Journée Scientifique
« Ressources en eau et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur »

©Martin Laurenceau

Jeudi 04 février 2021
Webinaire

REMERCIEMENTS

L'équipe organisatrice tient à remercier l'ensemble des partenaires financiers sans lesquels cet événement n'aurait pas pu avoir lieu : la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et EDF Hydro Méditerranée.

Nous remercions également les représentants de ces instances : M. Philippe Vitel, vice-président de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur et président de l'Assemblée pour une Gouvernance Opérationnelle de la Ressource en eau et des Aquifères (AGORA), Mme Ariane Beauvillain, directrice Concessions d'EDF Hydro Méditerranée et Mme Annick Mièvre, directrice de la délégation de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, pour leur intérêt, leur présence et leur participation à cette journée.

Nous remercions tous les intervenants scientifiques qui ont répondu présents à notre appel. Leurs présentations, pédagogiques, ont permis de dresser un bilan de la vulnérabilité des ressources en eau face aux enjeux climatiques et socio-économiques, et nous éclairer sur les défis à relever afin de satisfaire à la fois les différents usages anthropiques et les besoins des milieux.

Enfin, un grand merci à tous les inscrits. Malgré le format particulier du webinaire, nous sommes ravis de vous avoir accueillis en si grand nombre. Votre intérêt et vos contributions ont fait de cet évènement un succès.

L'équipe d'AIR Climat et du GREC-SUD.

COMITÉ D'ORGANISATION

- **Julie GATTACCECA** – Organisatrice, consultante indépendante en environnement et changement climatique pour le GREC-SUD
- **Antoine NICAULT** – AIR Climat, coordinateur du GREC-SUD
- **Joëlle HERVO** – Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
- **Christel FRANCART** – Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- **Catherine LE NORMANT COLOMB** – EDF Hydro Méditerranée

PRÉAMBULE

La journée s'est tenue le jeudi 04 février 2021 en webinaire en raison des conditions sanitaires. Elle a suscité un fort intérêt avec 174 inscriptions. Elle a finalement rassemblé 130 personnes, (scientifiques, gestionnaires, décideurs…) tout au long de la journée, avec 75 % du public qui a assisté à l'ensemble de la journée. La majorité des participants a suivi la journée à titre professionnel (institutions, associations, etc.), avec des connaissances déjà développées sur le sujet, ou nécessitant un besoin d'approfondissement.

Selon le sondage post-journée, les objectifs ont été atteints. Les participants indiquent que cette journée leur a principalement apporté des connaissances (i) scientifiques générales sur l'impact du changement climatique sur les ressources en eau, (ii) sur les modèles et méthodes de mesures et d'analyses propres aux ressources en eau, (iii) sur les initiatives locales de gestion de l'eau, et (iv) dans une moindre mesure sur les acteurs politiques proposant des leviers d'action sur la gestion des ressources. Les informations délivrées ont parfois été perçues comme pointues et techniques, et l'effort de pédagogie des intervenants a été fortement apprécié. Les participants se montrent également intéressés par l'organisation d'autres journées de ce type sur des sujets comme la biodiversité, l'agriculture et les retours d'expérience sur les politiques d'adaptation au changement climatique.

Ces actes proposent une synthèse des présentations et des messages clés, une retranscription des échanges, ainsi qu'une liste de ressources mentionnées durant la journée. Ce travail de valorisation est complété par la mise à disposition des supports de présentation en téléchargement sur le site du GREC-SUD et des interventions vidéo sur la chaîne YouTube du GREC-SUD. Des articles rédigés par les intervenants et basés sur les travaux présentés seront prochainement publiés sur le site web du GREC-SUD (www.grec-sud.fr) : ils seront compilés sous forme de « mini cahier » et permettront d'actualiser les connaissances compilées dans le cahier sur les ressources en eau publié en 2017.

PROGRAMME DÉTAILLÉ

09h10 - INTRODUCTION DE LA JOURNÉE - Antoine NICAULT, GREC-SUD

09h15 - MOTS DE BIENVENUE DES PARTENAIRES ORGANISATEURS et FINANCIERS

M. Philippe VITEL, vice-président de la Région Sud Provence Alpes-Côte d'Azur et président de l'AGORA
Mme Ariane BEAUVILLAIN, directrice Concessions d'EDF Hydro Méditerranée
Mme Annick MIÈVRE, directrice de la délégation de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse

09H30 **RESSOURCES EN EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN – ENSEIGNEMENTS DU RAPPORT MedECC.**
Joël GUIOT • Paléoclimatologue • Directeur de recherche CNRS émérite • Co-président du GREC-SUD • Co-fondateur du groupe d'experts sur le changement climatique en Méditerranée (MedECC) • Auteur principal du rapport « 1.5°C » du GIEC.

09H45 **ÉVOLUTION DE L'ENNEIGEMENT ET DES GLACIERS : QUELLES CONSÉQUENCES SUR LA RESSOURCE EN EAU À COURT, MOYEN ET LONG TERME ?**
Samuel MORIN • Chercheur en physique de la neige • Directeur du CNRM (Centre national de recherche météorologique - Météo-France / CNRS) • Auteur principal du rapport « SROCC » du GIEC.

10H10 **ÉVOLUTIONS ACTUELLE ET FUTURE DES RESSOURCES DE SURFACE : QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES PROJETS NATIONAUX ET RÉGIONAUX ?**
Éric SAUQUET • Hydrologue • Directeur de recherche INRAE • Coordinateur du projet R2D2 2050.

10h40 **RECONSTRUCTION ET PROJECTION À LONG TERME (1900-2100) DE L'HYDRO-MÉTÉOROLOGIE DES BASSINS DU SUD-EST DE LA FRANCE - LE CAS DU PARC NATIONAL DU MERCANTOUR.**
Thibault MATHEVET • Hydrologue • Ingénieur Pôle EDF Hydro DTG Grenoble.

11h05 **ÉVOLUTIONS ACTUELLE ET FUTURE DE LA RECHARGE NATURELLE DES NAPPES SOUTERRAINES DU BASSIN RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE (RMC) - ENSEIGNEMENTS DU PROJET « RECHARGE ».**
Yvan CABALLERO • Hydrogéologue • BRGM.

11H30 **LE FRAGILE ÉQUILIBRE DES ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE FACE AUX CHANGEMENTS À VENIR.**
Patrick GRILLAS • Directeur général délégué aux programmes • Tour du Valat ;
Christophe GARRONE • Responsable du pôle études scientifiques • Maison Régionale de l'Eau.

11H50 – 12h45 / ÉCHANGES AVEC LA SALLE

14h00 **LA GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN VERSANT DURANCIEN - QUELLE GOUVERNANCE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ? ENJEUX, ENSEIGNEMENTS ET PERSPECTIVES.**
Thierry RIEU • Économiste et enseignant-chercheur ; **Sophie RICHARD** • Enseignante-chercheuse en gouvernance et gestion de l'eau ; **Martin LAURENCEAU** • Chercheur en sciences sociales de l'eau • AgroParisTech, UMR G-EAU (Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages).

14H35 **INTÉGRATION DU COMPORTEMENT DES USAGERS DANS LES STRATÉGIES D'ADAPTATION LOCALES DE GESTION PARTAGÉE DE L'EAU - PRÉSENTATION DU PROJET RADHY-BUËCH.**
Bruno BONTÉ • Chargé de recherche en modélisation INRAE, UMR G-EAU.

15H00 **LA NAPPE DE LA CRAU À L'HORIZON 2050 : QUELLE(S) STRATÉGIE(S) DE GESTION(S) FACE AUX CHANGEMENTS GLOBAUX ? ENSEIGNEMENTS DE L'ÉTUDE SINERGI.**
David VILLESSECHE • Chargé de mission Réseaux, Observatoire & Connaissances • Syndicat mixte de gestion de la nappe phréatique de la Crau (SYMCRAU).

15h30 – 16h30 / ÉCHANGES AVEC LA SALLE

CONTEXTE ET ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur présente des ressources en eau vulnérables face au changement climatique dont les effets sont déjà constatés : fonte des glaciers, réduction du manteau neigeux, augmentation des périodes de sécheresse en quantité et durée. Ces modifications du cycle hydrologique entraînent l'évolution des régimes hydrologiques des bassins versants, auxquelles se rajoutent les forçages anthropiques liés aux usages, avec l'agriculture et l'alimentation en eau potable comme secteurs les plus consommateurs sur le territoire. Les ressources sont actuellement considérées comme suffisantes à l'échelle 2050 pour soutenir les besoins anthropiques du territoire, mais l'équilibre est plus que délicat : la région dépend majoritairement du système aménagé Durance-Verdon dont toutes les ressources sont actuellement allouées. Des situations de tension existent déjà de manière régulière, particulièrement sur des bassins versants déconnectés du système Durance-Verdon qui sont identifiés comme déficitaires car dans l'incapacité de satisfaire les besoins de préservation des milieux.

Dans ce contexte, cette journée se proposait de faire l'état des lieux des (i) connaissances scientifiques sur les tendances actuelles et futures concernant l'évolution des ressources en eau en réponse au changement climatique et (ii) sur les enjeux qui en découlent en termes de gouvernance et de gestion intégrée de l'eau à court, moyen et long terme. L'un des retours d'expérience exprimé lors de cette journée est que les enseignements issus de ces projets de recherche sont essentiels pour fournir un socle solide et commun scientifique aux discussions et décisions nourrissant les politiques d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. Il est primordial que ces projets continuent à se développer au plus près des problématiques des territoires. Il a été rappelé l'importance de pouvoir disposer de réseaux de mesures pérennes et de longues chroniques de données mesurées. Les modèles sont régulièrement améliorés mais resteront par nature toujours entachés d'incertitudes. Les projections issues de ces modèles permettent de définir des grandes tendances en fonction des évolutions possibles du climat. La gouvernance doit s'approprier ce champ des possibles en se dirigeant vers des solutions sans regret qui permettront à l'horizon 2050 de se retrouver dans la meilleure situation possible en termes de ressources. Cela nécessite d'anticiper dès aujourd'hui en se dirigeant vers une société plus sobre en eau, en optimisant les réseaux et en pérennisant une gestion de l'usage de l'eau en co-construction avec toutes les parties prenantes. Le nouveau programme SDAGE 2022-2027 du bassin Rhône Méditerranée inscrit des actions engageantes allant dans ce sens. Pour leur mise en œuvre efficace, il faudra apporter une vigilance particulière pour que ces mesures d'adaptation soient comprises et acceptées par toutes les parties prenantes.

En introduction de cette journée, Joël Guiot (CNRS) a présenté le rapport MedECC, premier rapport sur les changements climatiques et environnementaux dans le bassin méditerranéen. Il a insisté sur la forte vulnérabilité du bassin méditerranéen au changement climatique, notamment concernant l'accès aux ressources en eau et ses conséquences inquiétantes pour l'agriculture. Les présentations de la matinée ont ensuite permis de dresser un état des lieux des connaissances scientifiques actuelles sur les forçages climatiques et anthropiques qui influencent le cycle hydrologique et sur la vulnérabilité de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur face aux tendances d'évolution du climat.

L'impact du changement climatique sur l'évolution des glaciers et du manteau neigeux (Samuel Morin, CNRS), l'évolution des ressources en eau de surface (Éric Sauquet, INRAE) et souterraine (Yves

Caballero, BRGM) à l'échelle de la région a été présenté. Selon les projections climatiques issues des différents scénarios socio-économiques plus ou moins optimistes, les évolutions futures du cycle hydrologique, convergent vers des tendances à la réduction des glaciers et à la diminution du manteau neigeux au niveau des Alpes, une baisse des débits moyens annuels et de la recharge potentielle en eau souterraine et une aggravation des étiages estivaux en quantité et intensité. Tous ces phénomènes, d'ores et déjà en partie observés, s'accentueraient jusqu'en 2050 avec une intensité relativement similaire quel que soit le scénario socio-économique considéré. Au-delà et jusqu'à la fin du siècle, les perturbations seront plus ou moins violentes en fonction des composantes du cycle hydrologique concernées et de notre capacité à réduire dès aujourd'hui nos émissions de gaz à effet de serre. Ces résultats quantitatifs, mis en comparaison avec les connaissances en termes de besoins et d'usages, permettent d'obtenir une vision des futures tensions qui nécessiteront une adaptation des pratiques et un renforcement de la préservation des milieux. Le fragile équilibre des écosystèmes d'eau douce a été plus particulièrement illustré à travers les résultats d'une étude régionale montrant l'altération de ces milieux en lien avec le changement climatique et les conséquences actuelles et futur sur la faune et la flore (Patrick Grillas, Tour du Valat et Christophe Garonne, Maison Régionale de l'Eau).

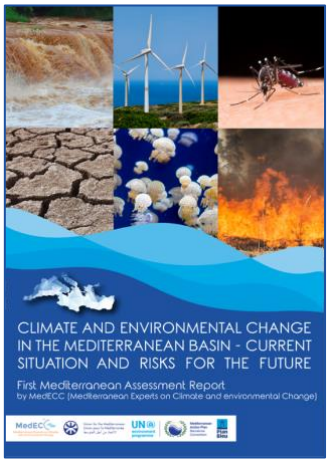
Une approche régionale face au futur risque d'amoindrissement de ces ressources est nécessaire. Cependant, il existe de fortes hétérogénéités à l'échelle des différents bassins versants de la région, avec des défis spécifiques socio-hydrologiques qui se doivent d'être étudiés à cette échelle, tout en gardant à l'esprit la forte interdépendance régionale. Le développement de projets au plus près des problématiques locales est nécessaire pour pouvoir fournir des résultats adaptés à la meilleure construction possible d'une gestion intégrée de l'eau. Ceci a été par exemple illustré à travers la présentation de l'étude menée par EDF sur l'évolution passée et future des régimes hydrologiques et de l'enneigement entre 1900 et 2100 des bassins versants de montagne du Parc national du Mercantour (Thibault Mathevet, EDF). Les résultats seront utiles aux acteurs locaux, notamment à EDF pour la gestion des ouvrages hydroélectriques et au Parc dans une optique de préservation des milieux et de la biodiversité. La présentation de l'étude SINERGI a offert un autre exemple sur la plaine de la CRAU (David Villeseche, SYMCRAU). Cette collaboration entre gestionnaires et chercheurs a permis d'évaluer l'évolution de la nappe de la Crau selon différents scénarios d'économies d'eau à l'horizon 2050. Ces études, utiles à la connaissance et l'adaptation locale, semblent encore parfois limitées dans leur capacité à intégrer toutes les composantes du cycle hydrologique. Ce dernier point reste, d'une façon générale, un défi à relever dans les futures approches locales ou régionales futures.

Répondre aux défis de la gestion de l'eau nécessite une gouvernance institutionnelle qui s'approprie et diffuse ces connaissances mais aussi assure la pérennisation d'une approche de gestion concertée, déjà engagée sur la région, afin de co-construire une adaptation évolutive des usages. Un retour sur l'évolution historique de la gouvernance adaptative sur le bassin versant de la Durance, désormais multisectorielle et multi-acteurs, a permis d'apporter une vision des devoirs institutionnels et d'en apprécier la complexité (Thierry Rieu et Sophie Richard, AgroParisTech, UMR G-EAU). L'analyse de la mise en place et de l'efficience de certaines actions dans les politiques d'économies d'eau, telles que le Compte Épargne Volume démarré en 2016, a permis de discuter sur les défis restants à relever (Martin Laurenceau, AgroParisTech, UMR G-EAU). Concernant ces politiques, la présentation du projet RadHy-Buëch (Bruno Bonté, INRAE, UMR G-EAU) a mis en avant l'importance d'associer l'ensemble des acteurs concernés aux différents processus d'élaboration d'outils de partage de l'eau.

RETOUR SUR LES PRÉSENTATIONS

RESSOURCES EN EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN – ENSEIGNEMENTS DU RAPPORT MedECC.

Intervenant : Joël GUIOT *est paléoclimatologue et directeur de recherche émérite au CNRS. Il est co-président du GREC-SUD, co-fondateur du groupe d'experts sur le changement climatique en Méditerranée (MedECC) et auteur principal du rapport « 1.5°C » du GIEC.*



Le MeddEC a publié en novembre 2020 le premier rapport d'évaluation scientifique sur le changement climatique et environnemental en Méditerranée qui délivre entre autres des enseignements sur l'impact des changements globaux sur les ressources en eau. La Méditerranée apparaît comme un "hotspot" via la conjonction de plusieurs risques tels que l'artificialisation des sols face à une population croissante, l'élévation du niveau de la mer, la perte de biodiversité, la pollution et bien sûr la hausse très rapide des températures.

Le pourtour méditerranéen présente une vulnérabilité inégale avec, dans les pays du Sud, une situation préoccupante pour des dizaines de millions de personnes vivant déjà en situation de manque ou de pénurie d'eau extrême. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur se situe actuellement en position de sécurité, surtout grâce aux Alpes (entre 1700 et 5000 m^3 par habitant et par année d'eau disponible).

En se basant sur le scénario RCP 8.5 (envisageant une inaction politique face au changement climatique), l'évolution future des précipitations à l'horizon 2100 serait marquée par une augmentation des précipitations en hiver sur les Alpes, et une diminution estivale des précipitations estimée de 4 % par degré de réchauffement climatique et donc selon les scénarios entre 4 % (RCP 2.5) et 22 % (RCP 8.5).

> *« Le problème du réchauffement climatique et ses conséquences sur les ressources en eau va fortement impacter l'agriculture en Méditerranée. La réduction en quantité et en qualité de l'eau augmentera les conflits entre utilisateurs et le risque de dégradation des écosystèmes. » J. Guiot*

Des pistes de réflexions existent qui prônent une meilleure gestion des ressources en eau, comme par exemple une amélioration du traitement des eaux usées ou le développement de l'agroécologie, qui pourraient permettre de limiter les carences en eau pour l'agriculture et les usagers.

Une démarche d'atténuation du changement climatique devra inéluctablement aller de pair avec le processus d'adaptation car une inaction en la matière mènerait en 2100 à une augmentation dramatique des températures (de l'ordre de 4 à 5 °C) et de fait à une intensification potentiellement irréversible des problèmes évoqués.

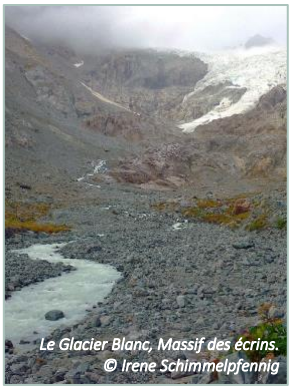
> *« Des efforts considérablement accrus sont nécessaires pour l'atténuation et l'adaptation dans la région. Les deux sont nécessaires, mais si l'on n'atténue pas le changement climatique, cela deviendra quasiment impossible de s'adapter. » J. Guiot*

ÉVOLUTION DE L'ENNEIGEMENT ET DES GLACIERS : QUELLES CONSÉQUENCES SUR LA RESSOURCE EN EAU À COURT, MOYEN ET LONG TERME ?

Intervenant : Samuel MORIN *est chercheur en physique de la neige, directeur du CNRM (Centre national de recherche météorologique - Météo-France / CNRS) et l'un des auteurs principaux du rapport du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique (GIEC SROCC). En l'absence de Samuel MORIN, la présentation a été réalisée par* ***Éric SAUQUET****, directeur de recherche en hydrologie à l'INRAE.*

L'effet du changement climatique sur les glaciers et l'enneigement ont, et auront, un impact non négligeable sur l'hydrologie des bassins versants. Une étude récente a mis en évidence une tendance globale à la décroissance de l'épaisseur du manteau neigeux sur le massif des Alpes, diminution particulièrement visible sur les parties inférieures à 2000 mètres d'altitude et durant la saison printanière.

« Entre 1971 et 2019, on constate une tendance à la décroissance de l'épaisseur de neige sur le massif des Alpes. » E. Sauquet


Le Glacier Blanc, Massif des écrins. © Irene Schimmelpfennig

La diminution de la masse volumique des glaciers est tout aussi préoccupante, puisque c'est un effondrement qui est observé depuis les années 1980. Le retrait glaciaire s'opère sur un grand nombre de glaciers, dont ceux de la Mer de Glace et de l'Argentière très instrumentés et représentatifs.

A l'horizon 2050, l'évolution à la baisse de la couverture neigeuse et la fonte des glaciers se poursuivraient avec une intensité relativement similaire quel que soit le scénario d'émission de gaz à effet de serre. Au-delà, la violence de ces tendances à la baisse sera proportionnelle à la gravité du scénario d'évolution du climat.

« 2050 est une échéance assez particulière, à partir de laquelle les trajectoires vont vraiment diverger compte tenu de notre stratégie en termes de politique d'atténuation. » E. Sauquet

À la fin du 21ème siècle et pour un scénario médian (RCP 4.5), il existe des risques non négligeables de voir disparaître un certain nombre de glaciers, comme le glacier de la Mer de Glace ou celui d'Argentière, entraînant un effondrement de leur capacité à soutenir les étiages estivaux. La baisse des débits estivaux est également une conséquence projetée en réponse à une baisse de la fraction neigeuse et à des précipitations estivales projetées à la baisse dans le sud-est de la France. En revanche, des températures plus élevées en hiver et une augmentation des précipitations liquides devraient entrainer une hausse des débits hivernaux.

ÉVOLUTIONS ACTUELLE ET FUTURE DES RESSOURCES DE SURFACE : QUELS ENSEIGNEMENTS TIRER DES PROJETS NATIONAUX ET RÉGIONAUX ?

Intervenant : Éric SAUQUET *est hydrologue et directeur de recherche à l'INRAE. Il est notamment coordinateur du projet R^2D^2 2050 (Risques, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050).*

Depuis une dizaine d'années, des projets nationaux et régionaux ont permis de tirer des enseignements sur l'évolution future des ressources en eau. A l'échelle de la région, ces études d'impact s'accordent sur une tendance à la baisse non négligeable des débits moyens annuels de l'ordre de 20 % à l'horizon 2050, une augmentation en intensité et durée des étiage estivaux, une diminution des stocks de neige et une fonte avancée dans l'année. Malgré le fait que les réserves physiques en eau apparaissent encore comme suffisantes à cet horizon, les changements climatiques et socio-économiques risquent donc de modifier les cycles hydrologiques et la capacité à satisfaire les différents usages dépendant des réserves de la Durance et du Verdon. Il y a donc un intérêt à

trouver des solutions pour assurer un nouvel équilibre qui se traduira par un compromis entre les différents usages.

« Les trajectoires socioéconomiques ont un poids tout aussi important que le climat sur les risques de défaillance du futur » E. Sauquet

La région est particulièrement vulnérable aux phénomènes d'intermittence sur les cours d'eaux de tête de bassins. Les bassins non connectés et non sécurisés par le bassin de la Durance sont soumis à des limitations d'usage qui seront de plus en plus fréquentes. Une étude récente de reconstruction de la dynamique des assèchements à l'échelle de la région a pu se faire en capitalisant sur les

indicateurs hydriques du réseau de surveillance des étiages ONDE (Observatoire National Des Étiages). Dans la période actuelle, le pourtour méditerranéen est soumis fréquemment à des probabilités d'intermittence sur les petits cours d'eaux (20 %). Les projections futures montrent une dégradation de la situation avec des probabilités d'intermittence atteignant jusqu'à 40 % sur les secteurs de plaine.

« Certains écosystèmes vont être fortement impactés par des conditions d'intermittence totalement inédites et profondément différentes de celles que l'on connaît actuellement » E. Sauquet

Il y a une nécessité d'actualiser en continu les connaissances pour alimenter les études sur les prospectives territoriales et un besoin de mieux représenter les vulnérabilités à la variabilité du climat afin d'anticiper les actions et les adaptations. Les perspectives concernant les exercices de simulation reposent sur l'amélioration des modèles et sur le développement de services hydroclimatiques dédiés. L'objectif est de fournir de l'information claire et utile afin de pouvoir aider les acteurs de la gestion locale à évaluer et à prendre en compte les effets du changement climatique dans leur planification (projet Life Eau et Climat, projet Explore 2…).

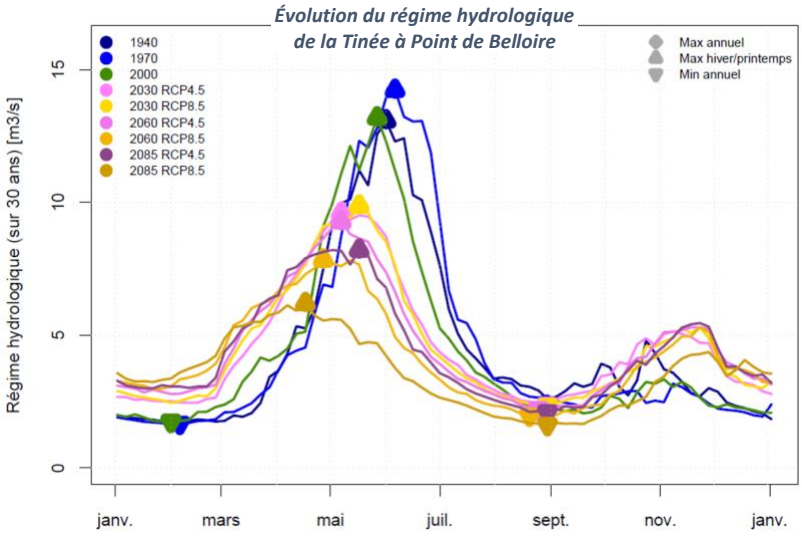
RECONSTRUCTION ET PROJECTION À LONG TERME (1900-2100) DE L'HYDRO-MÉTÉOROLOGIE DES BASSINS DU SUD-EST DE LA FRANCE : LE CAS DU PARC NATIONAL DU MERCANTOUR.

Intervenant : Thibault MATHEVET *est hydrologue et Ingénieur Pôle EDF Hydro DTG Grenoble et a récemment réalisé une étude sur la variabilité hydrométéorologique à l'échelle du Parc national du Mercantour.*

Dans le contexte actuel de changement climatique, les zones de montagne représentent un grand intérêt scientifique, notamment sur les thématiques des ressources en eau disponibles et de biodiversité. L'impact du changement climatique sur les ressources en eau et la dynamique nivale a été étudié dans les bassins versants du Parc national du Mercantour (Var, Tinée, Vésubie). La reconstruction long terme (1900-2100) de chroniques continues de la teneur en eau de la neige et des débits moyens ont permis de définir les tendances futures de l'évolution des régimes hydrologiques.

L'homogénéité des tendances sur les bassins versants met en évidence une réduction progressive des débits moyens annuels depuis les années 2000, une réduction de l'enneigement de l'ordre de 50 à 75 % et une réduction de 25 à 50 jours de la durée de la saison nivale à l'horizon 2030 qui s'accentuera progressivement par la suite.

« A l'échelle des bassins versants, l'impact du changement climatique se traduit par un effondrement du caractère nival. » T. Mathevet



Il existe de grandes variabilités en fonction des scénarios et des caractéristiques montagnardes des bassins versants, mais la tendance marquée à la transition d'un régime dominé par la neige vers un régime dominé par la pluie est observée, avec des conséquences sur la période et l'intensité des étiages et des crues. Les impacts du changement climatique sont plus forts actuellement sur les bassins versants du Var et la Vésubie, que sur ceux de la Tinée où la neige, présente en plus grande quantité, réduit les impacts de la température sur l'évapotranspiration.

« Anticiper dans le futur les conditions de certains bassins versants peut se faire en allant chercher des analogues déjà observés. C'est l'intérêt des études régionales sur des bassins versants à différentes altitudes. » T. Mathevet

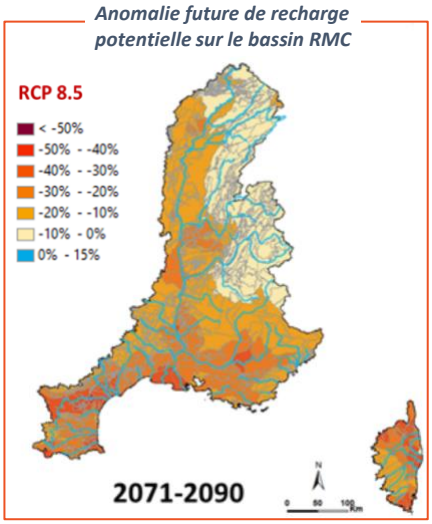
ÉVOLUTIONS ACTUELLE ET FUTURE DE LA RECHARGE NATURELLE DES NAPPES SOUTERRAINES DU BASSIN RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE (RMC) - ENSEIGNEMENTS DU PROJET « RECHARGE » (BRGM).

Intervenant : Yvan CABALLERO *est hydrologue sénior au BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) et présente ici les enseignements du programme de recherches « RECHARGE » sur les évolutions actuelle et future de la recharge naturelle des nappes souterraines du bassin Rhône Méditerranée Corse RMC.*

Dans la région, l'eau souterraine est une ressource essentielle pour l'alimentation en eau potable de la population et le soutien d'étiage des cours d'eaux. Les travaux engagés depuis 2014 par le BRGM dans le cadre des programmes « RECHARGE » permettent de caractériser et quantifier la recharge potentielle des aquifères à l'échelle des bassins versants de la région et d'estimer son évolution future en réponse au changement climatique. La recharge potentielle des aquifères dépend de la pluie efficace disponible et du coefficient d'infiltration qui dépendent entre autres des différentes formations géologiques et de la lithologie. Sa cartographie à l'échelle des entités géologiques permet de la comparer aux prélèvements et besoins en eau tous usages confondus, et ainsi de faire émerger la vulnérabilité des systèmes et les zones de tensions potentielles. Sur la période actuelle (1981-2010), 154 des 232 masses d'eau souterraine présentent un ratio entre prélèvement et ressource inférieur à 5 %, mais des zones d'extrêmes tensions sont déjà observées notamment sur le pourtour azuréen (ratios entre 50 et 100 %) avec et la plaine de la Crau (supérieur à 100 %).

Ces résultats, récemment actualisés, sont entachés de fortes incertitudes, mais permettent de définir une tendance robuste à la baisse future de cette ressource. L'étude de la recharge potentielle future, à court (2021-2040) et moyen (2041-2060) termes, montre une évolution relativement similaire pour

les deux scénarios envisagés (RCP 2.6 « optimiste » et RCP 8.5 « pessimiste ») avec une évolution à la baisse de l'ordre de -10 à -20 % d'ici 2050.



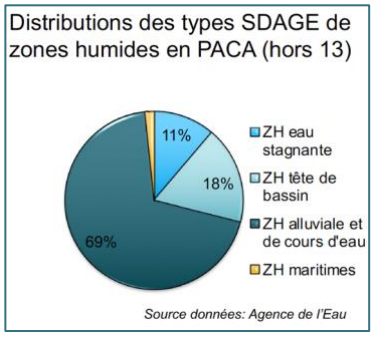
À la fin du siècle, les deux scénarios se différencient : en suivant le scénario optimiste, on reviendrait à des niveaux « acceptables », alors que la trajectoire du scénario pessimiste provoque des déficits marqués, notamment sur le pourtour méditerranéen, pouvant atteindre une baisse relative de - 50 %.

« Il faut agir dès maintenant pour éventuellement se retrouver dès 2050 sur la trajectoire la moins catastrophique. » Y. Caballero

Cette étude devrait également permettre de contraindre l'inertie des différents types d'aquifères dans leurs réponses aux situations de sécheresses et évaluer dans quelles mesures ces déficits se traduiront sur les étiages des cours d'eau, indépendamment des processus hydrologiques de surface.

LE FRAGILE ÉQUILIBRE DES ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE FACE AUX CHANGEMENTS À VENIR.

Intervenants : Patrick GRILLAS *est directeur général délégué aux programmes à la Tour du Valat (Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes),* ***Christophe Garonne*** *est responsable du pôle études scientifiques à la Maison Régionale de l'Eau (MRE). En 2017, ils ont mené l'étude sur la caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et zones humides de Provence Alpes Côte d'Azur aux changements climatiques qui constitue le volet « milieux » du Plan Régional d'Adaptation au Changement Climatique sur la ressource en eau (PRACC).*



La région Provence-Alpes-Côte d'Azur comprend des milliers de zones humides principalement alluviales, très morcelées et sur lesquelles il existe encore trop peu d'informations quant à leur fonctionnement. Les effets du changement climatique (augmentation des températures, amplification des évènements extrêmes, montée du niveau de la mer) vont probablement altérer leur régime hydrologique et état écologique, et provoquer une diminution du nombre de zones humides réellement fonctionnelles.

« Le fonctionnement hydrologique est la première condition environnementale qui détermine le fonctionnement des zones humides. » P. Grillas

On s'attend à un glissement général des espèces vers le Nord. Pour certaines espèces vivant en limite de leur aire de répartition et n'ayant pas la capacité d'opérer ce déplacement, le risque d'extinction est important. Il en va de même pour les espèces les plus dépendantes des ressources en eau.

Dans le cadre de cette étude, la biodiversité est utilisée comme indicateur de fonctionnement des zones humides. Les bases de données naturalistes SILENE et Faune PACA ont été utilisées pour construire les indices de sensibilité des espèces de la faune et de la flore particulièrement sensibles à l'hydrologie (odonates, amphibiens, oiseaux nicheurs…). La vulnérabilité des zones humides et de leur biodiversité a pu être évaluée en couplant cette analyse aux indices d'exposition au changement

climatique à l'horizon 2050 pour un scénario RCP 4.5 (température, durée de la sécheresse ; risque de submersion marine).

Les territoires de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur semblent inégalement affectés par le changement climatique : l'ouest de la région (Durance) est fortement vulnérable à l'élévation des températures et le sud-est sera surtout affecté par la sécheresse (Esteron, Roya, Bévéra). La vulnérabilité est particulièrement forte en Camargue qui fait face également à l'élévation du niveau de la mer et au phénomène d'érosion littorale.

Il existe un déficit de données notable au centre de la région et des lacunes importantes de connaissances sur la connectivité des populations entre zones humides.

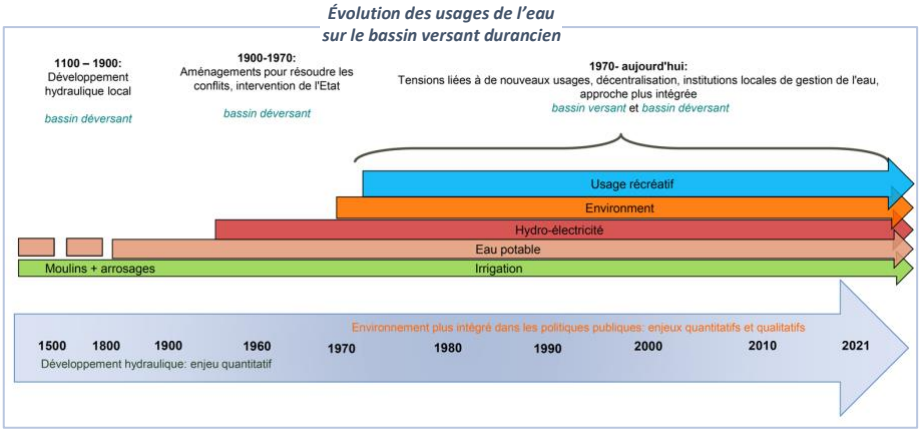
« Il y a nécessité à mieux connaître le fonctionnement hydrologique des zones humides en ayant plus de suivis et de mesures. » P. Grillas

LA GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN VERSANT DURANCIEN - QUELLE GOUVERNANCE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ? ENJEUX, ENSEIGNEMENTS ET PERSPECTIVES.

Intervenants : Thierry RIEU *est économiste et enseignant-chercheur (AgroParisTech, UMR G-EAU Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages),* ***Sophie RICHARD*** *est enseignante-chercheuse en gouvernance et gestion de l'eau (AgroParisTech, UMR G-EAU) et* ***Martin LAURENCEAU*** *est doctorant chercheur en sciences sociales de l'eau (AgroParisTech, UMR G-EAU).*

Le bassin de la Durance est très anthropisé et aménagé, et l'ensemble de la ressource en eau est actuellement allouée entre tous les usages productifs. L'analyse historique de l'évolution de la gouvernance montre une forte capacité d'adaptation à l'intégration progressive de nouveaux usages, aux bouleversements des cadres législatifs et aux nouveaux instruments spécifiques mis en place pour répondre aux enjeux. Ces évolutions ont été majoritairement motivées par les processus de décentralisation, les lois nationales et européennes sur l'eau et les milieux aquatiques et l'apparition des besoins de l'environnement.

Évolution des usages de l'eau sur le bassin versant durancien



Jusqu'aux années 1970, la gestion sectorielle et bilatérale État/usagers, focalisée autour des enjeux hydroélectriques et agricoles, a mené au développement de gros aménagements et d'outils de concessions. Actuellement, la gestion se fait avec des approches intégrées et un pluralisme en termes d'acteurs. Ce sont les institutions intermédiaires (Agence de l'eau RMC, AGORA, SAGE…) qui font le lien entre les cadres législatif et réglementaire, et les niveaux microéconomiques (services, usages, associations…).

« Les institutions présentent une diversité importante : leurs missions, contraintes et façons de délibérer objectivent beaucoup les jeux d'acteurs et donnent une vision intéressante des stratégies. » T. Rieu

Ces institutions évoluent en fonction des innovations concernant les usages ou les services, pour pouvoir répondre aux questions d'allocations et de répartition de la ressource, comme le SAGE Durance porté de façon collective avec une commission locale de l'eau définie et des délimitations qui ont fait l'objet de nombreux débats.

Barrage d'Espinasse et canal hydroélectrique, Durance ©M Laurenceau

Dans les projets en construction, le Compte Épargne Volume (CEV) s'inscrit dans la catégorie des économies d'eau, avec l'ambition de réallouer l'eau vers les milieux naturels duranciens. Il a été signé en 2016 avec un protocole cosigné par l'État et EDF qui le gère.

Ces solutions d'économie et réallocation d'eau en agriculture sont généralement mises en avant comme l'une des principales solutions pour l'adaptation au changement climatique. Cependant, la réalité est complexe, les intérêts et enjeux en lien avec les politiques d'économie d'eau sont différents selon les acteurs concernés. Ces multiples objectifs et intérêts sont potentiellement contradictoires et vont interagir lors de la mise en œuvre de ces politiques et influencer leur efficience. La mise en place de ce dispositif CEV nécessite ainsi de nombreux compromis et arbitrages entre objectifs et intérêts des différentes parties prenantes.

Pour le moment, les impacts restent assez faibles sur les milieux avec une probable sous-estimation des économies d'eau, des réallocations insuffisantes en termes de volumes et un manque d'appropriation par les acteurs du territoire. Ces observations montrent avant tout l'importance d'associer l'ensemble des acteurs pour participer à l'élaboration et la mise en œuvre de ces outils.

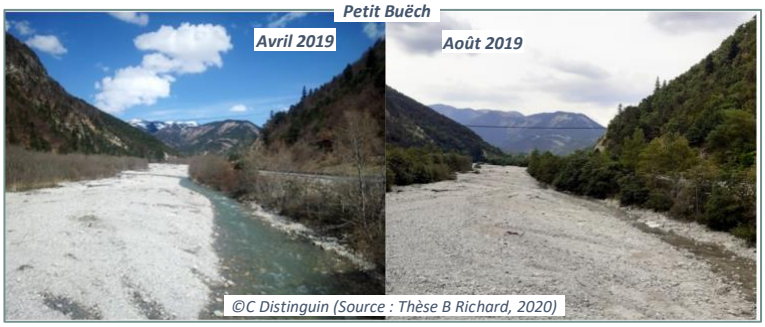
« L'adaptation au changement climatique s'intègre dans une trajectoire et se fait généralement de façon lente et incrémentale. Les changements de pratiques associés aux solutions mises en œuvre impactent différemment de nombreux usages interdépendants et la mise en œuvre passe par des compromis qui se font sur le temps long. » M. Laurenceau

L'INTÉGRATION DE LA MODÉLISATION DU COMPORTEMENT DES USAGERS DANS LES STRATÉGIES D'ADAPTATION LOCALES DE GESTION PARTAGÉE DE L'EAU – PRÉSENTATION DU PROJET RADHY-BUËCH.

Intervenants : ***Bruno Bonté*** *est chargé de recherche en modélisation à l'INRAE à l'UMR G-EAU (Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages) et fortement impliqué dans les projets relatifs au développement d'outils pour l'aide à la gestion participative de l'eau.*

Le projet RadHy-Buëch est un exemple de projet mettant en œuvre une méthode intégrée de construction d'une gestion participative de l'eau. Ce projet se concentre sur l'étude du bassin versant du Buëch déjà soumis à des tensions liées aux usages de l'eau. Il cherche à décrire les dynamiques hydrologiques, expliciter les enjeux associés aux périodes étiages et *in fine* identifier les marges de manœuvre à disposition des différents usagers, notamment les agriculteurs.

« Le bassin versant est un système complexe : il est rare d'avoir une vision unifiée qui décrive son fonctionnement. Le but est de développer des outils permettant d'intégrer les expertises scientifiques de différents domaines (économie, sociologie, hydrologie, agronomie…) conjointement aux rôles et aux actions d'usage des différentes parties prenantes. » B. Bonté



Le projet propose de construire une représentation intégrée du bassin versant en mettant en relation les contraintes des usagers agricoles et les dynamiques climatique et hydrologique. Les acteurs sont ensuite amenés à proposer des scénarios qui seront confrontés au modèle, pour simuler des débits en fonction des utilisations et ainsi permettre un travail de co-construction de scénarios. Le principe de la modélisation d'accompagnement est de fournir aux parties prenantes un ensemble d'outils pour mettre en œuvre une gestion participative et collective de la gestion de l'eau et de l'adaptation.

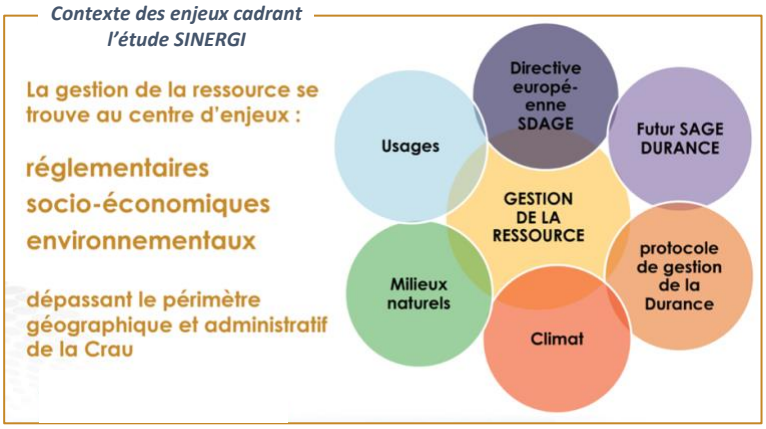
« Cette démarche est intéressante : elle permet de co-construire des objectifs et des préférences, identifier des plans d'actions et organiser la priorisation, notamment par rapport à des critères de justice sociale. Les usagers ne vont pas toujours trouver juste ou logique les mêmes choix ou décisions. » B. Bonté

LA NAPPE DE LA CRAU À L'HORIZON 2050 : QUELLE(S) STRATÉGIE(S) DE GESTION(S) FACE AUX CHANGEMENTS GLOBAUX ? ENSEIGNEMENTS DE L'ÉTUDE SINERGI.

Intervenant : David VILLESSECHE *est chargé de mission Réseaux, Observatoire & Connaissances au Syndicat mixte de gestion de la nappe phréatique de la Crau (SYMCRAU) et impliqué dans les études relatives à l'état qualitatif et quantitatif de cet aquifère côtier emblématique de la Crau. Il présente ici l'étude SINERGI qui a pu voir le jour grâce à un ambitieux partenariat recherche-gestionnaire entre le syndicat et l'unité mixte de recherche EMMAH de l'Université d'Avignon.*

Le projet SINERGI a permis d'explorer des scénarios d'économie des ressources en eau sur la plaine de la Crau à l'horizon 2050. La nappe de la Crau est l'unique ressource en eau pour 270 000 habitants. Aujourd'hui, ce sont environ 70 millions de mètres cubes d'eau qui sont prélevés annuellement pour les besoins agricoles, industriels et en alimentation en eau potable publique. La nappe alimente également à ses exutoires des zones humides. Actuellement, les prélèvements annuels dépassent la recharge qui est due aux précipitations locales, et la recharge annuelle de la nappe est issue à 65 % d'un transfert d'eau de la Durance via des canaux. Le territoire de la Crau dépend fortement de l'évolution hydrologique régionale et il existe un fort enjeu social, économique et environnemental émanant de l'évolution des apports en eau de la nappe.

« Cette étude de prospection locale à l'échelle de la masse d'eau permet d'anticiper des stratégies de gestion à l'horizon 2050 en réponse aux changements globaux. » D. Villesseche



Le développement d'indicateurs d'état de la nappe, la modélisation de cette dernière et de son fonctionnement ont nécessité plusieurs années de recherche et ont permis la création d'un véritable outil d'aide à la décision créé en interne et adapté aux besoins des gestionnaires locaux.

Des ateliers de concertation sollicitant l'ensemble des parties prenantes ont été menés afin d'évoquer les évolutions possibles du territoire et imaginer son développement pour limiter les besoins sur la ressource à l'horizon 2050 (pratiques agricoles, urbanisation des prairies irriguées…). Quatre scénarios de gestion territoriale de sécheresse ont été considérés, allant de l'inaction à une stratégie d'efforts partagés. L'objectif est de mettre en avant les économies d'eau réalisables et les secteurs qui se retrouveront en difficulté face au manque d'eau selon les actions politiques choisies.

Le scénario le plus ambitieux politiquement et demandant la transition la plus engagée, prévoit une diminution de 11 millions de mètres cubes des apports en eau (la plus faible des 4 scénarios). Cette perte jugée acceptable ne plongerait pas la Crau dans un état de tension. Il convient, par la suite, aux gestionnaires de se saisir de ce modèle, dans le cadre des discussions du prochain SAGE par exemple, afin de répondre aux défis climatiques.

« Avec de la volonté, on peut réussir à être résilient face au changement climatique : c'est beaucoup de travail, mais il n'y a pas de fatalité. » D. Villeseche

TRANSCRIPTION DE QUELQUES ÉCHANGES VENANT COMPLÉTER ET APPROFONDIR LES PRÉSENTATIONS

QUESTIONS ET ÉCHANGES AUTOUR DES ÉTUDES D'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU ET MILIEUX AQUATIQUES

Q - Comment explique-t-on les projections hydrauliques à la baisse dans le nord de la France alors que les prévisions montrent des tendances plutôt à la hausse concernant les précipitations ?

Éric Sauquet -L'hydrologie est plus compliquée qu'une approche comptable. C'est un processus non linéaire avec des effets de compensation et des inerties qui peuvent intervenir. Même si vous avez des précipitations plus importantes et une recharge plus importante, elles ne sont pas forcément suffisantes pour compenser les pertes par évapotranspiration qui peuvent être plus intenses. C'est un jeu de balance. On peut se retrouver avec des situations assez extrêmes, que l'on constate déjà certaines années, avec des recharges et précipitations abondantes pendant la période hivernale, et des observations d'étiages beaucoup plus importants pendant la période estivale et en début d'automne en lien avec des conditions météos sèches.

Q - À quelle probabilité d'intermittence se dirige-t-on vers une désertification réelle ?

Éric Sauquet - Si par désertification il est fait référence à des conditions d'aridité ou des questions de couverture végétale, je ne suis pas capable de répondre. Par contre, quand on regarde les évolutions vers la fin du 21ème siècle pour le pourtour méditerranéen, les conditions sont beaucoup plus sévères que maintenant. Je tiens à préciser que l'étude sur la dynamique des assecs et la probabilité d'intermittence à l'échelle de la régionale concerne des petits bassins versants de tête, de l'ordre de moins de 100 km^2. N'imaginez pas de l'intermittence généralisée jusqu'à la confluence de la Durance avec le Rhône.

Q - Les conséquences du changement climatique sur les écosystèmes et l'écologie des zones humides ont été discutées. Qu'en est-il de l'impact de l'augmentation des régimes intermittents sur l'hydrobiologie et l'hydroécologie des cours d'eau, en particulier méditerranéens ? Est-ce que le projet IRBAS[1] a permis de nouvelles conclusions ?

Christophe Garrone - C'est ce que nous avons essayé de réaliser car l'intermittence est un sujet prédominant. Et notamment pour les espèces, la variabilité des écoulements est encore mal abordée. Nous avons beaucoup de moyennes, mais assez peu de données sur les étiages de cours d'eau et surtout sur la variabilité de ces étiages dans le temps.

Éric Sauquet - Après IRBAS, le projet SMIRES[2] a traité des questions d'intermittence avec la production et a produit un guide technique sur la gestion des cours d'eau intermittents, dont les aspects biologiques.

Q - Le réseau ONDE est-il utilisé de manière égale au niveau national ?

Éric Sauquet - Le réseau ONDE est stable et régulier avec une volonté de suivi. Il y a 3300 points en France qui visent des petits bassins censés être intermittents et accessibles. Cela a été réfléchi. Les seuls endroits où cela pose problème, c'est dans les Alpes qui est un secteur sur lequel il y a très peu d'observations mises en ligne. ONDE est un site régulièrement actualisé et accessible à tous. Dans le cadre du projet SMIRES, un rapport technique sur les cours d'eau intermittents fait la synthèse des travaux. Il examine la composante physique et biologique des cours d'eau intermittents.

Q - Est-ce qu'EDF est intéressé à modéliser le bassin versant du Guil en lien avec l'aménagement EDF de Maison-du-Roy ? Des projets sur d'autres bassins versants ?

Thibault Mathevet - Pour EDF, les travaux comme ceux menés lors de l'étude sur le Parc national du Mercantour, ou de contribution à des projets comme R^{2}D^2 2050, sont l'occasion d'avoir un niveau technique suffisant pour faire des études robustes pour le parc EDF, aussi bien sur la

[1] Projet Irbas – Analyse et synthèse de la Biodiversité des Rivières intermittentes – INRAE.
[2] Projet SMIRES - Science and Management of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams – INRAE.

modélisation hydrologique que sur les effets du changement climatique. Cela nous permet également d'avoir des outils de design : il existe tout un programme qui nous permet de revisiter l'hydrologie des vallées de notre parc dans un contexte de changement climatique. Progressivement, nous traitons l'ensemble des vallées au sein desquelles nous avons des aménagements, et nous mettons à jour notre connaissance de l'hydrologie des vallées tous les 5 à 10 ans : le Guil sera donc étudié. Cela nous permet également d'avoir une bonne vision sur l'économie d'une vallée dans le futur.

Q - Les résultats de projections hydroclimatiques futures sur les bassins versants du Parc national du Mercantour montrent un décalage impressionnant des débits de pointe printanier qui passent de début juin à mars. Est-ce qu'il existe une différence entre les différents bassins versants étudiés qui sont à différentes altitudes ?

Thibault Mathevet - Oui, l'altitude joue clairement. Les deux bassins versants de la Tinée se comportent un peu différemment de ceux du Var et de la Vésubie sur lesquels la situation est beaucoup plus dure et où le maximum d'enneigement va tendre progressivement vers le mois de mars.

Q - Quelles sont les variables principales des changements projetés sur les bassins versants du Parc national du Mercantour : la quantité de neige et la durée d'enneigement ?

Thibault Mathevet - Je n'ai pas présenté ici les statistiques sur les pluies et pour être complet il faudrait voir si les scénarios d'émissions montrent des impacts sur ces dernières. Globalement, à l'échelle annuelle il y a peu d'impacts sur les pluies, mais à l'échelle saisonnière la répartition diminue. Pour les Alpes du sud, clairement, l'augmentation de l'iso 0°C va faire remonter la neige ce qui réduit la quantité de précipitations solides. Le moteur, c'est à la fois la quantité de précipitations solides et le début de fonte plus précoce car il va faire chaud plus tôt.

Q - À propos de l'étude sur le bassin versant du Parc national du Mercantour, sur l'évolution des régimes de surface, existe-t-il une intention d'étudier les interactions avec les eaux souterraines ?

Thibault Mathevet - Ce n'est pas le cœur du travail chez EDF. Il faut rester humble, ce n'est pas vraiment dans notre compétence. Dans notre cadre, les modèles que nous utilisons sont des modèles conceptuels relativement simples. Ceux qui travaillent plus sur les eaux souterraines sont dans le domaine du nucléaire. Le besoin initial était centré sur la neige et nous nous servons du débit comme une variable intermédiaire pour aller chercher des simulations de neige qui sont plausibles. L'intérêt portait sur l'impact sur la faune et la flore, parce que la densité ou l'épaisseur de la neige affecte les écosystèmes. L'intégrateur du projet est le Parc du Mercantour et pourra exprimer l'intérêt de travailler avec des partenaires sur les eaux souterraines pour ces bassins versants dans le cadre d'une une approche intégrée.

Q - Serait-il possible d'obtenir les résultats des simulations futures, pluviométrie, hydrologie, hydrogéologie, sur certains bassins versants (Var/Tinée/Vésubie, Cagne, Loup, Paillon) ?

Éric Sauquet - Pour l'aspect climatologie, il existe la plateforme DRIAS, sur laquelle on peut se connecter en tant qu'utilisateur. Pour l'aspect hydrologie, rendez-vous dans 3 ans pour le projet Explore 2 qui pourra *a priori* fournir sur les petits bassins versants des évolutions de ressources naturelles, et des chroniques de débits simulés sous changement climatique.

Christophe Garrone - Quelques modélisations avaient été faites dans les études EVP (étude de volume prélevable) sur la Cagne et le Loup.

Q - Est-il possible d'augmenter le ratio d'infiltration et de rechargement des nappes ? Si oui, de quelles façons ?

Yvan Caballero - Avec l'approche que nous avons utilisée (BRGM), nous ne pouvons pas le caractériser à des échelles territoriales. Il n'est pas imaginable de modifier les états de surface d'un territoire à grande échelle, mais la question est pertinente localement à l'échelle d'un site. On parle plutôt des problématiques de recharges artificielles. Une partie de ce ratio d'infiltration est contrôlé par le type d'occupation de la surface : schématiquement dans un secteur artificialisé, il y a plus d'imperméabilité que dans un secteur naturalisé. La désimperméabilisation et la renaturalisation des sols sont des facteurs qui favorisent la recharge. À l'échelle d'un site de recharge précis, il s'agit de faire des travaux de terrassement pour enlever toute la partie superficielle du sol dans le secteur où l'on cherche à recharger les nappes, de façon à favoriser les formations sous-jacentes à filtrer de l'eau.

Q - Concernant les résultats de l'étude « Recharge 2 » sur les eaux souterraines, à partir des grilles de prévision d'évolution de la recharge potentielle, peut-on zoomer sur un secteur donné

de quelques pixels, extraire et utiliser ces résultats de façon pertinente ?

Yvan Caballero - La grille présentée est pertinente à l'échelle du calcul de la pluie efficace. Pour la recharge, il faut rester à l'échelle des entités hydrogéologiques, qui sont censées être homogènes, et à l'échelle desquelles les pluies efficaces ont été agrégées. Le rapport fournira les principales valeurs à l'échelle de ces entités hydrogéologiques. Cette information peut être utilisée à l'échelle des gestionnaires, mais aller plus loin ne semble pas du tout raisonnable.

Q - Comment expliquer l'amélioration de la recharge potentielle future vers la fin du siècle dans le cas du scénario RCP 2.6 ?

Yvan Caballero - C'est en lien avec les projections climatiques proposées, car nous n'avons pas encore mis de la dynamique souterraine dans cette étude. Éric Sauquet l'a mentionné aujourd'hui : tous ces scénarios RCP sont relativement similaires autour des années 2050 et montrent des différences globalement à la fin du siècle. Il y a une inertie dans la circulation atmosphérique à l'échelle de la planète de l'ordre de 20-30 ans qui fait que lorsqu'on est dans notre situation, même si l'on abaissait ou annulait totalement nos émissions, il faudrait attendre environ 20 ans avant de véritablement voir l'effet de ces actions. C'est pour cela que les deux scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5 sont assez similaires à l'échelle 2050 : le RCP 2.6 est plus favorable car moins impactant au niveau des émissions, et cela finit par se voir dans les résultats. Il ne faut pas attendre 2050 pour agir, mais maintenant, pour éventuellement se trouver en 2050 sur la meilleure des trajectoires possibles.

Q - Dans l'étude SINERGI sur la nappe de la Crau, à propos des scénarios, est-ce que les niveaux de précision et de certitude sont très fin ? Est-ce que le fonctionnement de cette nappe est très bien compris ou existe-t-il encore des zones de flou ?

David Villeseche - Nous sommes assez confiants sur le modèle par rapport aux objectifs fixés dans SINERGI. Nous avons regardé ce qui peut se faire classiquement en hydrologie (dynamiques saisonnières) et les résultats sont satisfaisants, avec beaucoup de données et des écarts peu significatifs sur une grande majorité des mesures de piézomètres. S'il y avait une limite à souligner sur ce modèle-là, ce serait en termes d'écoulement sur la recharge et de réduction sur la dotation de la Durance, car nous n'avons pas vraiment de données à rentrer. Des incertitudes existent liées au choix du scénario d'évolution climatique moyen qui pourrait s'avérer trop optimiste par rapport à la réalité. Nous avions aussi l'ambition d'intégrer les alluvions quaternaires et les aquifères du miocène peu ou prou connectées, mais nous avons manqué de temps. Nous commençons au printemps une étude à ce propos pour être un jour capable de les modéliser.

Q – Dans l'étude SINERGI, est-ce que la montée la montée du niveau marin lié au changement climatique a été intégré au modèle. Est-ce que cela peut affecter les volumes disponibles de la nappe ?

David Villeseche - La nappe de la Crau est un aquifère littoral avec la mer qui conditionne les résurgences à certains endroits. Nous pouvons nous attendre à des intrusions marines d'eaux salées dans les aquifères et des répercussions en termes de gradient hydraulique. Nous n'avons pas traité cela dans le cadre de SINERGI : nous n'avons pas fait varier le 0 NGF (nivellement général de la France). La montée de la mer ne signifie pas forcément que l'on aura moins de ressources, car il y a plusieurs paramètres qui s'imbriquent les uns dans les autres. Si l'on remonte le niveau 0, tous les niveaux vont remonter en amont. Nous avions conduit un projet avec le BRGM rendu il y a 2 ans sur les problématiques de biseau salé en Crau[3] : le travail a analysé les effets des marées dans l'aquifère en faisant varier le niveau de la mer. Une hausse du niveau marin peut induire une hausse du niveau piézométrique avec un impact supérieur à la seule hausse du niveau marin qui abaisse alors la profondeur du biseau salé. Ce sont des questions complexes qui demandent des études dédiées.

Q - Dans l'étude de la vulnérabilité des zones humides au changement climatique, concernant la Camargue, est-ce que l'évolution des débits du Rhône a été prise en compte dans l'étude des indices de sensibilité ? Est-ce qu'elle peut avoir une conséquence ?

Patrick Grillas - Non, elle n'a pas été prise en compte parce que cela demandait de passer sur l'alimentation en eau des zones humides. Nous n'en avons pas la capacité, car nous n'avons pas les informations sur les relations entre les eaux souterraines et les eaux superficielles sur beaucoup de zones humides. C'est clairement un enjeu important. Pour la Camargue, le débit du Rhône est beaucoup plus important en ce qui concerne la remontée du biseau salé et les usages de l'eau, que pour la biodiversité du fait de l'endiguement.

[3] Projet SIMBA – BRGM.

QUESTIONS ET ÉCHANGES AUTOUR DE LA GOUVERNANCE ET LA GESTION DE L'EAU ET DES USAGES

Q - Comment l'alimentation gravitaire est-elle prise en compte dans l'outil Compte Épargne Volume ?

Martin Laurenceau - Cela dépend si l'on considère les **volumes bruts ou les volumes nets**. Dans le Compte Épargne Volume, c'est plutôt sur des volumes bruts. En termes de volumes nets en général, il n'y a pas d'économie d'eau car l'évapotranspiration reste la même, sauf si l'on diminue les surfaces irriguées.

Q - Quelle est la place des industries, en termes de consommation d'eau, sur le bassin de la Durance ? Est-ce qu'il y a des débits réservés ? Quelle est la dynamique ?

Thierry Rieu - Sur le bassin versant, elles ont une consommation d'eau, mais ce qui est important c'est la **différence entre le prélèvement et la consommation** : certaines industries vont peu consommer, ce qui les différencient nettement de **l'agriculture qui évapore une grande partie de l'eau prélevée**.

Annick Mièvre (Agence de l'eau RMC) - L'industrie n'est pas un enjeu important en matière de consommation d'eau, car **pour la région, les gros consommateurs d'eau sont l'agriculture, puis l'eau potable**. L'industrie n'a pas de droit d'eau particulier et utilise l'eau des infrastructures qui font transiter l'eau depuis la Durance. Ce n'est donc pas l'enjeu le plus gros, même s'il y a des économies de process à faire : l'agence de l'eau propose des aides pour cela, mais ce n'est pas sa grosse cible.

Thierry Rieu - Peut-être que sur la Crau c'est différent, car il y a quand même une **quantité non négligeable sur Fos-sur-Mer consommée**, mais ça ne suffit pas à en faire un enjeu très fort de quantité d'eau consommée sur le bassin de la Durance.

Q - Il y a beaucoup d'études sur le grand bassin de la Durance, ce qui ne concerne pas forcément systématiquement toute la région. Est-ce que les résultats de ces études peuvent être exportables sur d'autres bassins de la région, qui n'auraient pas exactement les mêmes enjeux que ceux de la Durance ?

Thierry Rieu - La Durance est un bassin remarquable, anthropisé et aménagé avec toute l'eau allouée, ce qui n'est pas le cas de tous les autres bassins versants effectivement. Mais c'est intéressant étudier en ayant en tête d'autres **bassins versants méditerranéens qui sont tellement aménagés qu'il n'existe plus de marges de manœuvre sans prendre de l'eau à un usage existant ou à l'environnement**. La Durance est un cas d'étude représentatif d'une gamme de bassins méditerranéens, mais pas de l'ensemble. Il reste des bassins moins aménagés comme la Drôme, qui est une rivière sollicitée, mais sur laquelle il reste des **marges de manœuvre en termes d'allocations.**

Q - Concernant la gouvernance sur la Durance, il y a des bassins déficitaires dans les affluents de la Durance ? D'où cela vient-il par rapport aux autres cours d'eau ?

Martin Laurenceau - Il y a effectivement **7 ou 8 bassins déficitaires des affluents de la Durance**. Ils sont déficitaires à partir du moment où il y a des arrêtés de sécheresse fréquents et de restriction, plus de 20 % du temps, plus d'une année sur cinq. Il y a eu des **études de volumes prélevables (EVP) qui ont caractérisé plus en détail ces déficits**. L'Asse a été retenue comme déficitaire, comme le Jabron, Le Sasse, le Janson, Le Buëch, le Calavon. Ce sont des bassins qui ne bénéficient pas de l'eau provenant des infrastructures Durance-Verdon et qui sont directement soumis aux aléas climatiques et hydrologiques. Certains des projets de PGRE consistent à les brancher pour se soustraire de ces contraintes. Sur l'Asse, il y a également un projet de transfert, mais je n'en connais pas l'avancement.

Thierry Rieu - Les acteurs de ces bassins considèrent qu'ils ont été historiquement laissés pour compte dans l'aménagement de la Durance, et sont soumis aujourd'hui aux restrictions d'usages.

Annick Mièvre (Agence de l'eau RMC) - **La notion de bassin déficitaire est fixée par le SDAGE** : ces bassins sont déficitaires parce que **les prélèvements sont trop élevés pour permettre le fonctionnement naturel des milieux et cours d'eau.** Sur ces secteurs-là, les usages sont typiquement très liés à l'agriculture et l'eau potable. Les PGRE visent à se mettre d'accord, par le biais des Études de Volumes Prélevables (EVP), sur le volume à laisser en rivière. De là découlent les autorisations de prélèvements pour les autres usages sur le bassin.

Q - Concernant l'étude SINERGI sur la nappe de la Crau, même avec le scénario « efforts partagés », n'est-ce pas tout de même reculer pour mieux sauter et remettre la responsabilité sur les générations futures en leur laissant une marche trop haute à franchir ? Est-ce que l'action de ce

scénario « efforts partagés » n'est pas trop faible finalement ?

David Villeseche - Non, je ne pense pas car avec ce scénario, les indicateurs montrent que l'on peut accepter 11 millions de m^3 d'économie sans se retrouver dans des états de tension forte. C'est un scénario d'efforts partagés qui me semble déjà relativement ambitieux et qui a pour vocation à être construit dès maintenant pour en voir les effets en 2050. Les incertitudes qui pourraient être émises sont relatives au scénario de changement climatique choisi, le RCP 4.5 moyen. Nous aurions pu être plus pessimistes. Mais cette étude a le mérite d'ouvrir les questions et de proposer des scénarios que les instances du SAGE devront discuter.

Annick Mièvre (Agence de l'eau RMC) - Une démarche de SAGE est en effet en démarrage sur la Crau et a pour vocation de discuter de cette stratégie et des trajectoires. Cela pourra être remis éventuellement en question le moment venu.

Q - À propos du système foin de Crau, on est toujours sur des itinéraires gravitaires très consommateurs en quantité d'eau. A-t-on essayé de voir ce qu'il se passe avec des modèles un peu plus modernes d'aspersion qui marchent ailleurs ?

David Villeseche - En effet les modalités d'irrigations gravitaires ancestrales du foin de Crau sont souvent vues comme quelque chose d'un peu archaïque et très consommateur d'eau. Aujourd'hui, il faut voir la nappe de la Crau comme un réservoir d'eau potable et l'agriculture du foin de Crau comme un vecteur passif et gravitaire. Via cette filière-là, de l'eau souterraine est stockée que l'on peut récupérer. L'irrigation par aspersion, simulée, ne donnerait aucune recharge car tout serait repris par évapotranspiration : nous nous retrouverions dans le scénario dans lequel le foin de Crau devrait être abandonné. La modernisation et la régulation des canaux d'approvisionnement de la nappe de Crau venant de la Durance permettra de réaliser des économies et c'est un sujet sur lequel il faut déjà travailler. Environ 100 m^3 par an qui arrivent aux exutoires ne sont pas utilisés. C'est donc un levier très important d'économie d'eau, avant les modalités d'irrigation du foin de Crau.

Q - Pour l'étude SINERGI, combien de temps de travail a été nécessaire pour créer un modèle qui puisse devenir un outil d'aide à la décision comme celui-ci ?

David Villeseche - Au SYMCRAU, nous avons eu la chance de bénéficier d'un partenariat avec l'UMR EMMAH d'Avignon (Environnement méditerranéen et modélisation des agrohydrosystèmes). Le modèle hydrogéologique a été développé par Antoine Bayeux dans le cadre de son post-doctorat, en travaillant avec les chercheurs de l'UMR pour rendre compatible via Matlab le modèle de surface avec Modflow afin de créer la chaîne de modélisation. Antoine Bayeux a ensuite été embauché par le SYMCRAU, et a retravaillé son modèle pour l'adapter aux objectifs du SYMCRAU. Il a actualisé le modèle, révisé la géométrie en faisant évoluer les conditions aux limites pour considérer tous les aquifères bordés. Une carte d'occupation des sols complète a été retravaillée avec Philippe Rossello de GeographR pour qu'elle soit compatible avec le modèle de surface qui travaille à la parcelle. Tout cela a été permis par le partenariat recherche-gestionnaire. Antoine a passé 2/3 ans à temps complet sur ce projet-là : c'est donc un investissement assez important, mais on a maintenant un modèle fait en interne qui permet d'avoir des outils adaptés pour les usages qu'on va en faire. Nous aurions pu prévoir de travailler avec un bureau d'études, mais le fait de le faire en interne apporte une plus-value importante.

Q - Est-ce que les projections en termes d'étiages doivent pousser les gestionnaires à revoir très rapidement les débits d'objectifs d'étiages (DOE) en périodes de crises ? Qui est responsable ? Comment améliorer la gestion de crise au niveau des étiages ? Et enfin, qui contrôle les débits agricoles et de pompage au moment des étiages ?

Christophe Garrone - Je n'irai pas sur le terrain des débits de crises car c'est vraiment une question d'usages. Mais par rapport à l'observation des étiages et aux têtes de bassins, il y a un double défaut, et il faut se poser la question de son amélioration. Le réseau ONDE (Observatoire National des Étiages) a été au départ assez centré sur la période estivale et créé dans un objectif de gestion crise. Donc, de l'information est perdue sur l'arrivée de cet étiage ou de l'arrêt d'écoulement. Sur les milieux aquatiques, il y a des états préalables : l'arrêt d'écoulement, le passage d'un milieu qui transporte à un milieu qui dépose… Cette multitude d'états préalables fait qu'en termes de fréquence dans l'année, nous nous dirigeons vers des modifications sur lesquelles nous n'aurons aucune observation. Il y a aussi la question des observations des étiages en hiver. La durée de l'étiage aussi a une importance capitale dans le cycle biologique des espèces. Il y a pas mal de paramètres pour lesquels nous manquons d'observations et de connaissances sur les

tendances d'évolutions entre le début du siècle passé et nos jours.

Éric Sauquet - Il y a le réseau ONDE qui a le mérite d'exister malgré ses défauts. C'est un système inédit en Europe, nous sommes les seuls à avoir développé ces observations qualitatives. C'est quelque chose qui commence à être utilisé et valorisé en termes d'hydrologie. C'est une source très intéressante qui ouvre également les questions autour des sciences participatives et des informations récoltées par les uns et les autres. À voir aussi « En Quête d'Eau », un site sur lequel il est possible pour tout un chacun de rentrer des observations. Il y a aussi l'application CrowdWater développée par l'université de Zurich. Concernant ONDE, nous manquons d'informations sur la phase préalable. Et puis maintenant les étiages ont tendance à se poursuivre en dehors de la période visée. Il y a des questions d'interactions avec l'OFB (l'Office Français de la Biodiversité), qui a des moyens réduits, pour savoir qui peut prendre le relais sur le terrain pour aller compléter ces informations. C'est une question sensible. Il y a aussi un manque de données en tête de bassin, mais il existe une vraie difficulté à aller mesurer ces cours d'eau. Vouloir faire de l'instrumentation en tête de bassin, c'est se heurter rapidement à des problèmes de métrologie et d'entretien. Et même pour des cours d'eau en montagne, géomorphologiquement très actifs, il y a des vrais soucis métrologiques et nous aurons beaucoup de mal à faire de la mesure, je pense. Il y a de grands débats autour des débits d'objectifs d'étiage (DOE) qui pour certains sont reliés aux usages, c'est très anthropique. Si l'on considère que certains DOE ont une vertu biologique et que c'est le milieu qui s'exprime aux travers de ces DOE, et que l'on veut le préserver, alors il faut maintenir ces DOE. Si ce sont des éléments purement de gestion, et que l'on ne veut pas être en crise trop souvent, il faut que ces valeurs suivent l'évolution du climat et de l'hydrologie. La vraie question est ce que l'on veut en faire.

Q - Dans le cadre de l'étude SINERGI, avez-vous travaillé sur d'autres simulations qui prennent en compte des travaux importants sur les réseaux de distribution d'eau potable et du potentiel d'économie d'eau à réaliser de ce côté-là ? Peut-on considérer que toutes les pertes liées au réseau d'eau potable retournent de toute façon dans les nappes phréatiques ?

David Villesseche - Pour faire nos simulations, nous nous sommes basés sur les prélèvements bruts déclarés à l'agence de l'eau : nous n'avons donc pas retranché les pertes en lignes. C'est une grande opération que d'arriver à localiser les fuites. Pour le retour à la nappe, il n'y a pas de réponse unique : cela dépend du réseau, où est-ce qu'il se situe ? Est-ce qu'il est en milieu urbain ou pas ? …

Éric Sauquet - Dans des exercices plus globaux, en sortant du périmètre de la Crau, l'on travaille en général sur des notions d'efficience du réseau : derrière la connaissance exacte de la localisation des fuites, c'est quelque chose de très compliqué à avoir et qui est difficile à insérer à des grandes échelles. Certes, c'est de l'eau qui revient au milieu, mais la question fondamentale qui se pose est où ? Ce n'est pas perdu, c'est récupéré par un milieu mais nous ne savons pas lequel. Pour le cas de la Durance, quand il y a des pertes dans le réseau, elles reviennent dans le milieu, mais en dehors du bassin versant. Quand l'on est sur des systèmes qui font du transfert hors bassin, cela pose des questions de réallocation de l'eau. Donc ce sont des compensations, mais pas pour les mêmes personnes d'une certaine manière : elles ne se voient pas à la même échelle.

Annick Mièvre (Agence de l'eau RMC) -
La problématique que l'on regarde côté agence de l'eau RMC, ce sont les fuites dans le réseau d'eau potable qui font que l'on prélève plus d'eau que nécessaire dans le milieu (cours d'eau ou nappe souterraine). Le fait de travailler sur ces fuites permet de limiter les prélèvements. Certaines fuites peuvent parfois avoir un intérêt : par exemple, pour la nappe de la Crau, un système très étendu géographiquement, l'on pourrait dire que des fuites du réseau seraient intéressantes pour la recharge de la nappe. En revanche, cela veut dire que l'on prélève plus d'eau dans la Durance pour le même résultat au niveau des utilisateurs finaux en Crau. Donc, tout dépend de quel point de vue l'on se place.

QUESTIONS ET ÉCHANGES AUTOUR DE L'IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES ET DES CITOYENS

Q - Existe-t-il des exemples de la gestion participative en France ?

Bruno Bonté - Oui, il existe une mise en œuvre de l'approche CoOPLAaGE sur la Drôme, et peut-être des exemples sur Adour-Garonne également.

Thomas Pelte (Agence de l'eau RMC) - Si la question porte sur la gouvernance participative, je pense aux PGRE qui sont un cadre de gouvernance participative autour d'un diagnostic, autour d'un territoire cohérent et d'un point de vue hydrologique ou géologique. C'est participatif dans le sens où l'on ne gère pas tout seul l'équilibre quantitatif. Il y a des exercices menés dans le Gard, à l'échelle de collectivités il me semble, comme exemples de démarche prospectives avec des outils tels que ceux présentés dans le projet RadHy-Buëch.

Q - Existe-t-il des exemples précis sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur de sciences participatives ? Est-ce qu'il y a des sites déjà prévus de type « En quête d'eau » ? Est-ce que l'on peut participer à n'importe quel moment sur n'importe quel secteur ?

Éric Sauquet - CrowdWater a développé une application dans laquelle tout le monde peut mettre des observations de terrain, qui relèvent de l'humidité du sol, des hauteurs d'eau, d'observations d'assecs ou d'observations de plastique. C'est une application qui centralise beaucoup d'informations.
Dans le cadre du projet SMIRES, nous avons essayé de lancer une grande campagne européenne en 2019 pour avoir une vision à un instant donné sur l'expansion des cours d'eau en situation d'assecs en Europe.

Q - Les organisations agricoles, syndicales, chambres de l'agriculture sont-elles mobilisées pour se réformer dans le choix des cultures en région PACA ? Par exemple dans le piémont Varois, la terre est pauvre et les cultures maraîchères nécessitent des aménagements, des arrosages abondants, c'est-à-dire beaucoup d'eau, mettant en danger la biodiversité en période d'étiages.

Yvan Caballero - Je n'ai pas forcément de réponse dans le contexte local car je ne suis pas sûr que cela soit vrai pour la région. Mais je peux mentionner le fait qu'il y a les chambres d'agriculture à l'échelle nationale qui ont un exercice qui s'appelle ClimA-XXI[4], de prospective climatique pour essayer de voir dans quelle mesure les gens peuvent se saisir de ces scénarios d'adaptations. Les techniciens et experts de chaque chambre régionale traduisent cela en indicateurs qui sont utilisables pour les agriculteurs. Les chambres se sont saisies de ces questions-là, elles essayent de faire remonter depuis les agriculteurs le besoin d'indicateurs pour ensuite voir s'ils sont capables de les reproduire en les liant avec le climat. La difficulté pour l'agriculture, mais cela vaut probablement pour tous les domaines, c'est que très souvent une première réponse génère de nouvelles questions et c'est un exercice qui est difficile à mener à son terme.

Christelle Macé (Chambre d'agriculture 13) - Il y a par exemple le projet Arb'Eau Crau qui porte sur l'impact d'une restriction en eau maîtrisée sur la filière arboricole et qui a commencé en 2020 dans la Crau.

Éric Sauquet - À l'INRAE nous essayons d'associer les agriculteurs dans nos recherches. Nous avons notamment l'ambition d'avoir un grand programme à terme sur les questions d'adaptation et d'atténuation de l'agriculture au changement climatique. Nous avons un certain nombre d'instruments et des services agro-hydro-climatique que nous essayons de mettre en place pour répondre aux besoins des différents usagers, dont le secteur agricole, pour anticiper, à court terme et moyen terme, voire long terme, les questions de gestion de l'eau et d'activité agricole au sens large. Nous avons un réseau qui s'appelle le RMT[5], avec notamment les chambres d'agriculture et Météo-France qui sont impliqués, pour réfléchir à ces questions de service agro-hydro-climatique. Il y a le CASDAR[6]… Il y a pas mal d'initiatives, mais c'est assez morcelé et le souci est d'arriver à les retrouver, les partager, et à savoir comment mobiliser tout le monde autour de ces questions d'enjeux de l'eau.

Q - Est-il possible d'organiser une démarche de géoprospective participative, comme c'est le cas

[4] Outil de projection climatique qui permet d'appréhender les évolutions probables du climat et développé par l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) en partenariat avec l'école d'ingénieurs en agriculture UniLaSalle de Rouen.

[5] Réseau mixte Technologique – Système de Cultures innovantes dédié aux systèmes de culture et agriculteurs innovants en transition vers l'agroécologie – INRAE

[6] Le compte d'affectation spécial « Développement agricole et rural » (CASDAR) est un levier pour accompagner la transition agro-écologique de l'agriculture française.

dans le cadre du projet RadHy-Buëch, avec une crise sanitaire comme celle actuelle ?

Bruno Bonté - Je dirais que non et c'est une des raisons pour laquelle le projet a été mis en pause. Nous avons quand même initié la démarche du recueil d'informations durant le confinement grâce à un stage de master. La démarche de géoprospective se fait en deux phases : d'abord un recueil des perceptions et ensuite une mise en discussion collective des scénarios. Le recueil des perceptions a pu être fait par des méthodes, questionnaires et cartes en ligne avec parfois un accompagnement au téléphone pour certaines personnes. C'était un travail assez lourd. Par contre, la démarche qui est la plus intéressante et qui génère le plus de résultats pour les gens est celle qui les fait discuter ensemble sur leurs visions du futur. Pour cette étape, nous avons attendu de pouvoir le faire en présentiel, car cela requiert des capacités d'animations. Cela nous paraissait compliqué de le faire à distance et les techniques de participation à distance en ligne sont très controversées.

Q - Que ce soit pour la démarche du SYMCRAU ou du RadHy-Buëch, est-ce que vous avez senti que le fait de participer à la construction de ces travaux était aussi un facteur de mobilisation des habitants, des usagers du territoire ?

Bruno Bonté - L'approche ComMod[7] (Companion Modelling) découle de la modélisation d'accompagnement sur laquelle est aussi basée la démarche CoOPLAaGE. Dans plusieurs endroits, nous nous sommes rendus compte qu'intégrer les acteurs de terrain au processus de modélisation permettait de mieux discuter ensemble, de définir le problème de gestion auquel l'on faisait face et d'exprimer les enjeux des uns et des autres. Cela demande parfois d'utiliser des méthodes de modélisations qui vont jusqu'à des jeux de rôles ou des outils pour co-construire le modèle. Le projet RadHy-Buëch en particulier arrivait au même moment que la construction du PGRE (Plan de Gestion de la Ressource en Eau). Avec le comité de pilotage, qui rassemble les parties prenantes acteurs du territoire, nous avons décidé de mener notre démarche d'animation en parallèle de la démarche PGRE en cours. Ceci a permis d'avoir des arènes de discussions et d'expression qui sortent des cadres institutionnels. Tous les gens du comité de pilotage (la police de l'eau, la DDT, la chambre d'agriculture…) étaient d'accord sur le fait que dans les démarches participatives, les discours sont surtout des prises de positions correspondant au rôle attendu de chacun des acteurs. Le fait d''avoir un positionnement de recherche scientifique et une description du système en parallèle pouvait permettre à certaines personnes de s'exprimer plus librement et aux uns et aux autres d'avoir une perception qu'ils n'auraient peut-être pas dans des démarches participatives plus « officielles ».

[7] https://www.commod.org/

RESSOURCES

Sont compilées ici les références des projets exposés et des ressources mentionnées lors des présentations et au cours des échanges. Des références scientifiques sont présentées également à la fin de chaque diaporama de chaque intervenant.

CLIMAT ET ENVIRONNEMENT DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN

Rapport MedECC « Changement climatique et environnement dans le bassin méditerranéen – Situation actuelle et risques pour le futur – Premier rapport d'évaluation sur la Méditerranée (MAR1) » (réseau MedECC, 2020) : *Lien vers le rapport complet et le résumé à l'attention des décideurs*

Rapport RED2020 sur l'état de l'environnement en méditerranée (PNUE/PAM et Plan Bleu, 2020) : *Lien vers le rapport complet et résumé pour les décideurs*

Conférence à l'attention des décideurs méditerranéens "Méditerranée : l'expertise scientifique sur le climat et l'environnement au service des objectifs du développement durable » (Mistrals/MedECC/Plan Bleu, 16-17-18 Novembre 2020) : *Site de la conférence et accès aux replays*

DONNÉES ET PRODUITS DE RÉFÉRENCE SUR LES ÉVOLUTIONS FUTURES DU CLIMAT EN FRANCE

Plateforme DRIAS^{lesfutursduclimat} (Météo-France/IPSL/CREFAS/CNRM-GAME) : *Accès*
Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS-2020 pour la métropole : *Rapport* - *Brochure synthétique de Météo-France sur les nouvelles projections*

ÉVOLUTION ET PROJECTIONS DES RESSOURCES EN EAU DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat « L'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique - SROCC » (GIEC, 2019) : *Rapport complet (anglais)* - *Résumé à l'attention des décideurs (français)*

Projet Explore 2070, Impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau à l'échéance 2070 sur le territoire français (MEDDE, 2010-2012) : *Résultats et synthèses*

Thèse « Évolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies », Gildas Dayon (2015) : *Lien vers la thèse*

Projet R^2D^2 Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050 (2010-2013) : *Présentation du projet* - *Présentation des travaux et résultats*

Thèse « Un siècle de variabilité hydro-climatique sur le bassin de la Durance : Recherches historiques et reconstitutions », Anna Kuentz (2013) : *Lien vers la thèse*

Thèse « Influence de la représentation des processus nivaux sur l'hydrologie de la Durance et sa réponse au changement climatique », Claire Magand (2013) : *Lien vers la thèse*

Projet « RECHARGE » « Caractérisation de la recharge des aquifères et évolution future en contexte de changement climatique. Application au bassin Rhône Méditerranée Corse » (BRGM, 2016) : *Rapport final*

Projet de recherche IRBAS « Intermittent River Biodiversity Analysis & Synthesis », Analyse et synthèse de la biodiversité des rivières intermittentes (INRAE, 2012-2016) : *Fiche Résultat* - *Site du projet*

Projet de recherche SMIRES « Science and Management of Intermittent Rivers and Ephemeral Stream » (INRAE, 2016-2019) : *Site du projet* - *Guide technique sur la gestion des cours d'eau intermittents*

Étude sur la caractérisation de la vulnérabilité des milieux aquatiques et milieux humides de Provence-Alpes-Côte d'Azur aux changements climatiques (volet « milieux » du Plan Régional d'Adaptation au Changement Climatique sur la ressource en eau (PRACC), 2017) : *Synthèse* - *Phase 1 : Synthèse bibliographique* - *Phases 2 et 3 : Caractérisation de la vulnérabilité des cours d'eau* - *Phase 4 : Proposition d'actions et de suivis*

OBSERVATIONS ET SUIVIS DES COURS D'EAU

Réseau ONDE Observatoire National des Étiages : *Accès*

Projet de sciences participatives « En Quête d'eau » : *Site du projet*

Projet de sciences participatives « Crowdwater » (Projet SMIRES) : *Site du projet* - *Présentation du projet*

Fiches Indicateurs sur l'évolution des modalités d'écoulement des petits cours d'eau à l'étiage estival (de mai à septembre) produites par l'OREMA (Observatoire Régional de l'Eau Et de Milieux Aquatiques) : *Résultats 2017/2018* - *Résultats 2019*

Études d'évaluation des volumes prélevables globaux EEVPG sur les eaux souterraines et superficielles (Agence de l'eau RMC) : *Cartographie et état d'avancement*

GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU ET GOUVERNANCE

Étude SINERGI : « Nappe de la Crau (Bouches-du-Rhône) – Analyse prospective pour une stratégie de gestion de l'eau d'ici 2050 » (SYMCRAU, 2020) : *Lien vers le résumé, synthèse et rapport complet*

Projet Arb'eau Crau : étude de l'impact d'une restriction en eau maîtrisée sur la filière arboricole (Chambre d'agriculture 13, 2020-2022) : *Présentation du projet*

Outil ClimA-XXI « Climat et Agriculture au XXIème siècle » (Assemblée permanente des chambres d'agriculture APCA) : *Fiches thématiques développées dans le cadre de l'étude du changement climatique par la chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône sur la nappe de la Crau*

« Réseau Mixte Technologique – Système de Cultures innovantes » dédié aux systèmes des cultures et agriculteurs innovants en transition vers l'agroécologie (INRAE) : *Lien vers le réseau RMT*

Compte d'affectation spécial « Développement agricole et rural » (CASDAR, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation) : *Présentation*

Projets de SDAGE 2022-2027 du bassin Rhône-Méditerranée : *Lien vers le volume principal, documents d'accompagnement, rapport d'évaluation environnementale et projet de programme de mesures*

Approche « CoOPLAaGE : Coupler des Outils Ouverts et Participatifs pour Laisser les Acteurs s'Adapter pour la Gestion de l'Eau » : *Présentation de la méthode, accès aux fiches et formations*

Modélisation d'accompagnement « ComMod » (Companion Modelling) : *Présentation et publications informatives*

Représentation intégrée des adaptations individuelles et des dynamiques hydrologiques sur le bassin du Buëch « Retour sur les futurs de la gestion de l'eau dans le bassin du Buëch : synthèse des résultats de l'enquête RadHy-Buëch », Projet RadHy-Buëch (INRAE Riverly, UMR G-EAU, UMR Espace, 2019 – 2022), Quentin Robiquet (2020) : *Fiche synthèse*

Thèse « Coupling agent-based and agro-hydrological modeling to represent human actions within an agro-hydrosystem. Application to collective irrigation in the Buëch catchment (France), Bastien Richard (2020) : *Lien vers la thèse*

Session « Eau et Tourisme », lors du 3ème colloque national « Adaptation, atténuation, actions climatiques dans les territoires » (28 janvier 2021) : *Programme et replay*

SANS OUBLIER LES CAHIERS THÉMATIQUES DU GREC-SUD

« Les effets du changement climatique sur l'agriculture et la forêt en Provence-Alpes-Côte d'Azur » (2016)

« Les ressources en eau et le changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur » (2017)

« Impacts du changement climatique et transition(s) dans les Alpes du Sud » (2018)

Toutes les publications du GREC-SUD : *http://www.grec-sud.fr/article/toutes-nos-publications-en-un-seul-clic/*