,3	887,2
1954	627,9	166,8	81,3	876,0
1955	685,9	570,4	94,7	1 351,0
1956	703,5	616,9	79,5	1 430,0
1957	727,5	2 908,2	125,3	3 761,0
1958	821,2	5 382,4	488,7	6 692,4
1959	1 101,7	8 791,4	747,5	10 640,7

Cet enthousiasme est corroboré par l'augmentation régulière des capacités de stockage dans des retenues (pantanos) de plus en plus nombreuses et dont le taux de remplissage culmine en l'année 1960, exceptionnellement humide (chiffres du Ministère de travaux publics, direction générale des ouvrages hydrauliques).

(Millions m³)

ANNEES	1956	1957	1958	1959	1960
<i>Capacité totale au 1^{er} janvier</i>	11 850	12 785	14 708	15 057	16 014
Janvier.	5 529	5 003	4 118	7 548	10 334
Février.	6 648	4 534	5 003	8 532	11 364
Mars.	6 356	5 771	6 580	8 263	14 033
Avril.	7 286	6 522	7 667	9 760	14 620
Mai.	9 118	6 752	8 377	10 146	14 596
Juin.	9 645	7 453	8 561	10 879	14 621
Juillet.	9 639	7 936	8 356	10 793	14 298
Août.	9 104	7 032	7 602	10 057	13 307
Septembre.	7 932	5 976	6 381	9 219	11 475
Octobre.	6 967	4 887	5 406	8 475	10 299
Novembre.	6 063	4 227	4 716	8 122	11 560
Décembre.	5 551	4 013	4 211	8 840	12 779

Parallèlement à l'augmentation progressive du nombre de retenues et de la capacité de stockage concomitante, est lancé, dans les années 60, le projet de transfert du Tage vers le Segura. Le projet est terminé en 1979 et permet de mobiliser 250 hm³ par an, via un aqueduc de 275 km, en direction des périmètres irrigués de Valence et de Murcie.

A la fin de la décennie 1970, la capacité cumulée des réservoirs espagnols atteint 40 km³. Elle permet de faire face, en moyenne et sans entrer dans les disparités -éventuellement fortes- d'un bassin à l'autre, à l'ensemble des besoins en eau dans lesquels la demande agricole, de l'ordre de 85 %, est largement majoritaire.

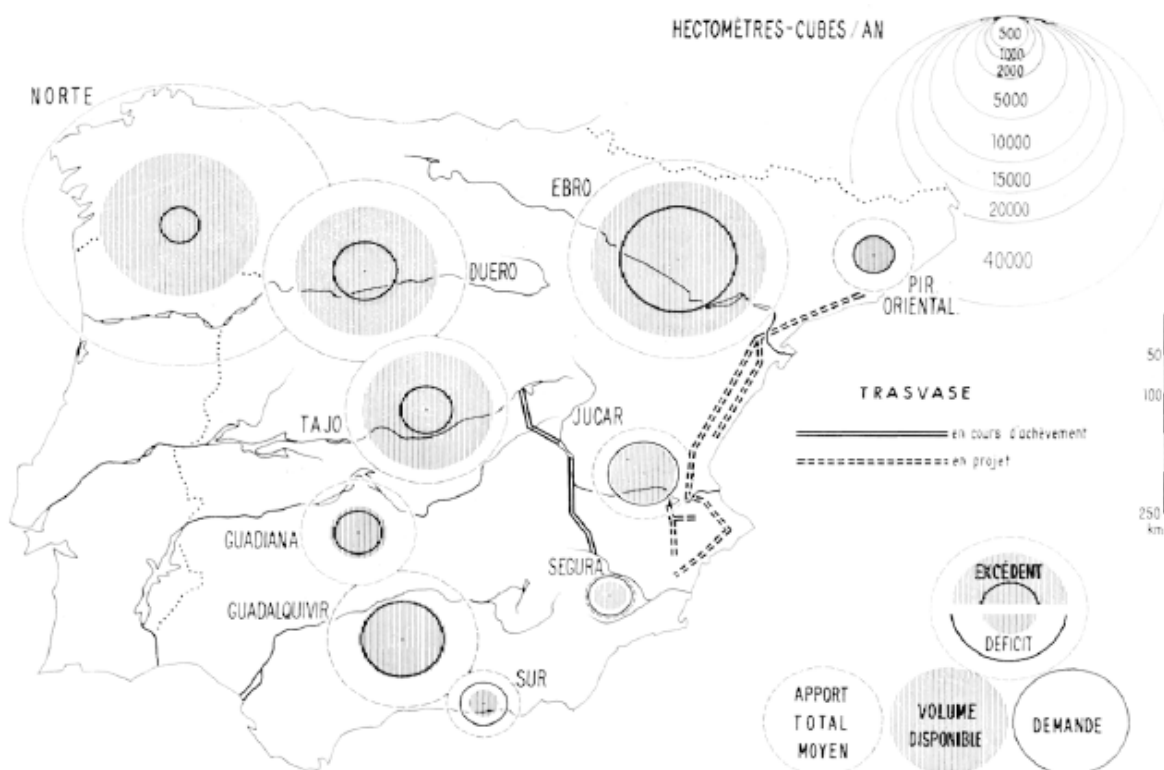


FIG. 1
Bilan hydraulique de l'Espagne (1974).

Aujourd'hui, la capacité cumulée des grands barrages est de 54 km³, sachant que la pluie efficace représente environ 114 km³ et qu'elle peut se réduire en année de sécheresse à 60 km³ (chiffres que l'on peut comparer à la situation française métropolitaine : 12 km³ de capacité cumulée des grands barrages pour 185 km³ de pluie efficace, et une gestion de l'eau fondée sur des principes stratégiques différents). Les usages de l'eau restent dominés par l'agriculture : sur un prélèvement total de 35 km³, cette dernière représente encore 68%, contre 13% pour les services d'eau et 19% pour l'industrie (électricité comprise). De plus, 30 km³ s'écoulent en moyenne vers le Portugal, qui refuse bien évidemment plus de détournements d'eau en Espagne vers la Méditerranée.

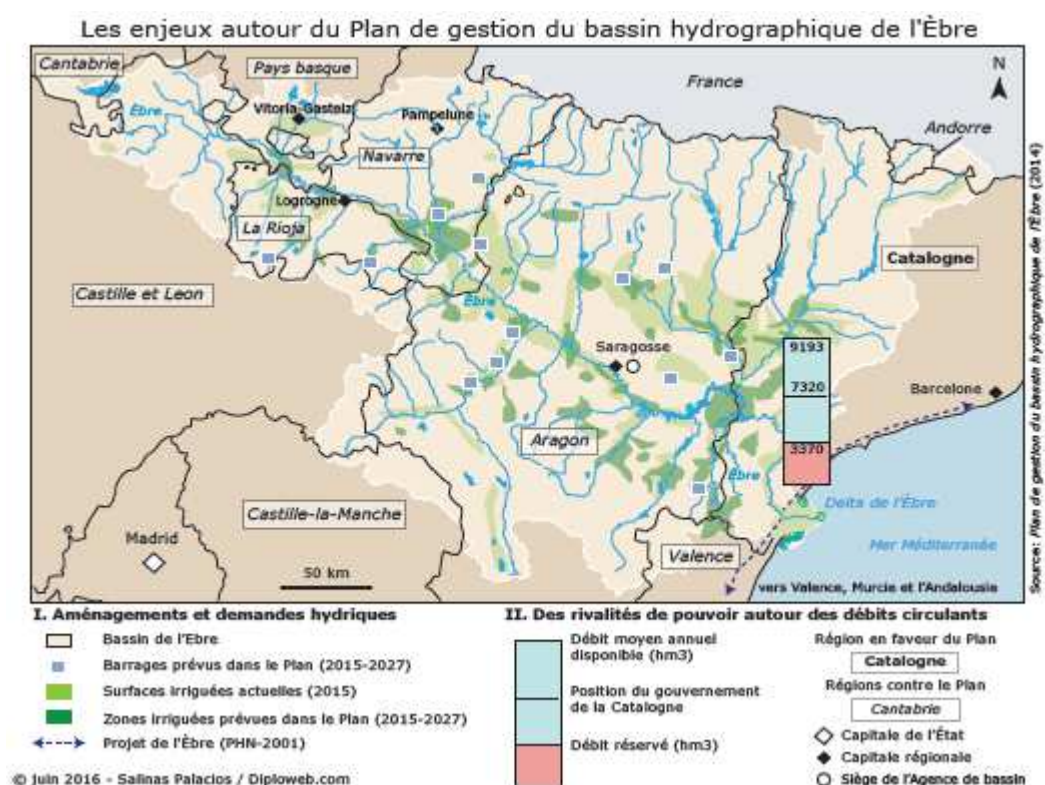
Plus récemment, le Plan Hydrologique National (PNH), approuvé en 2001, a emprunté la même voie stratégique à base d'infrastructures. Il prévoyait la construction de 118 barrages, 41 usines de dessalement, dont 16 sur la côte méditerranéenne et le transfert d'une partie des eaux de l'Ebre (environ 1000 hm³ par an) vers les régions de l'arc méditerranéen qui vont de la Catalogne à l'Andalousie. Le bassin du Duero, également excédentaire, ferait aussi à terme l'objet de transferts vers les bassins déficitaires. Le PNH a provoqué de multiples controverses et soulevé de nombreuses contestations et mouvements d'opposition, notamment en provenance de l'Aragon et des dépendances catalanes du bas-Ebre.

Après les élections législatives de mars 2004, marquant l'arrivée au pouvoir du Parti socialiste, le nouveau gouvernement modifie le PNH et adopte un programme sur 4 ans, connu sous le nom de AGUA (*Programa Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua*), présenté comme une alternative au transfert des eaux de l'Ebre et axé sur le dessalement de l'eau de mer (de 41 à 60 usines de dessalement). Ce programme AGUA ne constitue pas pour autant la remise en cause d'une politique qui reste essentiellement centrée sur l'offre.

Les effets à long terme des choix stratégiques fondés sur l'offre

A grands traits au niveau macroéconomique, deux grands processus ont accompagné, en même temps qu'ils l'alimentaient en permanence, la stratégie de développement des infrastructures destinée à répondre à une demande en constante progression :

- d'une part le développement de l'agriculture irriguée, qui est à la base, sans en être le seul facteur explicatif, de l'agressivité commerciale des produits agricoles espagnols. Voir par exemple l'illustration ci-dessous pour le bassin de l'Ebre ;



- d'autre part des processus d'urbanisation aux composantes multiples. Ces processus ont été décrits (voir thèse M. François en référence) en particulier dans la région de Murcie, recouvrant un peu plus de la moitié du bassin du Segura, chroniquement déficitaire, dont la trajectoire socio-économique a été bouleversée par le transfert des eaux du Tage et la mise à disposition de ces ressources en eau nouvelles. La première composante « concerne le littoral et affecte les petits villages de pêcheurs et d'agriculteurs. Le développement du tourisme et l'augmentation de concentrations de populations vivant de l'agriculture et de l'agro-industrie ont abouti à une urbanisation en continu tout le long de la ligne de côte ». La seconde composante « touche les petites villes situées à l'intérieur de la région où une grande superficie de terres agricoles a été sacrifiée au profit notamment de la construction de *resorts*, vastes complexes résidentiels et hôteliers organisés en vase clos ». Les législations régionales contrôlant le foncier sont venues encourager ces processus d'urbanisation, notamment par le développement des infrastructures touristiques et résidentielles sur la frange littorale.

L'ensemble de ces processus conduit, dans la période actuelle, à une situation très détériorée par rapport à ce qu'elle a pu être au milieu de la décennie 70. Bien qu'il n'ait pas été possible de documenter précisément les bilans globaux, hydrologiques ou socio-économiques, dans la dernière décennie, on peut néanmoins citer quelques caractéristiques de cette situation :

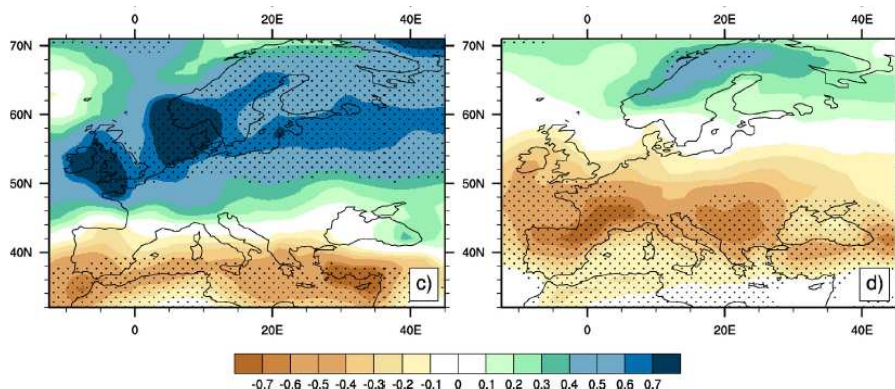
- les quelques études disponibles montrent que la balance ressources / besoins n'est toujours pas à l'équilibre et que les besoins nouveaux apparus du fait des développements agricoles, urbains et touristiques entraînent la poursuite de la course à l'offre d'eau supplémentaire, dans un horizon maintenant assombri par les effets du changement climatique ;
- les conséquences écologiques de l'augmentation généralisée des prélèvements dans les cours d'eau sont de plus en plus sensibles et parfois dramatiques, comme sur le Tage ou l'Ebre. Elles cumulent les problèmes de qualité d'eau, de recul du trait de côte, d'affaissement des zones deltaïques et de pénétration d'eau salée à l'intérieur des terres et des aquifères côtiers ;
- les conséquences socio-économiques à long terme des stratégies de gestion de l'eau mises en œuvre sont considérables. Elles impliquent les problématiques de concurrence territoriale (entre agriculteurs traditionnels, petits et moyens propriétaires, et nouveaux irrigants en grandes propriétés), de transformation des filières et des modèles de production, d'emploi généralisé de main d'œuvre migrante à faible coût, de concurrence foncière entre l'activité agricole, l'urbanisme résidentiel et périurbain, et l'activité touristique, et globalement de défiances entre les régions autour du partage de l'eau.

Une des propriétés, non des moindres, émergeant de ce tableau inquiétant est l'irréversibilité forte de l'ensemble de ces processus emboîtés.

Réalités hydrologiques et prévisions climatiques : les difficultés à attendre.

Deux types d'analyses permettent de mieux mesurer les contraintes supplémentaires qui vont peser sur la gestion de l'eau en Espagne dans les évolutions climatiques à venir.

La première concerne la diminution des apports. La carte après (Boe et Terray, 2013, CRAS) montre la diminution moyenne des précipitations attendue à l'horizon 2100 par rapport à une situation moyenne de référence calculée sur la période 1900-1929, en hiver (carte de gauche) et en été (carte de droite).



Globalement, les sécheresses hydrologiques vont s'intensifier, ce qui affectera le régime des cours d'eau et leur capacité à satisfaire au remplissage des capacités de stockage des retenues.

La deuxième s'intéresse au régime des crues sur l'ensemble de l'Europe. Elle est issue d'une publication très récente (Günther Blöschl et al., 2019, Nature) qui montre comment le changement climatique est déjà visible dans le régime des crues en Europe analysé sur la période 1960-2010, sur un panel de bassins versants allant de 5 à 100 000 km².

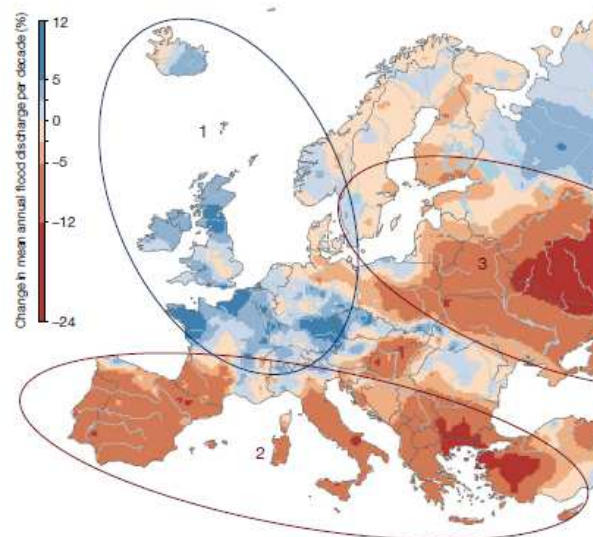


Fig. 1 | Observed regional trends of river flood discharges in Europe (1960–2010). Blue indicates increasing flood discharges and red denotes decreasing flood discharges (in per cent change of the mean annual flood discharge per decade). Numbers 1–3 indicate regions with distinct drivers. 1, Northwestern Europe: increasing rainfall and soil moisture. 2, Southern Europe: decreasing rainfall and increasing evaporation. 3, Eastern Europe: decreasing and earlier snowmelt. The trends are based on data from $n = 2,370$ hydrometric stations. For uncertainties see Extended Data Fig. 2b.

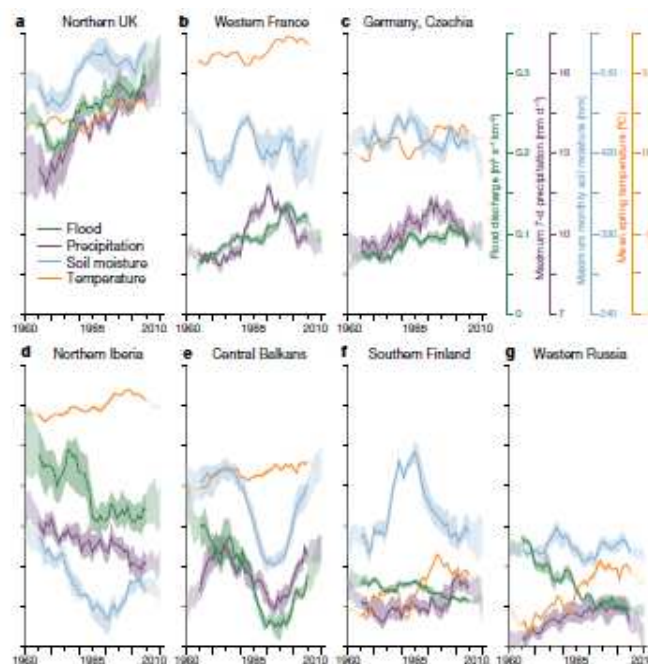


Fig. 2 | Long-term temporal evolution of flood discharges and their drivers for seven hotspots in Europe. a, Northern United Kingdom; b, western France; c, southern Germany and western Czechia; d, northern Iberia; e, central Balkans; f, southern Finland; g, western Russia. The data represent observed floods (green), maximum seven-day precipitation

(purple), maximum monthly soil moisture (blue) and mean spring air temperature (orange). Solid lines show the median and shaded bands indicate the spatial variability within the hotspots (25th and 75th percentiles). All data were subjected to a ten-year moving-average filter. Vertical axes are indicated in the top right corner.

Globalement, l'Espagne (et également les régions Nouvelle Aquitaine et Occitanie) est affectée par une baisse très significative du régime des crues, ce qui, là aussi, a une incidence sur l'effectivité du remplissage des retenues.

Un avenir sombre

En conclusion il faut d'abord rappeler une évidence que l'on peut facilement oublier : le « modèle » espagnol ne tient que dans la mesure où les ressources en eau sont suffisamment disponibles pour que le remplissage des retenues à un niveau suffisant soit effectif.

Si cette condition générale n'est pas satisfaite, ce modèle présente des défaillances qui vont, pour éviter la ruine en chemin, pousser à intensifier la recherche de ressources supplémentaires (logique de l'offre). Il va de soi qu'un tel processus de développement à ses limites du simple point de vue de la quantité d'eau disponible, outre les problèmes socio-économiques et environnementaux qu'il est susceptible d'entraîner.

Il semble que ces limites physiques soient proches. Le taux moyen de remplissage des retenues, en décroissance ces dernières années, en est une des signatures caractéristiques (taux de remplissage global de 49 % début août 2019, en baisse significative par rapport à l'année précédente et par rapport à la moyenne des 10 dernières années). L'idée qu'il faudra arrêter le transfert Tage – Segura⁴⁵ fait son chemin.

Les évolutions climatiques déjà à l'œuvre, et qui vont perdurer dans les décennies à venir, vont accentuer le risque de défaillances, dont la gravité pourra aussi tenir aux faibles possibilités d'adaptation ou de retour en arrière que permet un système fondé sur les développements d'infrastructures lourdes.

Références citées dans l'annexe 4 :

Béthemont J., 1977, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 48, fascicule 4.

Blöschl G. et al., 2019, Changing climate both increases and decreases European floods, Nature. volume 573, pages 108–111.

Boe J., Terray L., 2013, Quantifying 21st-century France climate change and related uncertainties,

Carroué L., 2004, Gestion de l'eau en Espagne, les canaux de la discorde ; Géoconfluences.

Compte rendus Géosciences. Volume 345, issue 3, pages 136-149.

Courrier International/ El Mundo, 2017, Le Tage se meurt.

Cours des comptes européenne, 2018, Lutte contre la désertification dans l'UE, rapport d'audit n°33/2018.

François M., 2009, Eau et développement en Espagne, politique et discours, thèse Université de Caen Basse Normandie.

Habets F., 2015, Changement climatique et modélisation, conférence invitée, Journées du GFHN.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014, Le système espagnol de gouvernance de l'eau

Moutahir H. et al., 2012, Conséquences du changement climatique sur le bilan hydrique à l'échelle du Vilapono, Alicante, Espagne, Conférence CIGPRE 2.

Salinas Palacios D., 2012/3, Géopolitique de l'eau dans l'Espagne des autonomies, l'Europe en Formation n°365, pages 69 à 98.

Salinas Palacios D., 2016, L'eau en Espagne, un enjeu politique pour la Catalogne, La revue géopolitique, Diploweb.com.

Sermet J., 1961, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 32, fascicule 2.

⁴⁵ <https://www.agenciasinc.es/en/News/Climate-change-threatens-transfer-between-Tagus-Segura-River> et <https://www.theguardian.com/environment/2017/aug/14/tagus-river-at-risk-of-drying-up-completely>

Annexe 5 : Exemple de la problématique élargie d'évaluation, ne se limitant pas à la dimension de l'irrigation

« Dans le domaine de l'eau, on peut considérer que les sources de pollutions diffuses vont s'accroître globalement en réponse à des extrêmes climatiques en fréquence et en intensité. Une revue bibliographique de Kaushal et al. (2014)⁴⁶ a montré que l'interaction entre l'utilisation des sols et la variabilité climatique s'accompagne de changements d'intensité et de fréquence des flux de carbone, de nutriments et de gaz à effets de serre dans les bassins versants. Dans le même temps, la dégradation assez généralisée des têtes de bassin gomme l'effet tampon qu'elles jouent par rapport à l'écrêtement des crues ou à l'élévation de température (effet d'ombrage des corridors riverains boisés ou ripisylves).

Pour atténuer ces changements climatiques, plusieurs actions sont à envisager, à combiner bien sûr en les adaptant aux différentes réalités territoriales : (1) réduire à la source du carbone, des nutriments et des contaminants, (2) favoriser l'infiltration, (3) réduire les altérations des têtes de bassin et les chenalizations des cours d'eau, (4) favoriser les connectivités entre zones humides, cours principal et chenaux secondaires des cours d'eau, (5) restaurer les ripisylves et leurs essences, (6) réduire les causes structurelles d'échauffement de la température de l'eau (surfaces bituminées, absence de corridors végétaux, colmatages sédimentaires qui obstruent les échanges nappes rivière), (7) améliorer la qualité de l'eau et notamment les conditions d'oxygénation pour réduire les phases anoxiques favorables à la production de gaz à effet de serre et pour juguler les développements d'algues nocives pouvant produire des toxines, (8) réserver et conserver des espaces naturels comme zones tampons vis-à-vis des extrêmes et comme refuges floristiques et faunistiques. »

Pour approfondir cette question, différents documents à analyser et à actualiser :

Souchon, Y. and Nicolas, V. (2011). *Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux*. Rapport du Pôle Hydroécologie des cours d'eau - Cemagref Lyon (MAEP-LHQ) pour l'Onema, 28 p., cf. note n°1 du présent avis)

Carluer N., Babut M., Belliard J., Bernez I., Burger-Leenhardt D., Dorioz J.M., Douez O., Dufour S., Grimaldi C., Habets F., Le Bissonnais Y., Molénat J., Rollet A.J., Rosset V., Sauvage S., Usseglio-Polatera P., Leblanc B. 2016. Expertise scientifique collective sur l'impact cumulé des retenues. Rapport de synthèse. 82 pp + annexes

Sachant que l'impact des retenues multiples reste à investiguer, le thème étant mal couvert par la littérature scientifique

⁴⁶ Kaushal S.S., Mayer P., Vidon P.G. Smith R.M. Pennino M.J. Newcomer T.A. Duan S. Welty C. Belt K.T. (2014), Land Use and Climate Variability Amplify Carbon, Nutrient, and Contaminant Pulses: A Review with Management Implications, in **JAWRA**, 50-3, 585-614.

Composition du Conseil scientifique du Comité de bassin Rhône-Méditerranée

(à la date de validation du présent avis)

- **Membres du bureau :**

B. Chastan (Président), Y. Souchon (1^{er} vice-président), L.A. Romaña (2^{ème} vice-Président)

P. Billet, A. Dupuy, E. Fouilland, A. Honegger, M. Montginoul.

- **Autres membres ayant eu à valider l'avis :**

C. Amoros, C. Aspe, D. Badariotti, D. Banaru, A. Barillier, B. Barraqué, V. Borrell, P. Bustamente, B. Camenen, F. Cattaneo, J.C. Clément, D. Cœur, F. Colin, J. Croizé, N. Dorfliger, M. Esteves, J. Garric, D. Gerdeaux, D. Gilbert, P. Gourbesville, P. Hartemann, F. Huneau, P. Lenfant, C. Lévêque, P. Marmonier, E. Martin, A. Micoud, J. Mudry, C. Pergent, G. Pinay, T. Vallaëys

Composition du sous-groupe de travail du Conseil scientifique constitué pour constituer les versions de travail de cet avis:

- Scientifiques membres du Conseil scientifique du Comité de bassin :
A. Bariller, B. Barraqué, P. Billet, B. Chastan, A. Dupuy, E. Martin, A. Micoud, M. Montginoul.
- Scientifique membre du conseil scientifique audité mais n'ayant pas participé à la validation de l'avis : P. Garin
- Secrétariat :
Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse : J. Dubuis, M. Pero, M. Pantarotto, S. Stroffek

Les contributions au contenu de ce document sont faites à titre personnel et n'engagent pas les institutions qui emploient les personnes sus-mentionnées, conformément aux statuts du conseil scientifique.