



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, le numéro de l'article et le DOI..

Caractériser les vulnérabilités des bassins Rhône-Méditerranée et Adour-Garonne pour mieux s'adapter au changement climatique

Antoine TORREMOCHA¹, Arthur GAILLOT^{2,3}, Éric SAUQUET¹, Thomas PELTE³, Vincent MARQUET⁴

¹ INRAE, UR RIVERLY, France.

² INRAE, UR Info&Sols, France.

³ Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, France.

⁴ Agence de l'Eau Adour-Garonne, France.

Correspondance : Éric SAUQUET, eric.sauquet@inrae.fr

Où les territoires seront-ils les plus vulnérables aux effets du changement climatique sur l'eau ? Pour répondre à cette question, une étude menée dans les bassins Rhône-Méditerranée et Adour-Garonne croise projections hydroclimatiques et diagnostics territoriaux. La méthode permet de caractériser, à l'échelle des sous-bassins, les vulnérabilités liées à la raréfaction de la ressource, à la qualité de l'eau, aux écosystèmes aquatiques, à l'assèchement des sols ou encore aux risques hydrologiques. Les cartes obtenues offrent une lecture territorialisée des vulnérabilités et constituent un support pour cibler les interventions et construire des stratégies d'adaptation.

Introduction et contexte

La France hexagonale, et en particulier sa partie méridionale, et la Corse présentent aujourd'hui des manifestations tangibles de l'impact des évolutions du climat sur le cycle de l'eau. Les projections climatiques et hydrologiques anticipent une hausse des températures de l'air, une redistribution saisonnière des précipitations et des débits des cours d'eau, avec pour conséquence des sécheresses hydrologiques plus marquées (Soubeyroux *et al.*, 2025 ; Sauquet *et al.*, 2025).

Dans cette perspective d'évolution de la ressource en eau, les documents de planification stratégique – SDAGE (schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux), SAGE (schémas d'aménagement et de gestion des eaux) et PTGE (projets de territoire pour la gestion de l'eau) – intègrent désormais systématiquement la dimension climatique. Les évolutions hydrologiques, conjuguées aux pressions anthropiques (artificialisation, prélèvements liés à des usages concurrents...) génèrent des situations de vulnérabilité contrastées d'un territoire

à l'autre. Ces vulnérabilités concernent des enjeux multiples, notamment : la sécurisation de l'alimentation en eau potable, la disponibilité de la ressource pour l'agriculture, la préservation des écosystèmes aquatiques et, plus largement, le maintien des services écosystémiques. Ces changements rendent nécessaire la planification de mesures d'adaptation de la gestion de l'eau. Ces mesures mobilisent différents leviers et, pour être pleinement efficaces, elles doivent prendre en compte les spécificités locales, tant actuelles que futures (Schipper *et al.*, 2022). Le PNACC (Plan national d'adaptation au changement climatique) constitue la feuille de route nationale en matière d'adaptation. La troisième version du PNACC a été publiée en 2025. Cette troisième version introduit la Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC). La TRACC propose des cibles communes d'adaptation pour trois niveaux de réchauffement (+2 °C à l'horizon 2030, +2,7 °C à l'horizon 2050 et +4 °C à l'horizon 2100 en France hexagonale par rapport à l'ère préindustrielle ; Soubeyroux *et al.*, 2024).

À l'échelle des bassins, les PBACC (plans de bassin d'adaptation au changement climatique) déclinent ces orientations. Les exemples du PBACC Rhône-Méditerranée-Corse 2024-2030 ou celui d'Adour-Garonne initié en 2018 et actualisé en 2023, mis en œuvre par les Agences de l'eau respectives, illustrent la volonté d'intégrer l'adaptation dans la planification hydrologique et de renforcer la résilience des territoires. Par ailleurs, ces plans montrent comment les projections climatiques et hydrologiques peuvent alimenter la conception et le pilotage des politiques publiques d'adaptation locale et de planification au travers d'études de vulnérabilité.

Encadré ❶ – Le diagnostic de vulnérabilité.

Le diagnostic de vulnérabilité a été élaboré à partir d'un ensemble de projections hydroclimatiques, afin d'intégrer les incertitudes et donc la diversité des futurs possibles. Un score d'exposition a été calculé pour chaque projection puis croisé avec un score de sensibilité. Ce croisement a permis d'obtenir une série de scores de vulnérabilité en fonction du nombre de projections et la vulnérabilité finale correspond au score majoritaire (figure ❶). Chaque impact potentiel du changement climatique est classé selon une échelle de 1 (modéré) à 5 (très fort) (figure ❶).

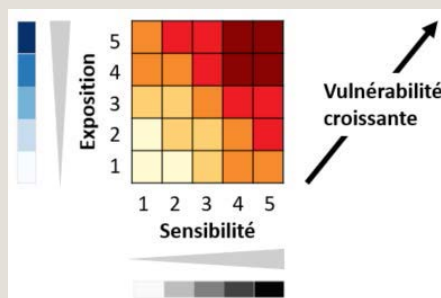


Figure ❶ – Schéma de croisement des degrés de sensibilité et d'exposition pour l'obtention du degré de vulnérabilité.

La sensibilité est représentée avec un dégradé de gris, l'exposition avec un dégradé de bleu et la vulnérabilité avec un dégradé de jaune-rouge.

Ce type de diagnostic permet d'identifier et de hiérarchiser les zones les plus exposées en fonction de l'intensité des impacts attendus. Il ne s'agit pas d'un diagnostic absolu : il n'existe pas de secteurs « vulnérables ou non », mais une graduation des niveaux de vulnérabilité. Le diagnostic est donc relatif. Son utilité réside surtout dans sa capacité à définir des priorités d'action et de planification aux différentes échelles territoriales. Au-delà de la simple sensibilisation, ces études offrent aux décideurs et aux acteurs locaux des outils concrets pour anticiper et agir.

L'objectif de cet article est double :

(i) proposer et appliquer une méthode de caractérisation des vulnérabilités (encadré ❶) à l'échelle des bassins de gestion Rhône-Méditerranée (RM) et Adour-Garonne (AG), en articulant les résultats du projet Explore2 (Sauquet *et al.*, 2025) (encadré ❷) avec les diagnostics territoriaux ;

(ii) fournir un outil opérationnel d'aide à la décision pour hiérarchiser les zones d'intervention et enrichir les documents de planification (SDAGE, SAGE, PTGE).

En adoptant une approche conduite à socio-économie constante et sans prise en compte des capacités d'adaptation locales, nous posons la question suivante : quelle serait la situation d'un territoire si le climat de demain prévalait dès aujourd'hui ?

Notion et caractérisation de la vulnérabilité

La vulnérabilité d'un territoire traduit sa propension à subir des dommages à la suite d'un événement naturel ou anthropique. Dans le cadre du changement climatique, la vulnérabilité est définie comme les dommages potentiels qu'un système peut subir, résultant d'interactions complexes entre phénomènes climatiques, dynamiques anthropiques et processus biophysiques. La vulnérabilité est appréhendée ici comme la combinaison de l'exposition et de la sensibilité (IPCC, 2007) :

- l'exposition désigne l'intensité et la nature des évolutions auxquelles un territoire est soumis (par exemple, fréquence et ampleur des événements extrêmes). Elle est caractérisée par les facteurs hydroclimatiques qui regroupent les paramètres climatiques et hydrologiques (température, précipitations, débit, recharge potentielle des aquifères, etc.), ainsi que la fréquence et l'intensité des événements extrêmes (pluies intenses, sécheresses, vagues de chaleur, etc.) ;

- la sensibilité correspond aux caractéristiques intrinsèques d'un territoire qui le rendent plus ou moins fragile face à une exposition donnée. Elle est définie par les facteurs non hydroclimatiques qui influencent la capacité du territoire à subir ou à s'adapter aux changements climatiques (qualité/artificialisation des sols, pressions anthropiques sur les ressources en eau, usages concurrents, etc.).

Encadré ❷ – Mobilisation du projet Explore2.

Explore2 s'inscrit dans la continuité d'Explore2070. Porté par le ministère de la Transition écologique et l'Office français de la biodiversité (OFB), Explore2 a mobilisé une large communauté scientifique et les acteurs de la gestion de l'eau afin d'actualiser les connaissances sur le changement climatique et ses impacts sur le cycle de l'eau sur l'ensemble du XXI^e siècle en France hexagonale et en Corse, au-delà du seul horizon 2070.

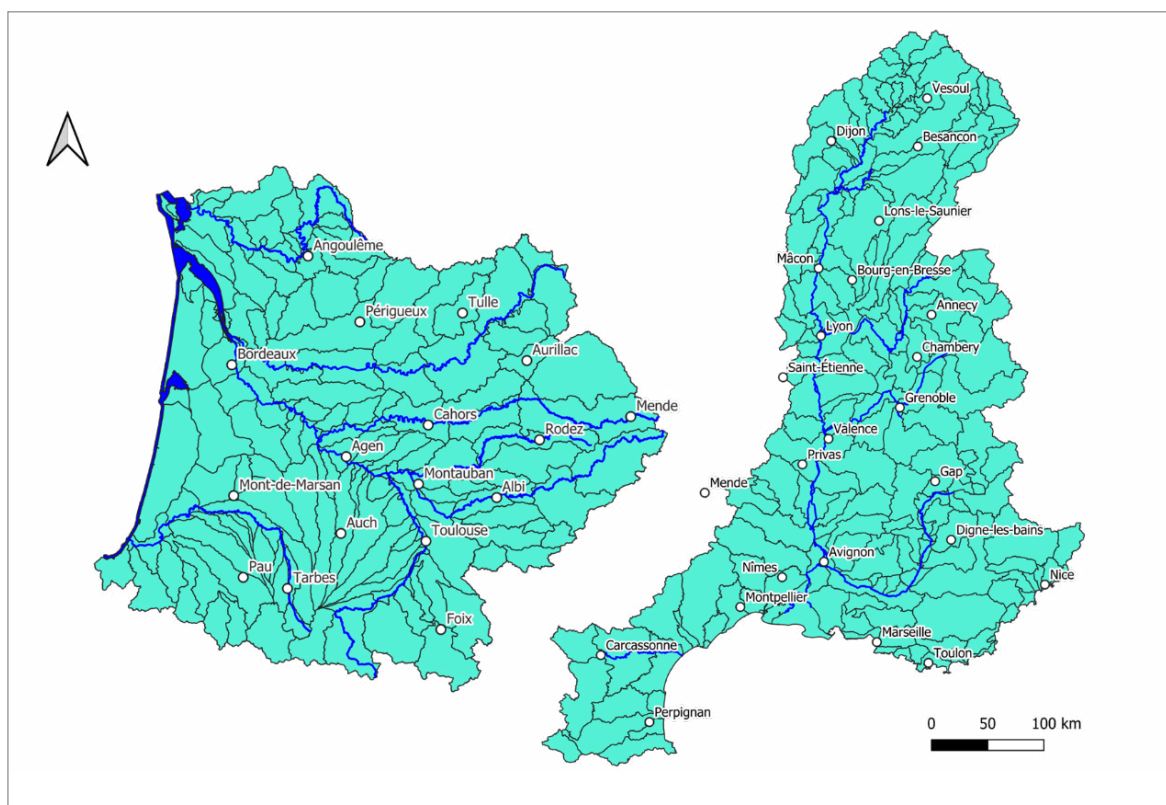
Le projet Explore2 intègre un exercice de simulation de l'impact du changement climatique sur l'hydrologie pour trois scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Il s'appuie sur un ensemble de modèles numériques, décrivant l'évolution des débits naturels des cours d'eau, de la piézométrie et de la recharge potentielle des eaux souterraines. Ces simulations constituent une « hydrologie de référence » qui pourront alimenter des exercices prospectifs et permettront de simuler les actions de gestion anthropique de l'eau et des bassins versants.

Les projections climatiques ont été élaborées sur la grille SAFRAN (maillage 8 km × 8 km développée par Météo-France pour l'ensemble du territoire métropolitain). L'hydrologie passée et future a été modélisée sur plus de 4 000 points en France hexagonale et en Corse. La recharge des nappes a été modélisée sur la base d'un découpage en 621 masses d'eau souterraine (MESO), représentatives d'entités hydrogéologiques homogènes.

Les résultats d'Explore2 (séries temporelles et indicateurs) sont accessibles librement sur les portails Drias-Climat (<https://www.drias-climat.fr>), Drias-Eau (<https://www.drias-eau.fr>) et le dataverse Explore2 (<https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/explore2>).

Les portails MEANDRE (<https://meandre.explore2.inrae.fr>) et MEANDRE-TRACC (<https://meandre-tracc.explore2.inrae.fr>) permettent de visualiser les changements pour l'hydrologie de surface.

Figure 2 – Découpage en sous-bassins versants (128 pour Adour-Garonne et 193 pour Rhône-Méditerranée) pris en compte dans les diagnostics et localisation des préfectures sur ces territoires.



Des études de vulnérabilité ont été conduites récemment sur deux bassins de gestion : RM en 2023 et AG en 2025 pour le compte des comités de bassin et des agences de l'eau concernées. Elles ont été réalisées à l'échelle de sous-bassin versants (figure 2), avec l'appui des conseils scientifiques des comités de bassin.

Ce choix d'échelle est déterminant, dans la mesure où le diagnostic dépend directement de l'échelle de traitement retenu. La définition de cette échelle constitue ainsi une étape préalable essentielle de la démarche : raisonner à l'échelle du sous-bassin versant conditionne à la fois les résultats obtenus et leur interprétation. D'autres partis pris, comme une analyse menée à l'échelle départementale ou communale, auraient conduit à des diagnostics sensiblement différents. C'est ce choix qui a été retenu pour :

- identifier les zones nécessitant une action rapide ou renforcée ;
- conduire une réflexion globale sur les facteurs de vulnérabilité propres à chaque enjeu (ressource, qualité de l'eau, biodiversité) ;
- mobiliser les projections climatiques et hydrologiques en lien avec les spécificités territoriales ;
- croiser ces éléments avec les diagnostics classiques (état des lieux, études de bassin) des masses d'eau.

Ce choix est soutenu par la disponibilité des projections hydroclimatiques, pouvant renseigner le devenir de l'hydrologie dans ces sous-bassins versants.

Les critères d'exposition et de sensibilité, ainsi que les grilles d'évaluation et les indicateurs associés, sont appliqués de manière homogène à l'ensemble des sous-bas-

sins versants. Ils s'appuient sur des bases de données couvrant chaque bassin de gestion. Cette méthodologie permet ainsi de garantir la cohérence des résultats à l'échelle des bassins de gestion et leur comparabilité entre sous-bassins versants.

Pour ces deux bassins de gestion, le diagnostic de vulnérabilité remplit ainsi un double rôle.

Un outil d'aide à la décision

À l'échelle globale du bassin, il met en évidence les enjeux majeurs et identifie d'éventuels « hotspots » nécessitant une attention prioritaire. Par exemple, pour le bassin RM, cette lecture bassin met en évidence que la problématique de disponibilité en eau pourrait apparaître sur certains secteurs actuellement plutôt préservés, comme le piémont des Alpes ou la Franche-Comté. Sur le bassin AG, ces cartes trouvent une première traduction opérationnelle dans le cycle de planification en cours. Elles sont intégrées à l'état des lieux du prochain SDAGE 2028-2033 pour documenter l'évolution de la qualité des eaux et prolonger l'analyse du risque de non-atteinte des objectifs environnementaux à l'horizon 2033.

Pour AG comme pour RM, l'intégration de ce diagnostic de vulnérabilité dans le SDAGE vise également à renforcer sa portée opérationnelle en orientant :

- les priorités territoriales ;
- les dispositions relatives à l'adaptation ;
- la cohérence entre pression actuelle, exposition future et programmation des mesures.

À l'échelle des sous-bassins, ce diagnostic amorce des analyses plus fines et quantitatives et constitue la base

des diagnostics locaux. Pour les deux bassins, cette étape complémentaire conduit à la production de profils de vulnérabilité de territoire, mis à disposition des délégations. Ces profils permettent :

- une lecture directement mobilisable par les acteurs locaux ;
- l'identification de leviers d'action adaptés aux bassins versants ;
- l'articulation avec les stratégies des territoires et les outils associés (ex. SAGE, PTGE et contrats « eau et climat »).

Un outil de communication

Le diagnostic de vulnérabilité joue également un rôle essentiel de support à la sensibilisation. En mettant en évidence les évolutions hydroclimatiques à venir et leurs impacts potentiels sur les usages, les milieux et les ressources, il permet de rendre les enjeux plus concrets et compréhensibles. Il favorise ainsi l'appropriation collective de ces problématiques, nourrit le dialogue avec les acteurs locaux et participe à l'élaboration d'une vision partagée des priorités en matière d'adaptation.

Les enjeux des études Rhône-Méditerranée et Adour-Garonne

Ces études de vulnérabilité face au changement climatique reposent sur l'identification d'un ensemble d'enjeux prioritaires. Ils correspondent chacun à un type d'impact spécifique lié à l'évolution des conditions hydroclimatiques. Ces enjeux ont été définis et validés scientifiquement et politiquement par les comités de bassin, avec l'appui de leur conseil scientifique, afin de cibler les principales pressions sur les milieux et les usages.

Les principaux enjeux retenus sont les suivants :

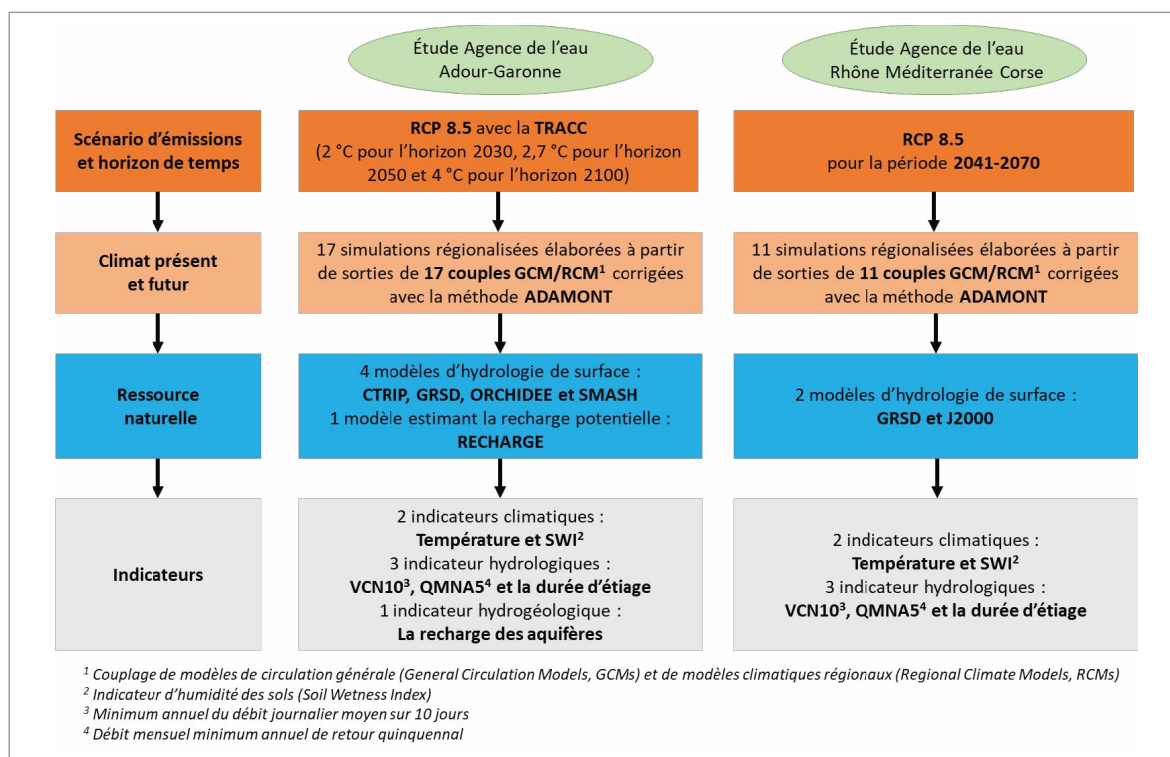
- assèchement des sols : évaluer l'impact du changement climatique sur le bilan hydrique des sols ;
- détérioration de la qualité de l'eau : analyser les effets du changement climatique sur la concentration des contaminants et polluants, les phénomènes d'eutrophication et la prolifération des cyanobactéries ;
- baisse ou raréfaction de la disponibilité en eau de surface (RM et AG) et souterraine (AG uniquement) : caractériser les effets et impacts du changement climatique sur la ressource en eau disponible pour les différents usages anthropiques (domestiques, agricoles, industriels et énergétiques) et pour l'atteinte du bon état des milieux (respect des débits objectifs d'étiage – DOE, atteinte ou maintien du bon état des eaux, volume des nappes phréatiques) ;
- perte d'habitats écologiques et de zones humides : examiner la propension des territoires à perdre des milieux aquatiques ou humides fonctionnels et assurant le maintien de la biodiversité sous l'effet des évolutions climatiques ;
- amplification des risques naturels liés à l'eau : identifier l'aggravation potentielle des risques d'inondation par ruissellement et par débordement, de submersion marine.

Scores d'exposition

L'évaluation de l'exposition s'appuie exclusivement sur les résultats du projet Explore2 – figure 3, (Sauquet et al. 2024, 2025).

Il est à noter que les horizons temporels diffèrent entre les diagnostics des deux bassins. Pour RM, le diagnos-

Figure 3 – Horizons temporels, chaîne de modélisation et indicateurs du projet Explorez utilisés dans les deux études de vulnérabilité.



tic a été conduit à un horizon fixe, situé au milieu du XXI^e siècle (période 2041-2070). Pour AG, le diagnostic s'inscrit dans la trajectoire TRACC et a été réalisé à l'échelle de l'ensemble du XXI^e siècle. Néanmoins, ce dernier se focalise sur un diagnostic au niveau de réchauffement à +2,7 °C positionné en 2050 par la TRACC. Cet horizon correspond à un cadre temporel pertinent pour la mobilisation des acteurs et la planification des investissements.

Les deux études ont exploité un ensemble d'indicateurs climatiques et hydrologiques (figure 3) à une résolution spatiale fine compatible avec l'échelle des sous-bassins versants.

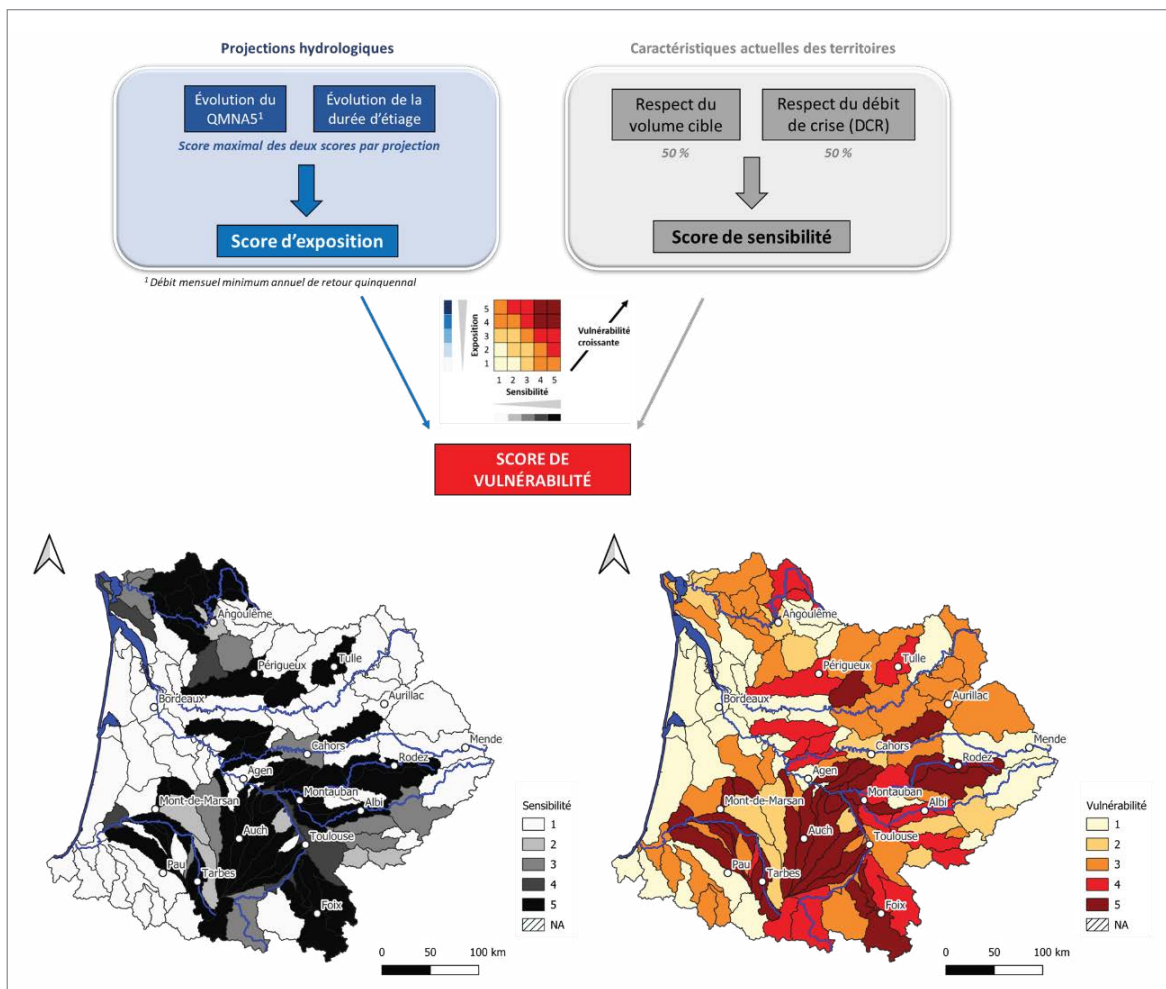
Les différents indicateurs d'exposition ont été agrégés à l'échelle des sous-bassins versants afin d'assurer une spatialisation la plus homogène possible :

- pour les indicateurs climatiques, les valeurs issues des grilles de projection ont été moyennées et pondérées selon la surface interceptée par chaque sous-bassin versant. Cela donne pour chaque sous-bassin des valeurs spécifiques correspondant à chaque modèle climatique. Un traitement similaire a été réalisé pour l'indicateur hydrogéologique à l'échelle des masses d'eau souterraine ;

- pour les indicateurs hydrologiques, l'ensemble des points de simulation disponibles sur les différents sous-bassins versants a été mobilisé. Chaque point est considéré comme représentatif de son sous-bassin versant. Les valeurs sont agrégées par moyenne pondérée, en fonction de la surface drainée associée à chaque point. Ainsi, les points de simulation associés à des surfaces plus vastes ont un poids plus important dans le calcul.

Ce traitement aboutit à des valeurs spécifiques pour chaque sous-bassin versant et par projection, résultant de la combinaison des différents modèles hydrologiques et climatiques utilisés. Ces indicateurs (changement par rapport à la période 1976-2005) calculés pour toutes les projections ont ensuite été traduits en score de 1 à 5 selon cinq classes d'exposition équilibrées. La traduction des changements en score vise à maximiser les contrastes des situations à l'échelle des deux territoires (AG et RM). Certains scores sont des scores composites lorsque plusieurs indicateurs caractérisent l'exposition pour un même enjeu (ex. : le débit d'étiage QMNA5 et la durée d'étiage pour l'enjeu « Baisse de la disponibilité en eau de surface », figure 4) : le score final d'exposition est le score le plus élevé parmi ceux obtenus pour chaque indicateur, afin de retenir l'estimation la plus défavorable.

Figure 4 – Synthèse de la méthode d'évaluation de la vulnérabilité pour l'enjeu « Baisse de la disponibilité en eau de surface » pour Adour-Garonne, accompagnée des cartes de sensibilité (carte de gauche) et de vulnérabilité (carte de droite) pour le niveau de réchauffement à +2,7 °C.



Scores de sensibilité

L'évaluation de la sensibilité repose sur l'analyse d'indicateurs quantitatifs décrivant les pressions ou l'état des milieux. Elle est, ici, évaluée par rapport à l'état actuel du territoire. Ces indicateurs sont sélectionnés généralement à partir des états des lieux des SDAGE en vigueur. Ils permettent de caractériser la vulnérabilité intrinsèque d'un territoire vis-à-vis d'un enjeu donné (qualité ou disponibilité de la ressource, pression anthropique, état écologique des masses d'eau, etc.).

Contrairement aux indicateurs d'exposition, les indicateurs de sensibilité diffèrent généralement d'un bassin de gestion (RM et AG) à l'autre. Ces différences entre les deux applications s'expliquent par les spécificités propres de chaque bassin. Les données mobilisées ici sont extraites des systèmes d'information des agences de l'eau et/ou élaborées par d'autres institutions, puis agrégées à l'échelle des sous-bassins versants.

La méthodologie appliquée au calcul de la sensibilité reprend dans ses grandes lignes celle utilisée pour l'exposition, mais sous une forme simplifiée, sans prise en

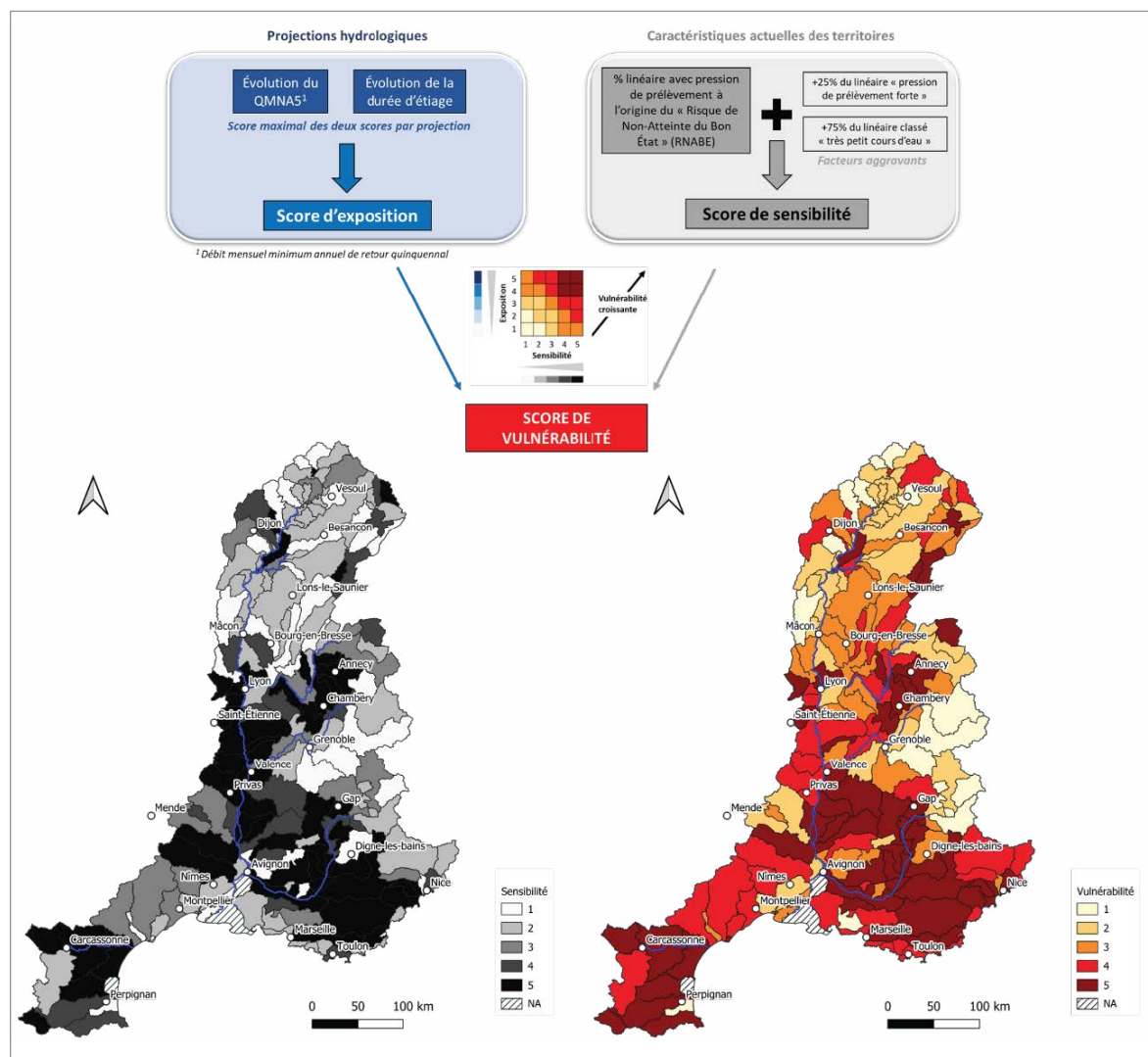
compte d'incertitude. En effet, alors que plusieurs projections par sous-bassin versant étaient disponibles pour l'exposition (encadré 1), une donnée unique, mesurée et/ou calculée, est mobilisée ici. Dans certains cas, cette donnée a été pondérée par un ou plusieurs facteurs « aggravants » en fonction de l'enjeu considéré. Ce facteur vise à refléter une situation locale particulièrement critique constatée (pression accrue, déficit structurel, fragilité écologique). Cela se traduit par un score de sensibilité augmenté (+ 1 en termes de score) pour les sous-bassins versants concernés.

Ainsi, cette approche permet de disposer, pour chaque enjeu et chaque sous-bassin versant, d'un score de sensibilité. Ce score est évalué de manière homogène à partir d'indicateurs pertinents tenant compte des spécificités locales.

Exemple de résultats

La démarche engagée ainsi que les résultats finaux des cartes de sensibilité et de vulnérabilité sont illustrés pour l'enjeu « Baisse ou raréfaction de la disponibilité en eau de surface » à l'horizon milieu de siècle (figures 4 et 5).

Figure 5 – Synthèse de la méthode d'évaluation de la vulnérabilité pour l'enjeu « Baisse de la disponibilité en eau de surface » pour Rhône-Méditerranée, accompagnée des cartes de sensibilité (carte de gauche) et de vulnérabilité (carte de droite) pour le scénario RCP 8.5 sur la période 2041-2070 (horizon milieu de siècle).



Pour cet enjeu :

- dans le bassin Rhône-Méditerranée, la sensibilité est évaluée à partir de la proportion du linéaire de cours d'eau soumis à des pressions quantitatives. Ces pressions sont identifiées à partir du diagnostic établi dans le cadre de la directive cadre sur l'eau (DCE), mobilisant les données relatives au « Risque de non-atteinte du bon état » (RNABE). L'analyse prend en compte à la fois le niveau d'intensité des pressions exercées et la taille des cours d'eau concernés ;

- dans le bassin Adour-Garonne, la sensibilité repose sur deux indicateurs quantitatifs : le respect du débit de crise (DCR) et le respect du volume cible sur les dix dernières années. Les cartes présentées correspondent aux versions préliminaires, actuellement expertisées par les acteurs locaux. La version opérationnelle finale peut intégrer des ajustements postérieurs sans incidence sur les résultats et interprétations proposés dans l'article.

Dans les deux études, l'exposition est évaluée à partir du débit d'étiage réglementaire (QMNA5) et de la durée de la période d'étiage projetés à l'horizon 2041-2070 pour le bassin RM et selon les niveaux de réchauffement TRACC pour le bassin AG (illustré pour le niveau de réchauffement à + 2,7 °C sur la figure 4).

Limites de ces études de vulnérabilité

Les cartes de vulnérabilité produites dans cette étude reposent sur un ensemble d'hypothèses et de choix méthodologiques qui conditionnent leur interprétation. L'hypothèse de stabilité des conditions socio-économiques et des capacités d'adaptation constitue un cadre méthodologique permettant d'isoler l'effet seul du climat futur sur les conditions actuelles. Cette hypothèse ne prend donc pas en compte les évolutions probables des usages de l'eau, des dynamiques d'urbanisation, ni des dispositifs de gestion et de préservation de la ressource. Elle n'intègre pas les transformations attendues des capacités d'adaptation des territoires face au changement climatique (IPCC, 2022 ; Estoque *et al.*, 2023). Dans ce contexte, l'approche retenue vise à caractériser la vulnérabilité globale du territoire, considéré comme support des différents usages. Elle ne cherche pas à établir un diagnostic détaillé de la vulnérabilité propre à chaque usage. Une telle analyse impliquerait en effet la mobilisation d'indicateurs de sensibilité spécifiques ainsi que des niveaux d'analyse distincts.

Le choix des indicateurs d'exposition et de sensibilité traduit également un parti pris méthodologique. Des ateliers ont été organisés pour interroger ce qui fait, pour chacun des enjeux, la sensibilité des territoires et les facteurs climatiques les plus influents dans le domaine de l'eau. Ils mobilisaient des représentants des services de l'État ou des structures publiques porteuses d'ingénierie en gestion de l'eau ou de l'adaptation (CEREMA, ADEME, Régions). Ce choix a fait l'objet de discussions collectives au sein du comité de bassin et de leur conseil scientifique ou, en interne, à l'Agence de l'eau. En l'absence de règle absolue en la matière, cette étape de concertation, au cours de laquelle les acteurs du bassin expriment leur propre lecture de la vulnérabilité, joue un rôle structurant dans la construction de l'évaluation. Par ailleurs, les scores obtenus pour chaque indicateur dépendent étroitement de la qualité (ex. : lacunes, hétérogénéité des informations) et de la résolution des données mobilisées (ex. : nombre de simula-

tion dans les sous-bassins versants). Leur incidence est cependant souvent difficile à apprécier sur les scores de vulnérabilité. Enfin, les modélisations climatiques et hydrologiques utilisées sont également sources d'incertitude sur l'évaluation du score d'exposition.

L'analyse a été réalisée à l'échelle des sous-bassins versants pour faire apparaître les contrastes à l'échelle régionale. Dans ce contexte, la réalisation d'investigations complémentaires peut rester indispensable afin d'adapter les mesures aux spécificités territoriales et de tenir compte des dynamiques locales. Elles pourront alors intégrer des facteurs de vulnérabilité spécifiques à chaque territoire ou des données locales permettant d'affiner le diagnostic initial. Ce type d'analyse devrait également être actualisé régulièrement afin d'évaluer l'efficacité des actions d'adaptation qui viendront s'ajouter au fil des années, en raison de vulnérabilités fortes, aux plans d'actions des SAGE ou des contrats que l'agence de l'eau engage avec ses partenaires. L'enjeu est ainsi de soutenir l'élaboration de politiques publiques plus réactives et mieux adaptées aux évolutions environnementales et socio-économiques.

Conclusion et perspectives

La méthodologie présentée dans cette étude propose un cadre opérationnel pour caractériser la vulnérabilité des sous-bassins versants en France aux évolutions du climat. Les applications ont bénéficié des projections du projet Explore2, disponibles sur l'ensemble de la France hexagonale. Les résultats sont illustrés ici pour l'horizon milieu de siècle. Le diagnostic constitue également un exemple concret de l'utilisation de ces données pour appuyer l'évaluation des vulnérabilités à l'échelle territoriale. Les résultats sous forme de cartes forment une base scientifique objectivée, intégrant les incertitudes d'ordre climatique, pour identifier les priorités d'action et orienter les stratégies d'adaptation à différentes échelles sous hypothèse d'absence d'évolution socio-économique.

L'approche, suffisamment générique dans ses concepts, peut facilement être appliquée dans d'autres contextes hydroclimatiques. L'ensemble des cartes ainsi obtenues forme un outil précieux pour la planification, la mobilisation des acteurs locaux et la communication des enjeux pour le territoire.

Pour accroître sa pertinence et sa capacité prospective, des évolutions méthodologiques futures pourraient inclure de nouvelles approches. L'intégration de scénarios socio-économiques permettrait de rendre les analyses plus dynamiques et d'anticiper l'évolution conjointe des usages de l'eau et du climat. Le couplage à des modèles opérationnels de gestion multi-usages de l'eau renforcerait leur dimension prospective. Enfin, l'inclusion explicite de la capacité d'adaptation des territoires et la mise à jour de la définition de la vulnérabilité conformément aux travaux récents du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat élargiraient l'évaluation au-delà des seules expositions climatiques et sensibilités structurelles. Cela permettrait de mieux intégrer la résilience potentielle des milieux et des sociétés.

Toutes ces nouvelles approches permettraient de fournir une représentation plus complète du risque, d'évaluer les marges de manœuvre et de renforcer l'efficacité et la durabilité des politiques d'adaptation au changement climatique pour les acteurs locaux. ■

RÉFÉRENCES

- Estoque, R. C., Ishtiaque, A., Parajuli, J., Athukorala, D., Rabby, Y. W., & Ooba, M. (2023). Has the IPCC's revised vulnerability concept been well adopted? *Ambio*, 52(2), 376-389. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01806-z>
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/>
- IPCC. (2022). Summary for policymakers. Dans *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability (Working Group II, Sixth Assessment Report)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Sauquet, É., Evin, G., Siauve, S., Bornancin-Plantier, A., Jacquin, N., Arnaud, P., Bérel, M., Bernus, S., Bonneau, J., Branger, F., Caballero, Y., Colléoni, F., Collet, L., Corre, L., Drouin, A., Ducharne, A., Fournier, M., Gailhard, J., Habets, F., ... Vrac, M. (2024). *Messages et enseignements du projet Explorez* [Jeu de données]. Recherche Data Gouv. <https://doi.org/10.57745/J3XIPW>
- Sauquet, É., Torremocha, A., Thirel, G., Evin, G., Arnaud, P., Bonneau, J., Branger, F., Caballero, Y., Colléoni, F., Ducharne, A., Gailhard, J., Hendrickx, F., Héraut, L., Hingray, B., Huang, P., Lanini, S., Le Lay, M., Louise, M., Mimeau, L., ... Vergnes, J. P. (2025). *Évolution de l'hydrologie de surface en France par niveau de réchauffement* [Jeu de données]. Recherche Data Gouv. <https://doi.org/10.57745/MN29RG>
- Schipper, E. L. F., Revi, A., Preston, B. L. (2022). Climate resilient development pathways. Dans *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability (Working Group II, Sixth Assessment Report, pp. 2655-2807)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.027>
- Soubeyroux, J. M., Dubuisson, B., Bernus, S., Drouin, A., Samacoïts, R., Rousset, F., Schneider, Drouin, A., Madec, T., Tardy, M., Corre, L. (2024). *À quel climat s'adapter en France selon la TRACC ? Partie 1*. Météo-France. <https://hal.science/hal-04797481v3>
- Soubeyroux, J. M., Bernus, S., Dubuisson, B., Drouin, A., Madec, T., Rousset, F., Samacoïts, R., Schneider, M., Tardy, M., Tocquer, F., Corre, L., Morin, S., Ribes, A., Somot, S., Chapnik, B., Regimbeau, M. (2025). *À quel climat s'adapter en France selon la TRACC ? Partie 2*. Météo-France. <https://hal.science/hal-04991790v3>

VOIR AUSSI...

Dans le numéro « Animer un projet de territoire pour la gestion de l'eau : les défis de la prospective et de l'agroécologie » :

Les projets de territoire de gestion de l'eau : de leur principes et émergence à une appropriation différenciée selon les bassins hydrographiques.

<https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2026.52.10296>