



HAL
open science

Ressources hydriques en milieu méditerranéen

Andre Chanzy, Eric Sauquet, Olivier Banton, N. Roche

► **To cite this version:**

Andre Chanzy, Eric Sauquet, Olivier Banton, N. Roche. Ressources hydriques en milieu méditerranéen. Provence-Alpes-Côte d'Azur, une région face au changement climatique, GREC-PACA, pp.10-12, 2015. hal-02601939

HAL Id: hal-02601939

<https://hal.inrae.fr/hal-02601939>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

GREC-PACA

Groupe régional d'experts sur le climat
en Provence-Alpes-Côte d'Azur



Provence-Alpes-Côte d'Azur, une région face au changement climatique

Juin 2015



Cette publication a été réalisée par le Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-PACA), sous la présidence de Joël GUIOT et Bernard SEGUIN. Elle a été coordonnée par A.I.R. Climat, Marie LOOTVOET et Philippe ROSSELLO, dans le cadre de la mission d'animation du GREC-PACA par l'association. Un soin tout particulier a été apporté au choix des polices et à la mise en page dans le respect des principes d'éco-conception.

Le projet bénéficie d'un financement au titre de la Convention État - Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - ADEME.

Avertissement : cette première publication du GREC-PACA éclaire les enjeux du changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur, sans pour autant traiter les thèmes abordés de manière exhaustive.

Réalisation : La Sud Compagnie - juin 2015

Une région mobilisée face au dérèglement climatique

Le climat méditerranéen est aujourd'hui l'un des forts attraits de notre région ; il pourrait devenir demain bien moins clément sous l'effet du dérèglement climatique. Bien sûr, nous devons concentrer nos efforts sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre pour limiter le réchauffement planétaire global à 2°C. Mais la Méditerranée est un « point chaud » où les désordres, déjà sensibles, seront particulièrement exacerbés.

Canicules et sécheresses plus fréquentes, précipitations potentiellement plus violentes, submersions de terres littorales... Quelles conséquences pour les plantes, les animaux, les forêts qui ont aujourd'hui une si riche biodiversité ? Quelles adaptations pour l'agriculture, les autres activités économiques, les villes, les zones littorales, la montagne ? Quels impacts possibles sur la santé, les migrations de parasites ou de maladies ? Et quelles solutions d'adaptation à mettre en place de manière prioritaire par les pouvoirs publics ?

Le Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur, GREC-PACA, propose d'éclairer les enjeux liés au dérèglement climatique dans notre région. Avec cette première présentation de leurs travaux, les scientifiques renforcent la mobilisation citoyenne contre le changement climatique qui doit contribuer à la réussite de la conférence mondiale « Paris climat 2015 » en décembre prochain, mais aussi la MEDCOP21 de Marseille les 4 et 5 juin.

Michel VAUZELLE,
Président de la Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Objectif adaptation au changement climatique

La lutte contre le changement climatique est un axe fort des interventions de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, au niveau national et aussi dans le cadre de nos coopérations méditerranéennes et internationales, l'ADEME finance des actions de recherche, développe des outils d'aide à la décision, sensibilise et accompagne les acteurs afin que chacun puisse s'appropriier les enjeux de la réduction des émissions des gaz à effet de serre et d'adaptation au changement climatique, afin de connaître les solutions disponibles pour agir.

La France est dotée d'un Observatoire national des effets du réchauffement climatique depuis 2001 et a rapidement reconnu l'importance de développer une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique et de mobiliser les collectivités territoriales. Les lois « Grenelle » adoptées en 2009 et 2010 posent le cadre formel de l'adaptation territoriale : schémas régionaux climat air énergie, plans climat énergie territoriaux, plans locaux d'urbanisme et schémas de cohérence territoriaux.

Afin d'accompagner les collectivités, l'ADEME a développé des démarches de diagnostic (Impact'Climat), de cadrage, suivi et évaluation d'un plan d'action (Objectif'Climat), a publié des recueils d'expériences internationales, et développé des modules de formation professionnelle. Au niveau régional, l'ADEME accompagne les collectivités territoriales depuis 2010 et l'appel à projet régional « PCET exemplaires » imposait des actions d'adaptation. Le « Réseau Climat PACA » qui se réunit plusieurs fois par an, permet de capitaliser les acquis de ces projets pionniers.

L'initiative du Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur constitue une étape essentielle dans le développement de la capacité d'adaptation de la région. Ce premier rapport constitue un socle essentiel aux travaux de diagnostic des collectivités territoriales et acteurs de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Il présage une dynamique de transfert de compétences entre scientifiques et décideurs qui renforcera la robustesse de ce territoire et lui permettra de préserver son attractivité.

Thierry LAFFONT,
Directeur Régional Ademe PACA

Le Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-PACA) est né du souhait de rapprocher la communauté scientifique des gestionnaires et décideurs du territoire autour des enjeux du changement climatique. La vocation de cette démarche collective est de centraliser, transcrire et partager la connaissance scientifique sur ces questions en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Notre volonté est de préciser le changement du climat à l'échelle du territoire régional dans sa spécificité méditerranéenne avec une forte diversité topographique. Elle est également de présenter les impacts, d'identifier et éclairer les enjeux du changement climatique, les principaux points de vulnérabilité des territoires dans une région fortement peuplée et les leviers d'action, par une synthèse et une mise en perspective des travaux de recherche.

Cette publication est un premier pas pour notre groupe. Elle propose un panorama général des enjeux et des conséquences du changement climatique dans notre région. Plutôt qu'un rapport linéaire et exhaustif, nous avons choisi de l'aborder comme un ensemble de regards sur des sujets qui intéressent notre territoire. Pour aller plus loin, nous commençons déjà à travailler sur des approches thématiques plus approfondies qui feront l'objet de publications et de conférences dans les mois qui viennent.

Nous espérons ainsi, en cette année de conférence sur le climat organisée en décembre à Paris (COP 21), contribuer à mobiliser les décideurs territoriaux. Nous aimerions que cela constitue également l'occasion de questionner le rôle de la recherche et de la science dans le débat public sur le changement climatique et de discuter des formes que peut prendre le dialogue entre acteurs du territoire et chercheurs. Nous avons enfin la volonté d'essayer d'identifier les faiblesses de la recherche existante et de proposer des perspectives pour la prochaine décennie.

Bonne lecture.

Table des matières

ÉDITOS	3
INTRODUCTION	5
LES AVENIRS CLIMATIQUES DE LA RÉGION	6
L'EAU, UNE RESSOURCE À PRÉSERVER	10
DES MILIEUX PERTURBÉS	14
SECTEURS ÉCONOMIQUES ET ESPACES PRODUCTIFS	18
URBANISME ET BÂTIMENT	24
TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	30
LES RISQUES SANITAIRES LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	34
ET MAINTENANT...	36
GLOSSAIRE	38
CONTRIBUTEURS	39

Crédits photos

Couverture : ©Thomas Curt, TEC, Emmanuel Goetz, Marie-Laure Lambert, Patrice Francour, François Lefèvre
 Page 5 : ©Emmanuel Goetz - Page 9 : ©TEC - Page 11 : ©Jean-Pierre Garufi / Région PACA - Page 13 : ©Chantal Aspe
 Page 14 : ©Jean Telmon / Parc National des Ecrins - Page 15 : ©Cédric Dentant / Parc National des Ecrins
 Page 16 : ©TEC - Page 17 : ©Riccardo Rodolfo-Metalpa / IRD, Nouméa - Page 23 : ©Jean-Pierre Garufi / Région PACA
 Page 26 : ©Jean-Pierre Garufi / Région PACA - Page 27 : ©Jean-Pierre Garufi / Région PACA - Page 28 : ©Marie-Laure Lambert
 Page 29 : ©Marie-Laure Lambert - Page 31 : ©Jean-Pierre Garufi / Région PACA - Page 35 : ©Philippe Rossello
 Page 37 : ©Emmanuel Goetz

L'eau reste un enjeu majeur du XXI^e siècle, car les ressources en eau douce aisément utilisables sont limitées et fragiles. L'eau est absolument nécessaire à toutes les activités humaines qu'elles soient domestiques, agricoles ou industrielles. De ce fait, il existe une « compétition » entre tous ces usages et activités qui perturbe les développements démographique et économique des régions où les disponibilités en eau sont réduites. Le changement climatique va engendrer une modification des besoins en eau – notamment au niveau de la végétation avec une modification du cycle annuel de développement des plantes et une augmentation de la demande évaporative – et des apports avec une évolution des précipitations (voir chapitre précédent). Les enjeux autour de la ressource en eau sont, en zone méditerranéenne, particulièrement prégnants. Il existe déjà des tensions sur les usages de l'eau et les projections climatiques indiquent des déficits croissants alors qu'une augmentation des besoins est attendue avec un accroissement général des activités humaines. Dans ce contexte on peut s'interroger sur ce qu'il en sera en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Ressources hydriques en milieu méditerranéen

Par A. CHANZY, E. SAUQUET, O. BANTON et N. ROCHE

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est caractérisée par une forte hétérogénéité spatiale des ressources hydriques, avec des zones de plaine présentant déjà un déficit hydrique saisonnier, alors que les zones de montagne sont à la source d'un réseau hydrographique important irrigant les zones de piémont et offrant une ressource qui couvre les besoins. Ces transferts d'eau amont/aval ont largement été exploités dans le passé pour faire face à la demande, grâce à des infrastructures telles que les aménagements de la Durance et du Verdon. Par ailleurs, les aquifères constituent dans la partie aval des ressources qui sont largement exploitées pour les différents usages

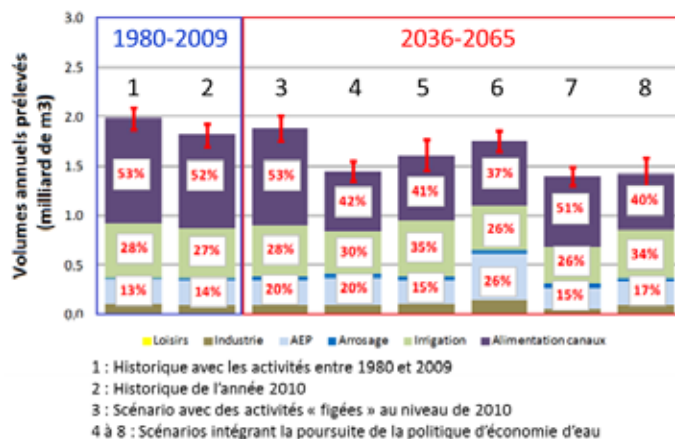
de l'eau. La question est de savoir si les changements climatiques vont modifier l'état des ressources et déséquilibrer un développement économique ayant su tirer parti d'une ressource plutôt abondante. Pour répondre à ces questions, il est important de se mettre à l'écoute des « signaux » passés avec l'analyse des séries temporelles décrivant l'état des ressources (débit des cours d'eau et des sources, niveau des aquifères, qualité des eaux) et de se projeter dans le futur en simulant l'état des systèmes, en intégrant à la fois les projections climatiques et l'évolution des besoins en eau. Associer ce dernier point dans la réflexion est essentiel si on veut appréhender de manière pertinente les futures tensions sur l'eau.

Le devenir des eaux de surface avec l'exemple du système durancien

Concernant les transferts amont/aval, le cas de la Durance est emblématique de la région. Le projet de recherche R²D² 2050 a cherché à mieux cerner les évolutions possibles du régime de la Durance en se focalisant sur le milieu du XXI^e siècle. Il s'est appuyé sur une chaîne de modélisation numérique inédite, incluant des représentations actuelles et futures du climat, de la ressource naturelle, des demandes en eau et du fonctionnement des grands ouvrages hydrauliques (retenues de Serre-Ponçon, Castillon et Sainte-Croix) qui délivrent l'eau en fonction des demandes aval sous contraintes

Un exercice de prospective a été mené dans le cadre de trois ateliers territoriaux, avec le soutien d'acteurs impliqués dans la gestion de l'eau pour construire quatre scénarios contrastés de développement socio-économique des secteurs connectés au système Durance-Verdon. Ces quatre scénarios (numérotés de 5 à 8 sur la figure) ont été rédigés sur la base d'hypothèses indépendamment du climat, sans chercher *a priori* un équilibre entre offre et demande en eau, nuancées par secteur géographique, portant sur quelques variables clés : niveau de gouvernance et prérogatives, occupation des sols et urbanisme, croissance économique, dynamique démographique, orientations en matière de développement socio-économique, de politique énergétique et environnementale.

Une fois les scénarios rédigés, il s'agit, à l'échelle des six territoires considérés, de quantifier les variables d'évolution des usages de l'eau (i.e. évolution des populations résidentielle et touristique, de l'occupation des sols, des assolements, des surfaces irriguées, des rendements des réseaux d'adduction et de distribution d'eau, du changement de mode d'irrigation, de la source d'approvisionnement en eau, des technologies), puis d'estimer les demandes en eau à l'aide de modèles et de fonctions de demandes/prélèvements en eau.

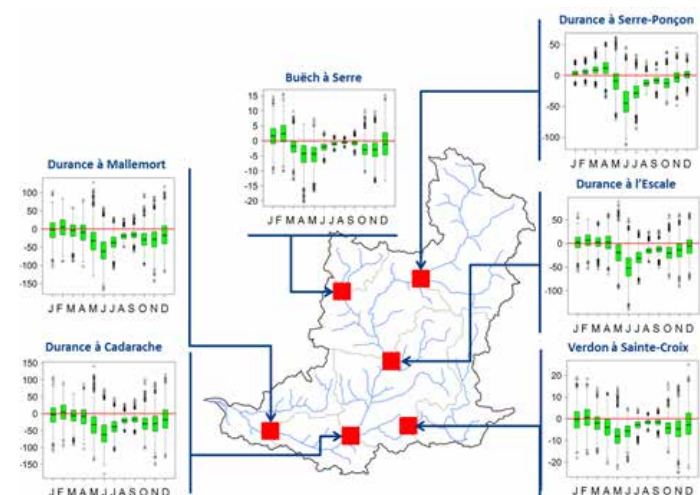


Évolution des prélèvements d'eau par usage selon les six scénarios socio-économiques sous les climats présent (1980-2009) et futur (2036-2065) issus de la sélection des dix projections climatiques régionalisées, à l'échelle du système Durance-Verdon. Les segments en rouge représentent la dispersion des résultats induite par un sous ensemble de dix climats modélisés (c'est-à-dire l'incertitude) - Source : projet R²D²

(notamment le respect des débits réservés et des cotes touristiques estivales). Un exercice de prospective (décrit dans l'encadré page précédente) a permis de travailler sur plusieurs scénarios de développement socio-économique des territoires.

Outre les impacts évoqués dans la première partie sur la température et les précipitations, les résultats obtenus suggèrent à l'horizon 2050 :

- une diminution des stocks de neige et une fonte avancée dans l'année qui induisent une réduction des débits au printemps,
- une diminution de la ressource en eau en période estivale,
- une diminution de la demande globale en eau à l'échelle du territoire : cette demande étant fortement conditionnée par les scénarios territoriaux élaborés ici, qui incluent la poursuite de programmes d'économie d'eau déjà engagés depuis de nombreuses années sur le territoire.



Le devenir des aquifères

Les aquifères – ou ressources souterraines – de la région sont largement exploités pour les différents usages. Ils jouent un rôle de tampon en lissant la variabilité annuelle et interannuelle des écoulements et permettent de répartir la ressource d'eau dans l'espace et le temps selon les besoins. Le changement climatique aura un impact sur le volume d'eau stocké dans ces aquifères par le biais de la recharge et des prélèvements. L'analyse du passé ne révèle pas de baisse tendancielle non réversible et ce malgré une augmentation des prélèvements et un accroissement de la demande évaporative. Par exemple, les baisses transitoires du niveau des aquifères et des débits des sources karstiques constatés lors des sécheresses répétées de 2004 à 2007, ont ainsi été compensées par les dernières années pluvieuses. Cet exemple montre l'importance de la variabilité climatique et la capacité de résilience des aquifères qui nécessite de considérer des périodes de temps long pour dresser un diagnostic sur la vulnérabilité quantitative des aquifères.

Le changement climatique ne devrait pas impacter significativement les prélèvements comme le montre l'étude R²D² 2050 mentionnée précédemment. Une étude un peu plus fine sur la plaine de la Crau montre que les besoins en irrigation augmenteraient entre 0 et 12% à l'horizon 2050, selon les systèmes de culture. Par contre, la recharge risque d'être affectée de plusieurs manières. D'une part, une augmentation de l'évapotranspiration conduit à une diminution des flux d'eau vers l'aquifère. D'autre part, une variabilité accrue des précipitations aurait un impact positif ou négatif sur la recharge selon les modes de transferts d'eau vers l'aquifère. On s'attend par ailleurs à ce que la variabilité des précipitations accentue l'intermittence des approvisionnements en eau sur les aquifères karstiques et fracturés.

Afin d'avoir une vision plus intégrée des impacts, en considérant l'ensemble des contributions intervenant dans le flux net de recharge (recharge moins prélèvements par l'irrigation et la végétation), on montre dans le cas de l'aquifère de la Crau que le changement climatique seul modifie peu ce flux. Par contre, si la dotation en eau est réduite de 30% suite à des arbitrages dans la répartition des usages ou à une diminution de la ressource au niveau des Alpes, les répercussions sur

Anomalies de débits mensuels exprimées en m³/s, c'est-à-dire écart entre les valeurs calculées pour la période 2036-2065 (toutes projections climatiques et tous modèles confondus) et celles de la période de référence 1980-2009. La partie verte contient 50% des valeurs centrales (du percentile 25 au percentile 75) et les barres représentent les valeurs extrêmes - Source : projet R²D²

Au niveau des trois retenues, les résultats obtenus avec les modalités de gestion actuelle suggèrent une diminution globale de la production d'énergie due notamment à la réduction des apports en amont des ouvrages hydroélectriques. En outre, le mode de gestion actuel semble garantir les débits réservés et des droits d'eau pour les usages en aval des ouvrages et considérés comme prioritaires. Cependant, cette satisfaction des demandes en eau ne sera possible qu'au détriment de la production d'énergie en hiver (réserves moins mobilisables pour produire de l'hydroélectricité en période de pointe) et du maintien de cotes touristiques en été.

Même si les réserves physiques en eau semblent suffisantes en 2050 et si des incertitudes demeurent à tous les niveaux de modélisation, les changements climatiques et socio-économiques des territoires préleveurs des eaux de la Durance vont modifier la capacité à satisfaire les différents usages, en raison d'une modification de la répartition annuelle des débits. Des tendances fortes émergent sur les étiages estivaux ce qui doit encourager la mise en œuvre de mesures « sans regret », c'est-à-dire bénéfiques dès maintenant et quel que soit le devenir climatique, afin de prolonger et soutenir les actions d'économie d'eau déjà engagées. Les acteurs devront trouver les voies qui leur permettront de parvenir à un nouvel équilibre qui sera un compromis.

l'aquifère seraient très importantes avec un rabattement du niveau de l'aquifère de plusieurs mètres par endroit.

Sur le plan de la qualité des eaux souterraines, la principale menace imputable au changement climatique concerne la remontée du biseau salé au niveau des aquifères côtiers. C'est un problème déjà avéré dans la basse vallée du Rhône qui pourrait s'accroître sous les effets conjugués de l'augmentation du niveau de la mer, de l'amplitude des marées et de la diminution du flux d'eau à l'exutoire de l'aquifère. A un problème de quantité pourrait donc s'ajouter un problème de qualité.

Conclusions

Au regard des projections climatiques utilisées, les études réalisées sur les eaux de surface et les eaux souterraines ne semblent pas révéler de problèmes majeurs pour la ressource hydrique

à l'horizon 2050 en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cependant, une telle conclusion doit être modulée par plusieurs considérations :

- les incertitudes, particulièrement importantes sur les projections relatives aux précipitations qui sont déterminantes dans l'évaluation des ressources hydriques, invitent à une certaine prudence dans la formulation des recommandations ;

- le trait climatique le plus impactant réside dans la répartition annuelle des pluies avec des étages beaucoup plus sévères l'été et une date de fonte des neiges plus précoce. Cela pourra changer la donne dans les arbitrages d'allocation de l'eau superficielle entre les secteurs de l'énergie, de l'agriculture, du tourisme, et les besoins environnementaux pour maintenir la qualité biologique des milieux. On risque de se trouver dans

une situation inédite où le facteur climatique pourrait entrer dans les arbitrages, alors que ceux-ci ont été jusqu'à présent plutôt guidés par les seuls besoins de la société (voir article sur « Adaptation de l'agriculture locale et rôle de l'hydraulique agricole ») ;

- la réponse des aquifères à la variabilité climatique reste encore largement méconnue avec des dynamiques pouvant être contrastées selon les milieux et les mécanismes de recharges (infiltration concentrée, infiltration diffuse).

A un horizon plus lointain (2085) les projections indiquent des variations beaucoup plus significatives des grandeurs climatiques impactant le cycle de l'eau. On doit s'attendre à des tensions sur les usages de l'eau qui vont très probablement s'exacerber dans la seconde partie du XXI^e siècle.

Impacts du changement climatique sur les ressources souterraines dans un contexte méditerranéen

3 questions à C. VALLET-COULOMB

1. Quels sont les impacts du changement climatique sur les ressources en eau souterraines dans le bassin méditerranéen ?

Dans le bassin méditerranéen comme ailleurs, les ressources en eau souterraine sont affectées par les modifications du régime de précipitations (en quantité ou en intensité) qui influencent directement les flux de recharge. De plus, la très forte concentration des populations sur les zones littorales amplifie l'effet du changement climatique dans le pourtour méditerranéen. Enfin, les aquifères côtiers sont affectés par la remontée du niveau de la mer qui provoque l'intrusion d'eau salée et peut rendre la ressource inutilisable.

Il est difficile d'isoler les impacts du changement climatique des impacts humains directs qui sont souvent les principaux facteurs de la dégradation de la ressource : soit par des prélèvements trop importants, soit de manière indirecte en provoquant

une diminution de la recharge (imperméabilisation des surfaces, modification de l'occupation des sols ou des pratiques d'irrigation...)

2. Quels sont les moyens d'adaptation pour limiter la vulnérabilité des sociétés et territoires ?

Pour préserver les eaux souterraines, il est nécessaire de rééquilibrer les bilans d'eau, en favorisant la recharge et en minimisant les prélèvements. Il existe des solutions techniques relativement récentes, comme la recharge artificielle et le développement des ressources non conventionnelles (dessalement, réutilisation des eaux usées, etc.). Mais on doit également s'appuyer sur l'optimisation de l'aménagement du territoire en évitant l'imperméabilisation des surfaces et en maintenant des conditions favorables à l'infiltration naturelle, même en milieu urbain et périurbain (création de parcs, maintien de cours d'eau naturels, etc.). Enfin,

une réduction des consommations est indispensable, et elle passe par une limitation des gaspillages et une réduction des « empreintes eau » des produits alimentaires et manufacturés.

3. Quels sont les principaux « verrous » scientifiques et enjeux pour la recherche de demain ?

Il faut pouvoir identifier et quantifier la réponse des ressources en eau souterraine aux influences des variations climatiques et des pressions humaines, quelles soient directes ou indirectes. Pour cela, il est nécessaire de coupler des modèles fonctionnant à différentes échelles (ex. : modèles climatiques/modèles hydrogéologiques) et relevant de différentes disciplines (agronomie, économie, sociologie, etc.). L'interdisciplinarité en modélisation est un des verrous scientifiques dans ce domaine.