

EAU'RIZON 2070

Rapport de Phase 2 : Diagnostic de vulnérabilités

Maîtres d'ouvrage



Avec le soutien de



Rédigé par



27/02/2025

Table des matières

1	INTRODUCTION	4
2	UN OUTIL CENTRAL, LES MODELES CLIMATIQUES	5
2.1	LES SCENARIOS DU GIEC, BASE DE L'APPROCHE PROSPECTIVE	5
2.2	LES MODELES CLIMATIQUES, OUTIL POUR DEDUIRE L'EVOLUTION DU CLIMAT.....	6
2.2.1	<i>Les modèles climatiques globaux, grandes tendances planétaires</i>	6
2.2.2	<i>Régionalisation des modèles pour plus de précision locale</i>	6
2.2.3	<i>Approche multi-modèles pour une vue d'ensemble sur les futurs possibles</i>	6
2.2.4	<i>Approche probabiliste pour délimiter l'intervalle des possibilités</i>	7
2.2.5	<i>DRIAS, source de toutes les données du projet</i>	8
2.2.6	<i>Choix des données</i>	8
2.3	SOURCES D'INCERTITUDES	10
3	IMPACTS SUR LE CLIMAT	11
3.1	IMPACTS SUR LES TEMPERATURES.....	11
3.1.1	<i>Une augmentation certaine des températures moyennes journalières.....</i>	11
3.1.2	<i>Des jours de fortes chaleurs plus nombreux</i>	13
3.1.3	<i>Un nombre de nuits tropicales qui explose</i>	14
3.1.4	<i>Des jours de gel moins nombreux, notamment en altitude</i>	16
3.1.5	<i>Conclusion.....</i>	17
3.2	IMPACTS SUR LES PRECIPITATIONS ET L'EVAPOTRANSPIRATION.....	18
3.2.1	<i>Une évolution incertaine des précipitations.....</i>	18
3.2.2	<i>Mais une augmentation de l'ETP.....</i>	19
3.2.3	<i>Conclusion.....</i>	20
3.3	IMPACTS SUR L'EPaisseur DU MANTEAU NEIGEUX.....	21
4	IMPACTS QUANTITATIFS SUR LA RESSOURCE EN EAU.....	24
4.1	IMPACTS QUANTITATIFS SUR LES EAUX DE SURFACE	24
4.1.1	<i>Moyennes eaux.....</i>	24
4.1.2	<i>Basses eaux.....</i>	26
4.1.3	<i>Hautes eaux</i>	27
4.1.4	<i>Conclusion.....</i>	28
4.2	IMPACTS QUANTITATIFS SUR LES EAUX SOUTERRAINES	29
4.2.1	<i>La recharge un indicateur clef à l'évolution contrastée</i>	29
4.2.2	<i>L'impact sur les eaux de surface influence les eaux souterraines</i>	29
4.2.3	<i>Conclusion.....</i>	31
5	IMPACTS QUALITATIFS SUR LA RESSOURCE EN EAU	32
5.1	QUALITE DES EAUX DE SURFACE	32
5.1.1	<i>Cours d'eau</i>	32
5.1.2	<i>Plans d'eau.....</i>	33
5.2	QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	34
5.2.1	<i>Une qualité d'ores et déjà dégradée par les pressions anthropiques et le déséquilibre quantitatif.....</i>	34
5.2.2	<i>Une dégradation qui pourrait s'accroître</i>	34
5.3	THERMIE DE L'EAU	36
5.4	CONCLUSION	37
6	IMPACTS SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET HUMIDES	38
6.1	IMPACTS SUR LES MILIEUX AQUATIQUES	38
6.1.1	<i>Des boucles en cascade avec des impacts croisés.....</i>	38
6.1.2	<i>Principaux impacts.....</i>	39
6.1.3	<i>Incidences sur les espèces aquatiques</i>	40
6.1.4	<i>Evolution potentielle des zones humides</i>	41

6.2	IMPACTS SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES DES PRINCIPAUX PLANS D'EAU.....	43
6.2.1	Barrage de Lanoux.....	43
6.2.2	Barrage des Bouillouses.....	44
6.2.3	Barrage de Vinça	44
6.2.4	Retenue de Villeneuve de la Raho.....	44
6.2.5	Barrage de l'Agly.....	45
6.3	CONCLUSION	45
7	IMPACTS SUR LES INONDATIONS	46
7.1	IMPACTS SUR LES PRECIPITATIONS EXTREMES.....	46
7.2	IMPACTS SUR LES DEBITS DE CRUES	49
7.2.1	Evolution du débit des crues décennales	49
7.2.2	Evolution de la fréquence des crues décennales	51
7.2.3	Evolution du risque inondation sur le territoire	52
7.2.4	Conclusion.....	53
8	IMPACTS SUR LES ETIAGES.....	54
8.1	VCN10_{ETE}, DEBIT DES ETIAGES D'ETE.....	54
8.2	EVOLUTION DES ETIAGES SEVERES, AVEC UNE PERIODE DE RETOUR DE 5 ANS.....	57
9	VULNERABILITE DU TERRITOIRE.....	60
9.1	CRITERES D'EVALUATION DE L'EXPOSITION.....	61
9.2	EVALUATION DE LA VULNERABILITE	61
9.2.1	Baisse de la disponibilité en eau à l'étiage.....	62
9.2.2	Détérioration de la qualité de l'eau et des écosystèmes	65
9.2.3	Risque naturel « inondation ».....	69
9.3	SYNTHESE DE LA VULNERABILITE PAR BASSIN VERSANT	72
9.3.1	Le Sègre.....	72
9.3.2	La Têt.....	72
9.3.3	Le Tech	72
9.3.4	L'Agly.....	73
9.3.5	Le Réart.....	73
9.4	IMPACT SUR LES USAGES ANTHROPIQUES DE LA RESSOURCE	74
9.4.1	Eau potable.....	75
9.4.2	Agriculture	76
9.4.3	Tourisme et loisirs	79
9.5	CONCLUSION	81

Numéro du projet : 23FDD024 - Intitulé du projet : Eau'rizon 2070

Intitulé du document : Rapport de phase 2

Version	Rédacteur	Vérificateur	Date d'envoi	Commentaires
1	HADJ AMARA Souad	HUGOUNENC Sabine	22/11/2024	Version initiale
2	ROUHAUD Estelle LAUZIER Benoît		06/12/2024	Intégration des remarques des Syndicats sur V1
3	BONNAFE Arnaud LAFFORGUE Michel		23/01/2025	Version finale intégrant remarques Syndicats et Cotech sur V2
4	CUENOT Alexis		27/02/2025	Version finale intégrant remarques Syndicats et Présidents sur V3

1 INTRODUCTION



Au niveau national le **Plan Eau de 2023** indique dans sa **mesure 9** que « *chaque bassin versant sera doté d'un **plan d'adaptation au changement climatique**, précisant la trajectoire de réduction des prélèvements au regard des projections d'évolution de la ressource en eau et des usages* ». La mesure 46 précise que « *l'étude **Explore 2**, qui actualisera les projections hydrologiques à partir des dernières publications du GIEC, sera complétée d'une étude prospective sur l'évolution de la demande en eau en France (2024)* ».

Le **plan de bassin d'adaptation au changement climatique (PBACC)** Rhône-Méditerranée 2024-2030 a été adopté le 8 décembre 2023 par le Comité de Bassin, donne une trajectoire pour les 6 ans à venir pour agir plus vite et plus fort dans le domaine de l'eau face à l'urgence climatique.



Il identifie **5 enjeux** : la baisse de la disponibilité en eau, la perte de biodiversité aquatique et humide, l'assèchement des sols, la détérioration de la qualité de l'eau et l'amplification des risques naturels liés à l'eau. Il propose également un panier de solutions et des défis à relever d'ici 2030.



Le **Plan Eau des Pyrénées Orientales de 2024** a notamment comme objectif de « *se projeter pour intégrer les conséquences du changement climatique ... avec le programme Eau'rizon 2070 intégrant les résultats d'Explore 2* ».

Le **Plan National d'Adaptation au Changement climatique de 2024** se base sur une Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'adaptation au Changement Climatique (TRACC) pour préparer les territoires au niveau de réchauffement de **+4°C à la fin du siècle** :



Eau'rizon 2070 s'inscrit pleinement dans ces démarches. Il vise à rassembler et à mobiliser le plus grand nombre d'acteurs autour d'une stratégie commune d'adaptation au changement climatique en termes de gestion de la ressource en eau, des milieux aquatiques et de prévention des inondations ; et ce, à partir d'un diagnostic qui fait consensus.

Ce rapport fait suite à un premier **état des lieux du territoire** des bassins versants de l'Agly, de la Têt, du Tech, du Réart et du Sègre, qui a notamment synthétisé les évolutions hydro-climatiques passées : renforcement des épisodes de sécheresse et d'inondation sur tout le territoire.

Il présente les principaux **impacts anticipés des effets du changement climatique** auxquels le territoire sera confronté sur la période 2041-2070, notamment sur la ressource en eau, les écosystèmes, et le risque inondation du territoire. Il s'articule autour de deux problématiques :

- Comment va évoluer le climat au niveau du territoire ?
- Quels seront les impacts de cette évolution sur le territoire ?

Le rapport se base sur les données de DRIAS et de DRIAS Eau, plateformes mettant à disposition les projections climatiques en France, notamment grâce à l'INRAE et au Ministère de la Transition écologique. Divers projets ont été utilisés, dont le projet **DRIAS-2020** pour les données climatiques et le **projet Explore 2** (juin 2024) pour les données sur la quantité de la ressource en eau.

2 UN OUTIL CENTRAL, LES MODELES CLIMATIQUES

Les données utilisées pour comprendre le climat futur et ses impacts résultent du travail de scientifiques qui exploitent des modèles climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques. Ces modèles, véritables avancées scientifiques, permettent, tout en s'appuyant sur les observations présentes et passées, de se projeter **dans un futur proche** en fonction de différents scénarios d'émissions de carbone à une échelle planétaire.

2.1 LES SCENARIOS DU GIEC, BASE DE L'APPROCHE PROSPECTIVE

Les **scénarios de concentration représentative (RCP) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)** sont des trajectoires de forçage radiatif qui décrivent les différents futurs possibles en fonction des actions humaines face aux émissions de gaz à effet de serre. Chaque scénario correspond à un niveau de forçage radiatif (en W/m^2), reflétant des hypothèses socio-économiques variées : de fortes réductions d'émissions (RCP2.6) à un scénario de croissance continue des émissions (RCP8.5). Ces scénarios ont permis d'explorer les impacts climatiques selon différents choix politiques et économiques globaux.

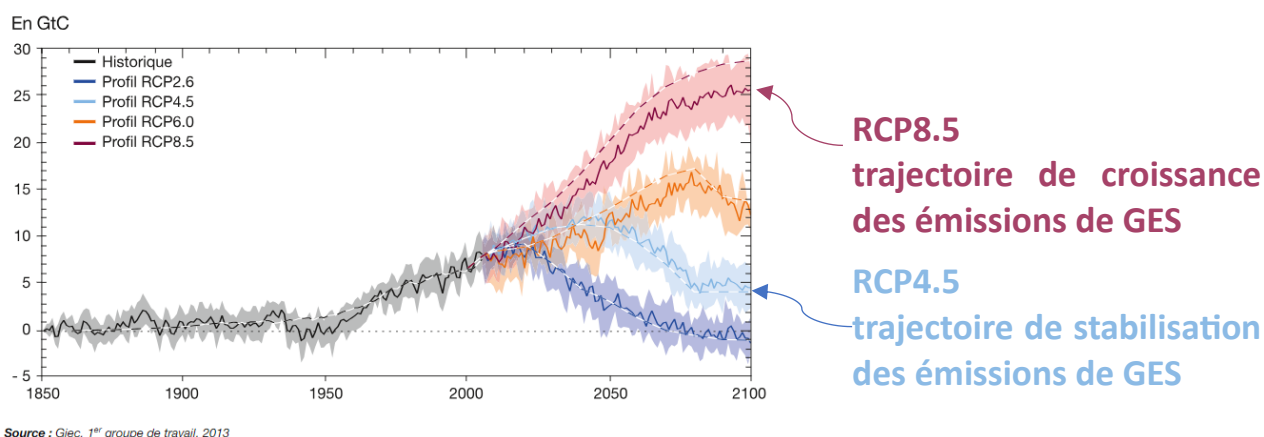


Figure 1 : Trajectoires d'émissions des scénarios RCP du GIEC à l'échelle planétaire

Les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 ont été analysés. Le RCP4.5 limite le réchauffement planétaire à 3°C d'ici la fin du siècle alors que le RCP 8.5 indique un réchauffement de plus de 4°C. Néanmoins les résultats des données Explore2 sur l'hydrologie, publiées en cours de réalisation de ce projet (juin 2024), se concentrent uniquement sur le scénario RCP8.5, trajectoire favorisée par les scientifiques, qui conseillent de s'y référer en termes de solutions d'adaptation. Par ailleurs, le Plan National d'Adaptation au Changement climatique de 2024 se base sur une Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'adaptation au Changement Climatique (TRACC) basée également sur les **projections du scénario RCP 8.5** pour préparer les territoires au niveau de réchauffement de **+4°C à la fin du siècle**.



Choix des scénarios

En 2024 et avec les nouvelles données internationales et nationales, l'ensemble des acteurs scientifiques et politiques actent que **seul le scénario RCP 8.5 est aujourd'hui réaliste** et qu'il n'est plus le scénario du pire mais bien la trajectoire moyenne tendancielle. **Le scénario RCP8.5 a été traité et analysé dans ce rapport.**

2.2 LES MODELES CLIMATIQUES, OUTIL POUR DEDUIRE L'EVOLUTION DU CLIMAT

2.2.1 LES MODELES CLIMATIQUES GLOBAUX, GRANDES TENDANCES PLANETAIRES

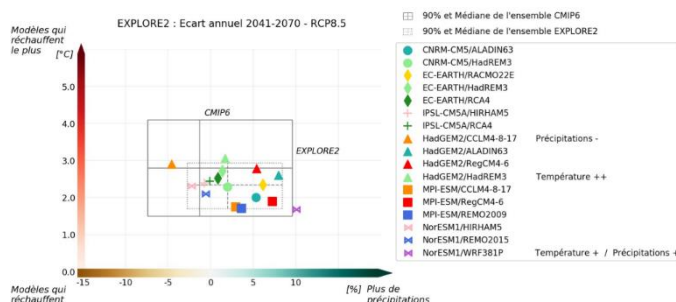
Les **modèles climatiques** sont des programmes informatiques sophistiqués utilisés pour simuler les interactions complexes du système climatique terrestre en réponse à des forçages externes, qu'ils soient d'origine naturelle (activité solaire, volcans) ou anthropique (émissions de gaz à effet de serre). En leur fournissant des données d'entrée, telles que les scénarios d'émissions futures, ces modèles calculent les projections des indicateurs climatiques, comme la température, les précipitations ou l'évapotranspiration, sur différentes périodes temporelles, permettant ainsi d'étudier les évolutions climatiques sous divers scénarios. Ils reposent sur des équations physiques qui gouvernent l'atmosphère, l'océan, la cryosphère (toutes les zones de la Terre où l'eau est à l'état solide, comme la glace et la neige) et la biosphère.

2.2.2 REGIONALISATION DES MODELES POUR PLUS DE PRECISION LOCALE

La **régionalisation des modèles climatiques** globaux est réalisée pour mieux comprendre les phénomènes climatiques régionaux et locaux. Ils sont plus détaillés et se concentrent sur des zones géographiques plus restreintes. Leur résolution spatiale est plus précise (10-20 km de maille environ) afin d'intégrer plus de nuances locales, comme le couvert végétal, la saisonnalité, la topographie, etc. La résolution du jeu de données utilisé dans cette étude pour la France Métropolitaine (DRIAS-2020) est de 12km. En France, des laboratoires de recherche (IPSL, CERFACS, CNRM, entre autres) ont développé des modèles régionaux avec des avantages et inconvénients variés selon les spécificités de chaque modèle.

2.2.3 APPROCHE MULTI-MODELES POUR UNE VUE D'ENSEMBLE SUR LES FUTURS POSSIBLES

Etant donné la disparité des résultats de certains modèles, les scientifiques conseillent une **approche multi-modèles** afin d'intégrer les résultats de différents modèles sans avoir à arbitrer lequel utiliser. Ci-dessous un diagramme permettant de visualiser les résultats des différents modèles pour les mêmes données (écarts de température et de précipitations). Il y est constaté une divergence qui peut être importante pour des données de départ identiques. Ceci est dû à la paramétrisation des processus, dont certains sont trop complexes (nuages, dynamique des océans, etc.), leur représentation dans les modèles est donc une approximation qui varie d'un modèle à l'autre. Pour cette raison, et conformément aux recommandations des scientifiques, il a été adopté une approche multi-modèles afin de **couvrir tous les futurs envisagés** par les modèles. Pour certaines données, au lieu d'aborder la distribution des données qui délimiterait les valeurs minimales, médianes et maximales, 4 modèles représentatifs d'évolutions hydro-climatiques sur le territoire sont utilisés, selon les recommandations des scientifiques du projet Explore2. Ces **narratifs identifiés par des couleurs**, sont détaillés dans la partie 2.2.6, choix des données.



2.2.4 APPROCHE PROBABILISTE POUR DELIMITER L'INTERVALLE DES POSSIBILITES



Afin de faciliter la représentation des données issues des différents modèles, les scientifiques suggèrent de manipuler les données en **intervalles** au lieu de parler de valeurs ponctuelles. Le moyen utilisé pour les données de DRIAS étant les quantiles : la distribution des données des différents modèles est réalisée afin d'en déduire les quantiles qui délimitent l'intervalle des probabilités.

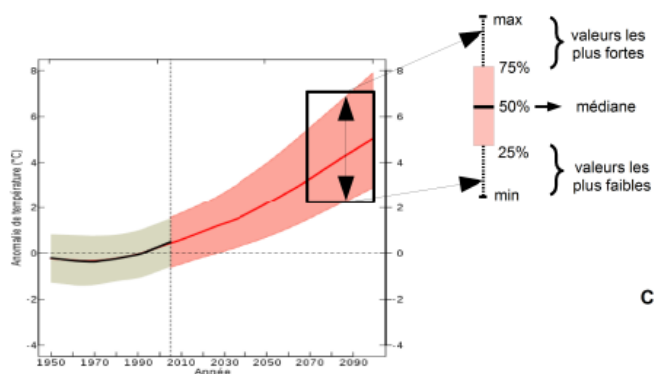


Figure 3 : Représentation en boîte à moustache. Source : rapport "Climat de la France au XXIème siècle" (Ouzeau et al, 2014).

A cette fin, il a été utilisé dans ce rapport, et pour la grande majorité des données, des intervalles : le 5^{ème} ou 10^{ème} centile, et 90^{ème} ou 95^{ème} centiles, afin de délimiter les **valeurs extrêmes hautes (Max.) et basses (Min.)** des échantillons de résultat des modèles, et le 50^{ème} centile pour représenter **les valeurs médianes (Med)**. Un centile correspond à la valeur en dessous de laquelle se situe un certain pourcentage des données, par exemple, le 5^{ème} centile inclut 5 % des valeurs les plus basses de l'échantillon.



L'hydrologie, l'hydrogéologie, les crues et les étiages ont été traités **en narratifs** (expliqués dans les paragraphes suivants).

Pour les eaux superficielles et souterraines, l'impact a été évalué en fonction des 4 narratifs projet Explore 2 qui découlent de 4 modèles climatiques lorsqu'ils analysent le scénario RCP8.5 (cf. figure 1).



Ces modèles **ne présentent pas de probabilité supérieure les uns par rapport aux autres**. Ils illustrent des trajectoires d'évolution distinctes, reflétant les spécificités, les avantages et les limites propres à chaque modèle.

Dans cette étude, les **valeurs projetées sont présentées sous forme d'écarts**, plutôt qu'en valeurs absolues. Cette approche comparative permet d'évaluer l'amplitude des changements climatiques en se basant sur une période de référence (1976-2005) pour identifier les évolutions prévues à l'horizon 2070 (moyennes 2041-2070). Les écarts offrent un indicateur direct de l'évolution des phénomènes climatiques par rapport à un état de référence.

2.2.5 DRIAS, SOURCE DE TOUTES LES DONNEES DU PROJET

DRIAS est une plateforme qui a pour objectif de simplifier l'accès et l'utilisation des informations et données de projections climatiques, et celles sur l'impact du changement climatique. Différents acteurs de l'environnement et du changement climatique (Météo France, Ministère de la Transition écologique, INRAE, etc) mettent à disposition les données des projections sur deux sites, en libre accès, avec de la documentation afin de s'approprier au mieux les données.

« DRIAS les futurs du climat » regroupe les données des projections climatiques (température, précipitations, ETP, etc). « DRIAS les futurs de l'eau » quant à lui regroupe les données des projections concernant la ressource en eau (hydrologie, hydrogéologie).



DRIAS les **futurs** du **climat**

2.2.6 CHOIX DES DONNEES

Les données sont issues de projets réalisés par des laboratoires scientifiques. Parmi ces projets figure **Explore2**, dont les résultats ont été publiés en été 2024. Il se concentre sur les indicateurs traitant de la ressource en eau (hydrologie, hydrogéologie). Il combine les modèles climatiques (au nombre de 17 modèles globaux, et 15 régionaux) avec des modèles hydrologiques / hydrogéologiques. Sont obtenus donc des couples qui permettent d'exécuter des simulations.

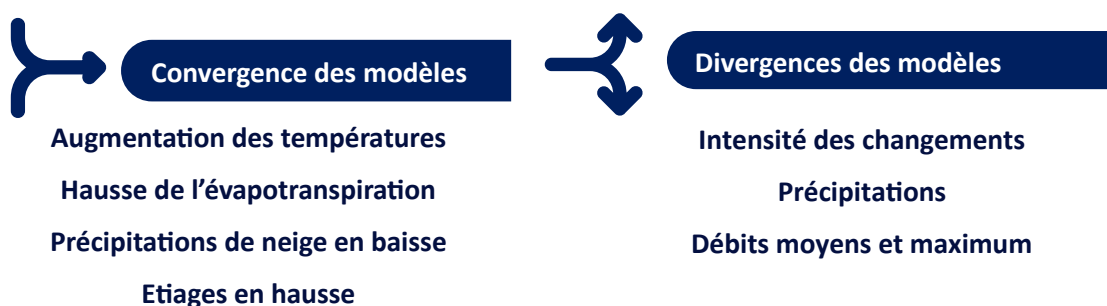


La source des données utilisées sont les suivantes :

- **Températures, précipitations, ETP** : ces données proviennent de l'expérience DRIAS-2020. Elles sont calculées à partir des résultats de tous les modèles climatiques utilisés pour cette expérience. Les données sont au format de quantiles et les valeurs utilisées sont les Q5/Q10 comme valeur min, les Q50 comme médianes, et les Q90/Q95 comme valeurs max. La donnée est disponible selon des points de la maille de la grille SAFRAN.
- **Epaisseur du manteau neigeux** : ces données proviennent de l'expérience ADAMONT « Impacts du changement climatique et adaptation en territoire de montagne » (ADAMONT-2017). Elles sont également calculées à partir de tous les modèles climatiques utilisées en prenant les Q17 et Q83 (plus petits et plus grands quantiles disponibles dans cette expérience) pour les valeurs min et max. Spatialement, la donnée est disponible pour les massifs de la Cerdagne et de Capcir-Puymorens, à des altitudes variant de 1500m à 2700m.
- **Débits et recharge (crues et étiages inclus)** : les données sur l'hydrologie et l'hydrogéologie proviennent du projet Explore2. Contrairement à une approche classique reposant sur trois valeurs distinctes (deux extrêmes et une médiane), ces données sont présentées sous forme de narratifs. Les scientifiques associés à DRIAS ont identifié quatre combinaisons de modèles, chacune correspondant à un narratif distinct au sein du scénario RCP8.5, et les ont codées par des couleurs spécifiques. Il convient de noter que ces données ne sont pas disponibles pour le scénario RCP4.5. Les flux considérés ici sont dits « désinfluencés », donc naturels et ne prenant pas en compte les impacts et besoins des usages.

Tableau 1 : Description des narratifs Explore2 et les modèles associés

Narratif vert	Narratif jaune	Narratif violet	Narratif orange
Réchauffement marqué et augmentation des précipitations (HadGEM2-ES rcp85 ALADIN63 ADAMONT)	Changements futurs relativement peu marqués (CNRM-CM5 rcp85 ALADIN63 ADAMONT)	Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations (HadGEM2-ES rcp85 CCLM4-8-17 ADAMONT)	Fort réchauffement et fort assèchement en été (et en annuel) (EC-EARTH rcp85 HadREM3-GA7 ADAMONT)



Les narratifs sont des visions contrastées des futurs sous le scénario de fortes émissions en fin de siècle. Ils illustrent la diversité des futurs possibles. Mais ce ne sont pas des prévisions.

Il est important de noter que, dans le cas de divergences des résultats des différents narratifs concernant une même donnée, l'analyse a été conduite en présentant les différents scénarios et en **priviliégiant les scénarios qui reflètent le plus la tendance actuelle**. Ces choix incluent notamment une diminution des débits, une augmentation des températures, ou encore une baisse des niveaux des nappes.

Par exemple, si un narratif suggère une augmentation des débits tandis qu'un autre anticipe une baisse, le second a été mis en avant, car il reflète davantage les tendances observées actuellement sur le territoire.



Choix initiaux

Valeurs en écart pour la période 2041-2070 par rapport à la période 1976-2005

Utilisation de tous les modèles disponibles pour avoir des intervalles de probabilités [min, médiane et max]

Utilisation de narratifs (quatre modèles) pour les différentes évolutions possibles et débits et de la recharge

2.3 SOURCES D'INCERTITUDES



Les projections climatiques comportent de multiples sources d'incertitudes, qui se déclinent en différents niveaux. On identifie d'abord les **incertitudes socio-économiques**, qui dépendent des futurs choix de société en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Ensuite, les incertitudes scientifiques et techniques sont liées à des **lacunes dans la compréhension et dans la modélisation de certains phénomènes physiques**, comme les interactions complexes avec le cycle du carbone ou les processus atmosphériques (nuages et convection), qui restent difficilement représentables. Enfin, la **variabilité naturelle du climat** introduit une part de chaos dans le système climatique, rendant difficilement prévisibles certains phénomènes, même avec des modèles de haute précision.



À cela s'ajoute le défi de la descente d'échelle, la **régionalisation**, où l'incertitude provient des méthodes utilisées pour adapter les projections climatiques à des échelles régionales, augmentant ainsi les marges d'erreur. C'est pourquoi **une approche probabiliste s'impose**, présentant les prévisions sous forme d'intervalles et non de valeurs fixes, pour mieux saisir l'éventail des possibles. Les experts recommandent ainsi de se préparer en prenant en compte **différents futurs possibles**, notamment en orientant les stratégies vers des solutions robustes et flexibles et apportant des co-bénéfices, en réponse à différents scénarios climatiques et socio-économiques.

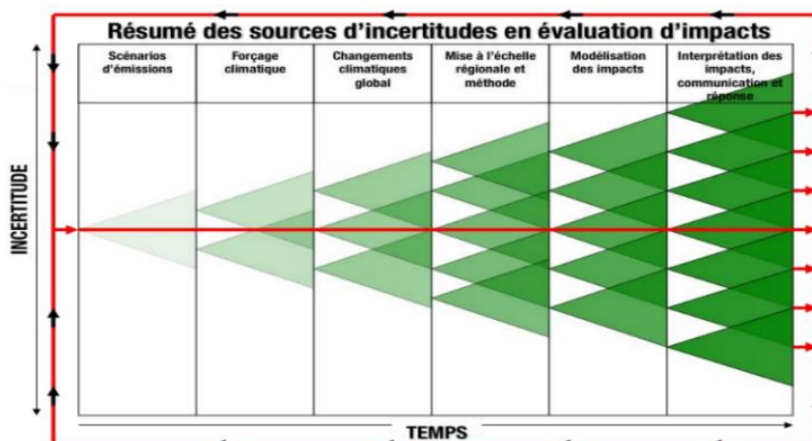


Figure 4 : Cascade d'incertitudes
(Source : Simonet, 2005 d'après Viner, 2001)

3 IMPACTS SUR LE CLIMAT

Les points analysés sur le territoire ont été retenus en se basant sur les limites des bassins versants, les entités paysagères, l'altitude, et les climats locaux.



La valeur de référence pour toutes les données DRIAS est une valeur calculée et non pas mesurée. Les valeurs sont donc présentées en écarts.

3.1 IMPACTS SUR LES TEMPERATURES

Les variations de température sont un des marqueurs les plus significatifs du changement climatique. Cette section analyse les écarts de températures moyennes, maximales, ainsi que l'évolution des jours et nuits anormalement chauds. Ces indicateurs permettent de mesurer la montée des extrêmes thermiques, avec des impacts directs sur la santé humaine, les écosystèmes, et les différents secteurs économiques.

3.1.1 UNE AUGMENTATION CERTAINE DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES

Cet indicateur quantifie la différence de température moyenne quotidienne, en °C, entre la période 2041-2070, et la période de référence 1976-2005.

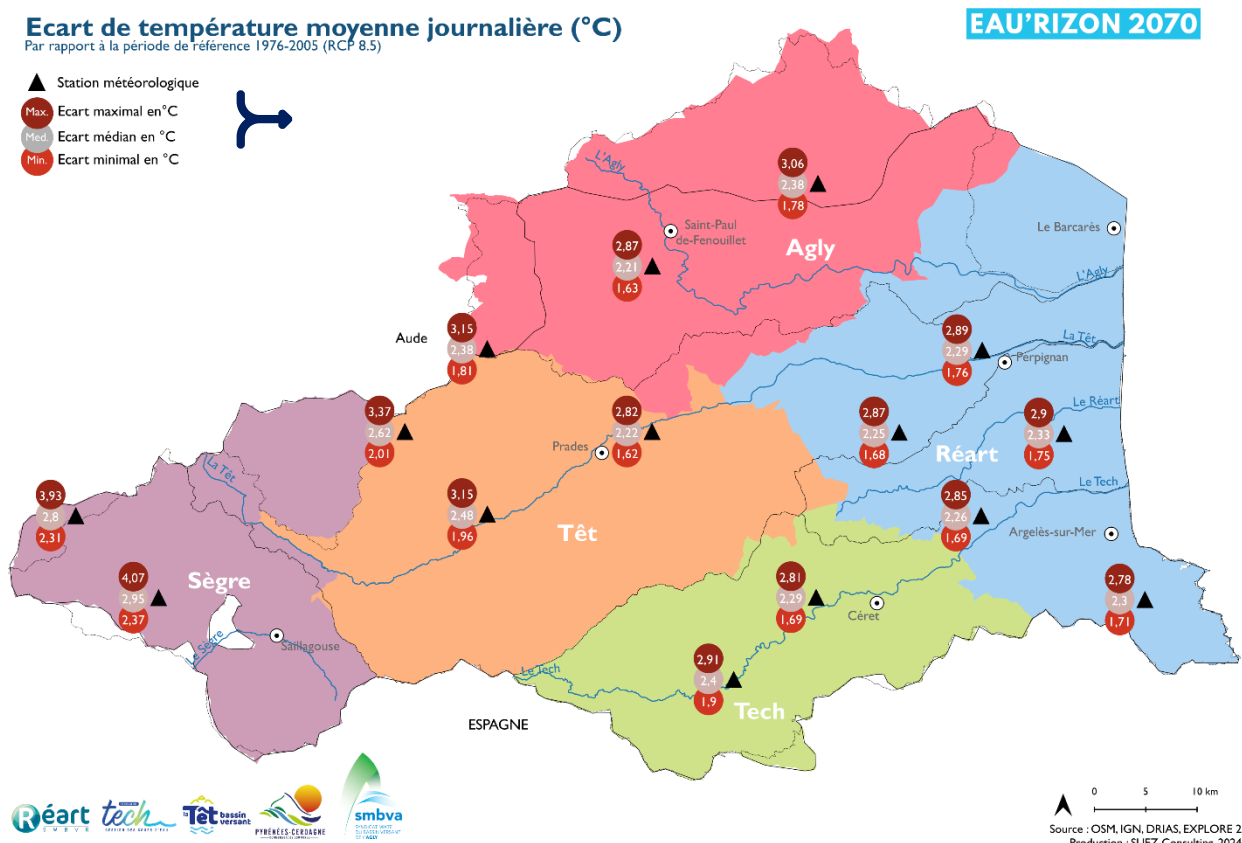


Figure 5 : Ecart des températures moyennes journalières RCP8.5



Il est constaté **une augmentation quel que soit le scénario** ou le point d'analyse, avec une élévation allant de 1,62°C à 4,07°C. Cependant, cette élévation est contrastée : les points d'analyse se trouvant **en altitude, et notamment dans le Sègre, sont les plus touchés**. Les valeurs minimales et les médianes présentent plus d'homogénéité avec +0,75°C d'amplitude. Les valeurs maximales quant à elle présentent une plus grande disparité avec +1,29°C d'amplitude.

Les **moyennes saisonnières** des écarts de température (MAM = Mars, Avril, Mai / JJA = Juin, Juillet, Aout / SON = Septembre, Octobre, Novembre / DJF = Décembre, Janvier, Février) permettent de constater une **hausse des températures plus marquée en été**, puis en automne, et enfin en hiver et au printemps.

Les étés déjà chauds et caniculaires seront amplifiés par des hausses plus importantes. Plus spécifiquement, les valeurs médianes indiquent une hausse plus importante des températures moyennes à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre, marquant ainsi des chaleurs estivales plus avancées dans la saison.

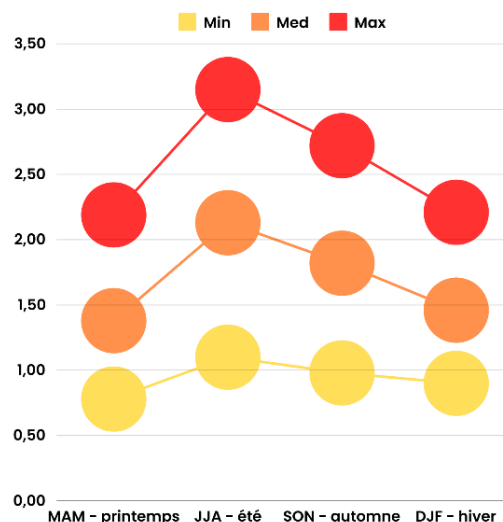


Figure 6 : Moyennes saisonnières des écarts de température moyennes journalières RCP8.5



La ville de **Perpignan** connaît actuellement des températures moyennes annuelles de **16°C** environ (Météo France). Le scénario **RCP8.5** considère une hausse de 2,9°C, ce qui donnerait une température moyenne annuelle de **18,9°C à horizon 2070¹**, ce qui correspond à celle de **El Tarf**, à l'est de l'Algérie.

Sur le territoire, les élévations de températures en 2070 pourraient ressembler à des températures actuelles d'Europe du Sud, voire même d'Afrique du Nord.

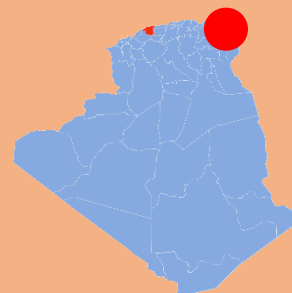


Figure 7 : localisation El Taref en Algérie

¹ https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/15493/1/MEGHADECHA_SOFA_F4.pdf

3.1.2 DES JOURS DE FORTES CHALEURS PLUS NOMBREUX

Cet indicateur représente la différence du nombre de jours où les **températures maximales dépassent 35°C**, permettant de suivre l'augmentation des épisodes de fortes chaleurs.

Ecart de nombre de jours de fortes chaleurs

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

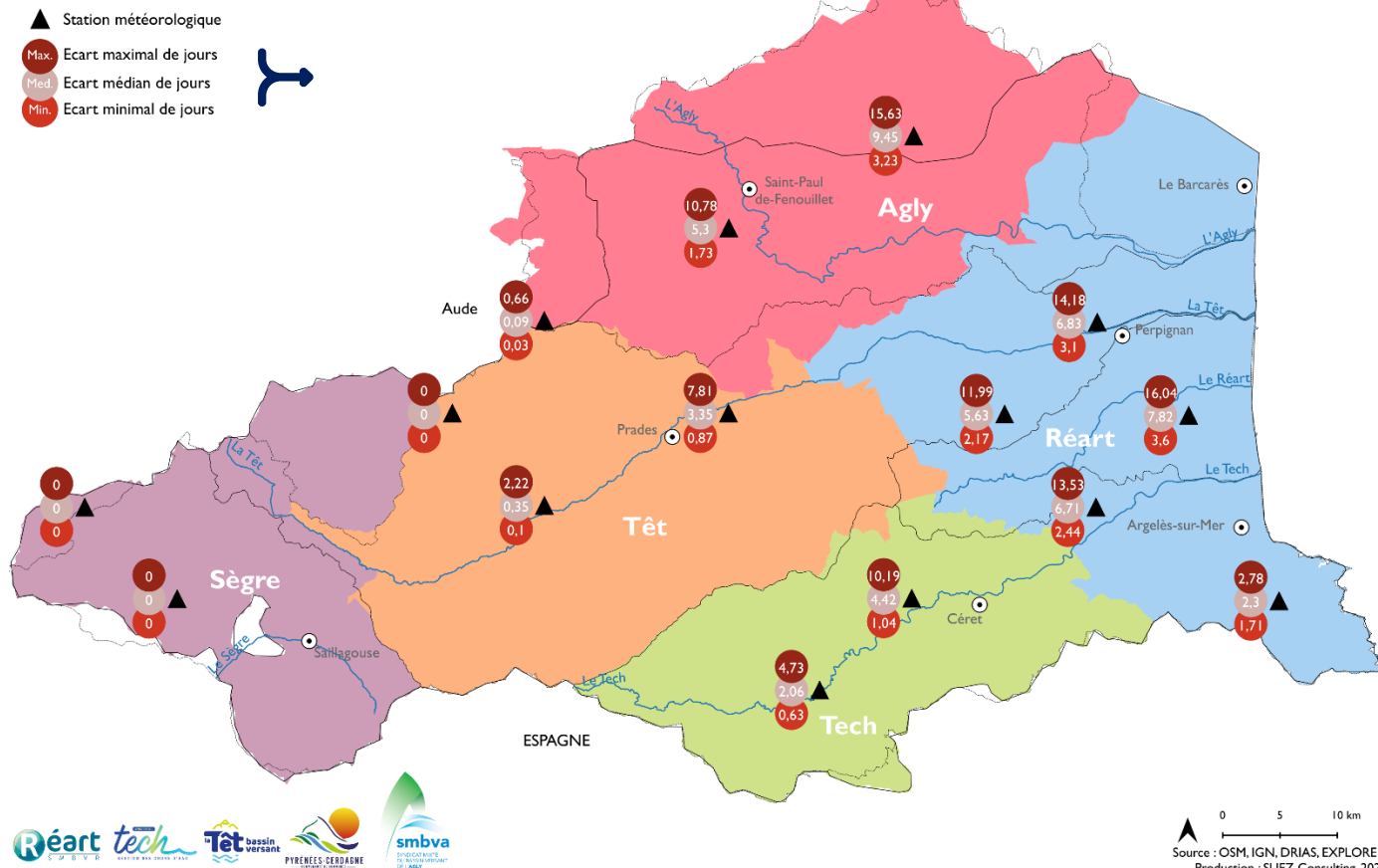
EAU'RIZON 2070


Figure 8 : Ecart du nombre de jours de forte chaleur (T max > 35°C)

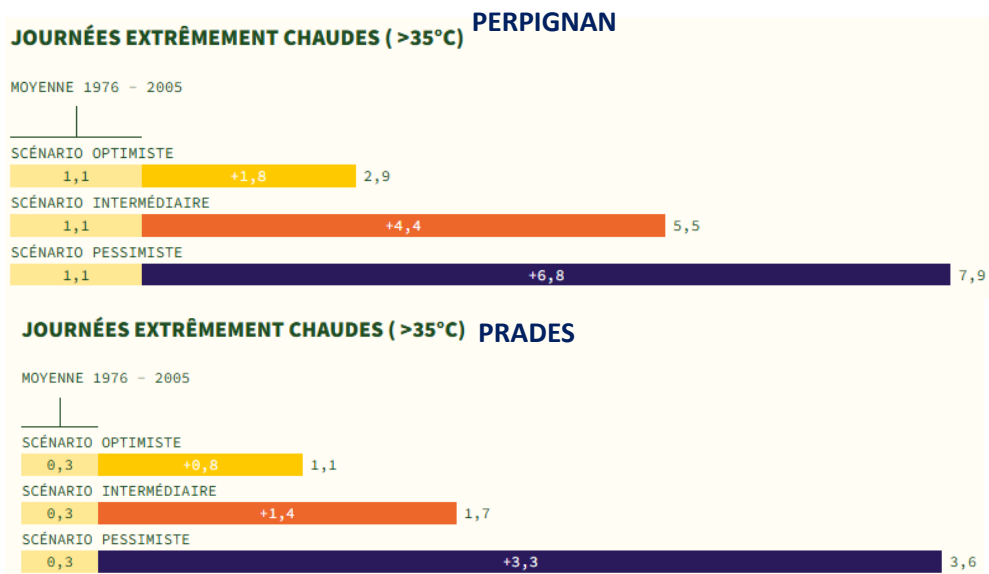
Il est constaté une **absence d'évolution dans les zones en altitude** à l'ouest du territoire, notamment le Sègre, le sud-ouest de l'Agly et le nord-ouest de la Têt, où la température maximale n'atteindrait toujours pas les 35°C. **L'augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs est de plus en plus importante en allant vers l'est et le nord du territoire**, exception faite pour le sud du Tech qui connaît une faible augmentation.



Quatre stations, toutes en altitude, connaissent peu ou pas d'évolution (Sègre, nord-ouest de la Têt et sud-ouest de l'Agly), peu importe le scénario considéré. Toutes les autres stations connaissent une **augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs**, avec des valeurs entre +0 à +16,04 jours. La moyenne pour l'ensemble des points analysés marque une augmentation de +700%, passant de 0,5 jours de forte chaleur pour la valeur de référence (moyenne des valeurs médianes) à 4 jours projetées.

Le point d'analyse le plus touché est celui du **Réart**, avec une hausse de **+3,6 à +16,04 jours**.

Figure 9 : Nombre de jours extrêmement chaud (T max > 35°C)



(Source : AFP Interactive)

3.1.3 UN NOMBRE DE NUITS TROPICALES QUI EXPLOSE

L'indicateur du nombre de nuits tropicales mesure la différence du nombre de nuits où les **températures ne descendent pas en dessous de 20°C**, ce qui influence le confort thermique et l'adaptation des populations locales et la biodiversité.

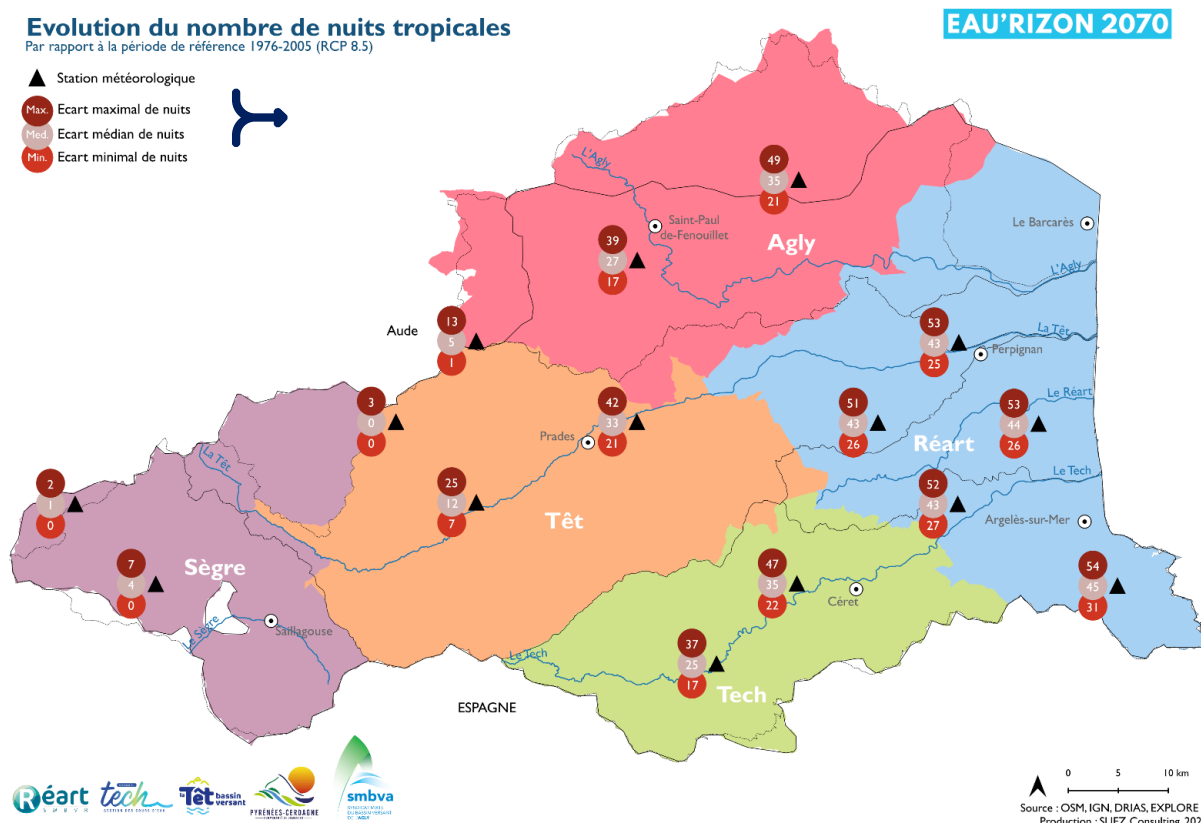
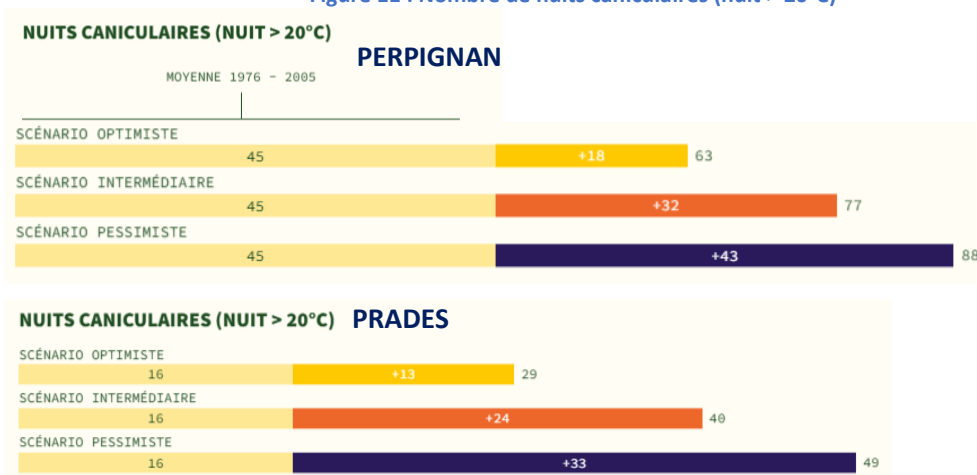


Figure 10 : Ecart du nombre de nuits tropicales



Le nombre de nuits tropicales connaît la même évolution que le nombre de jours de forte chaleur, à savoir une **augmentation importante** en dehors des quatre points en altitude (Sègre, nord-ouest de la Têt et sud-ouest de l'Agly), et une **intensification de cet impact en partant de l'ouest vers l'est du territoire**. La **plaine est donc plus touchée**, et connaîtra près de la Méditerranée une augmentation pouvant aller jusqu'à **plus de 50 nuits tropicales** dans les combinaisons les plus pessimistes (maximum du scénario RCP8.5). La moyenne pour l'ensemble des points analysés marque une augmentation de 143%, passant de 19 nuits pour la valeur de référence (moyenne des valeurs médianes) à 45 nuits projetées.

Figure 11 : Nombre de nuits caniculaires (nuit > 20°C)



(Source : AFP Interactive)

3.1.4 DES JOURS DE GEL MOINS NOMBREUX, NOTAMMENT EN ALTITUDE

Le nombre de jours de gel permet de suivre les changements climatiques qui influencent la saisonnalité et la résilience des écosystèmes, notamment pour le secteur agricole.

Cet indicateur quantifie la variation du nombre de jours où les **températures minimales** descendent sous 0°C.



Le **nombre de jours de gel baisse** sur tout le territoire et pour tous les scénarios. Il est néanmoins constaté **un très fort impact sur l'ouest du territoire, et une baisse de cet impact en allant vers l'est**. En effet, les stations à l'ouest du territoire sont plus en altitude, plus sujettes au gel, contrairement à la plaine.

Ecart de nombre de jours de gel

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

EAU'RIZON 2070

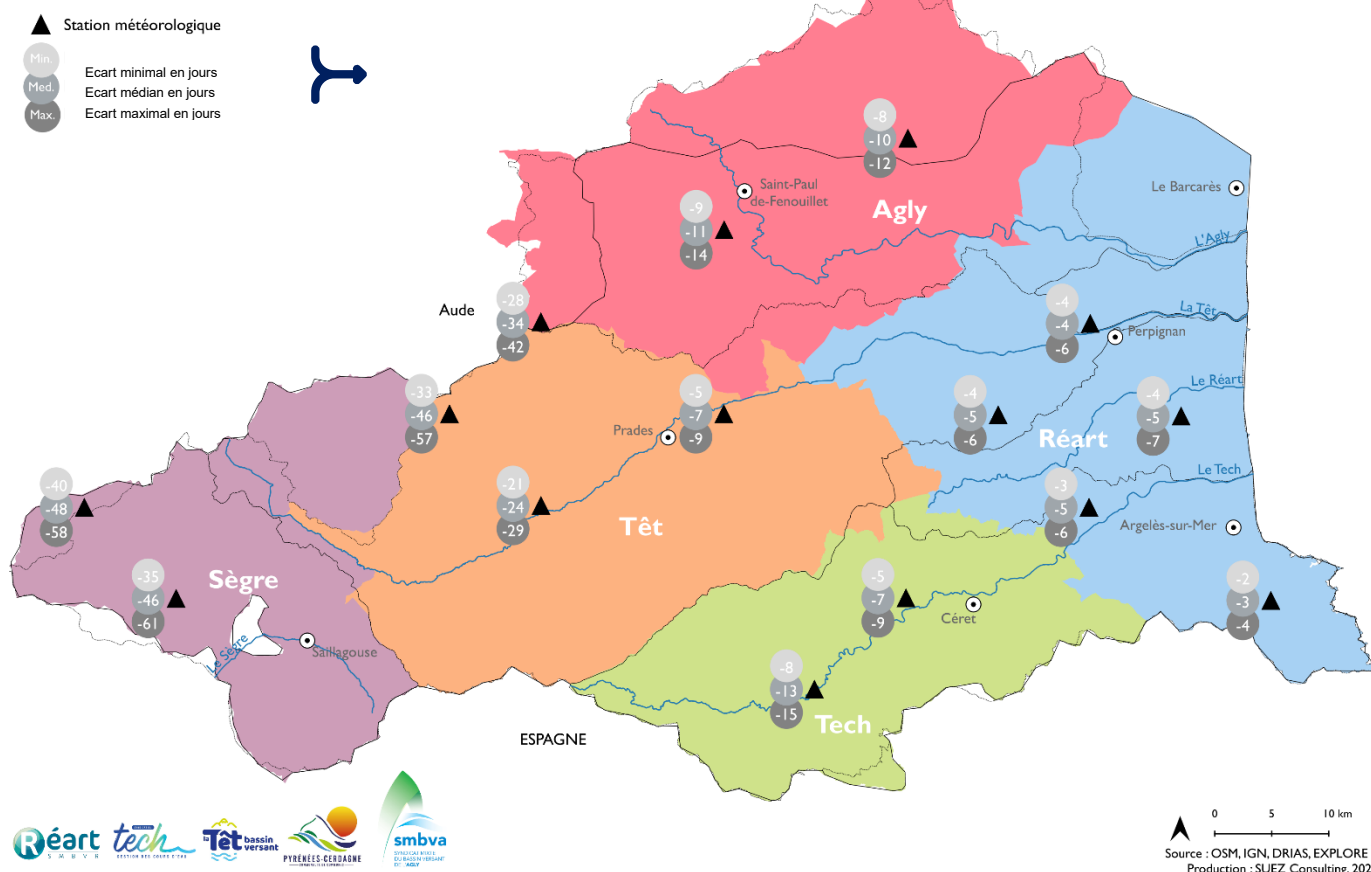
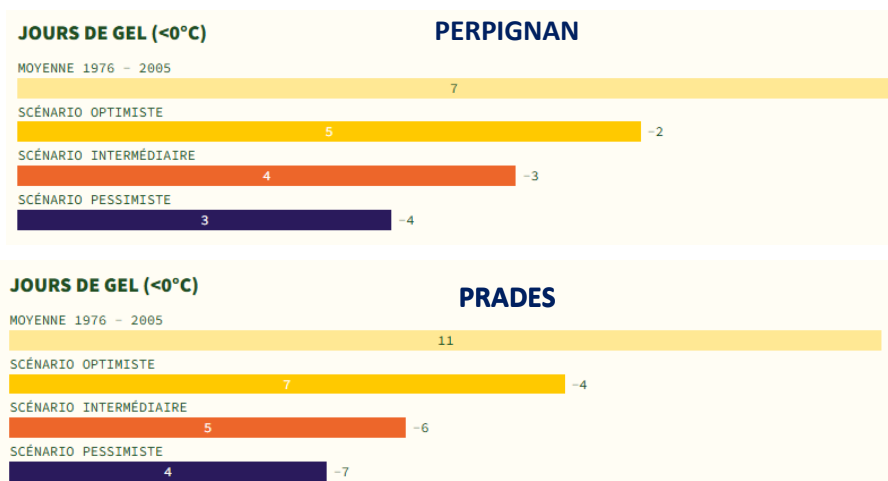


Figure 12 : Ecart du nombre de jours de gel

Figure 13 : Nombre de jours de gel (<0°C)



(Source : AFP Interactive)

3.1.5 CONCLUSION



Impacts sur les températures

Le territoire connaîtra une **augmentation des températures**, plus **marquée en été et en altitude** (Sègre, sud-ouest de l'Agly et nord-ouest de la Têt), où les jours de gel baisseront. Les **jours de fortes chaleurs et les nuits tropicales** toucheront quant à eux davantage la **plaine**.

Sègre : augmentation des températures moyennes et maximales, menant à moins de jours de gel, mais avec un impact moindre sur les jours de forte chaleur et les nuits tropicales.

Têt : augmentation des températures moyennes et maximales ainsi qu'un nombre de jours plus important de fortes chaleurs et de nuits tropicales, à l'exception de l'ouest du bassin versant. La réduction du nombre de jours de gel est également très marquée à l'ouest du bassin versant.

Tech : augmentation des températures moyennes et maximales ainsi que du nombre de jours de fortes chaleurs et de nuits tropicales, notamment à l'est du bassin versant. La réduction du nombre de jours de gel est également très marquée à l'ouest du bassin versant.

Agly : augmentation des températures moyennes et maximales ainsi que du nombre de jours de fortes chaleurs et de nuits tropicales, notamment à l'est du bassin versant. Le nombre de jours de gel diminue globalement sur tout le bassin.

Réart : augmentation des températures moyennes et maximales ainsi que du nombre de jours de fortes chaleurs et de nuits tropicales, et diminution du nombre de jours de gel.

3.2 IMPACTS SUR LES PRECIPITATIONS ET L'ÉVAPOTRANSPIRATION

Les modifications des précipitations et de l'évapotranspiration influencent le fonctionnement hydrologique des cours d'eau, et donc la gestion des ressources qui en découlera. Sont présentés les écarts de précipitations journalières ainsi que l'évolution de l'évapotranspiration potentielle.

3.2.1 UNE ÉVOLUTION INCERTAINE DES PRÉCIPITATIONS

Le cumul de précipitations exprime le changement relatif du **total des précipitations annuelles**, permettant de comprendre les tendances à long terme dans la redistribution de l'eau sur le territoire.

Écart relatif de cumul de précipitation (%)

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

▲ Station météorologique

Max. Écart maximal en %

Med. Écart médian en %

Min. Écart minimal en %



EAU'RIZON 2070

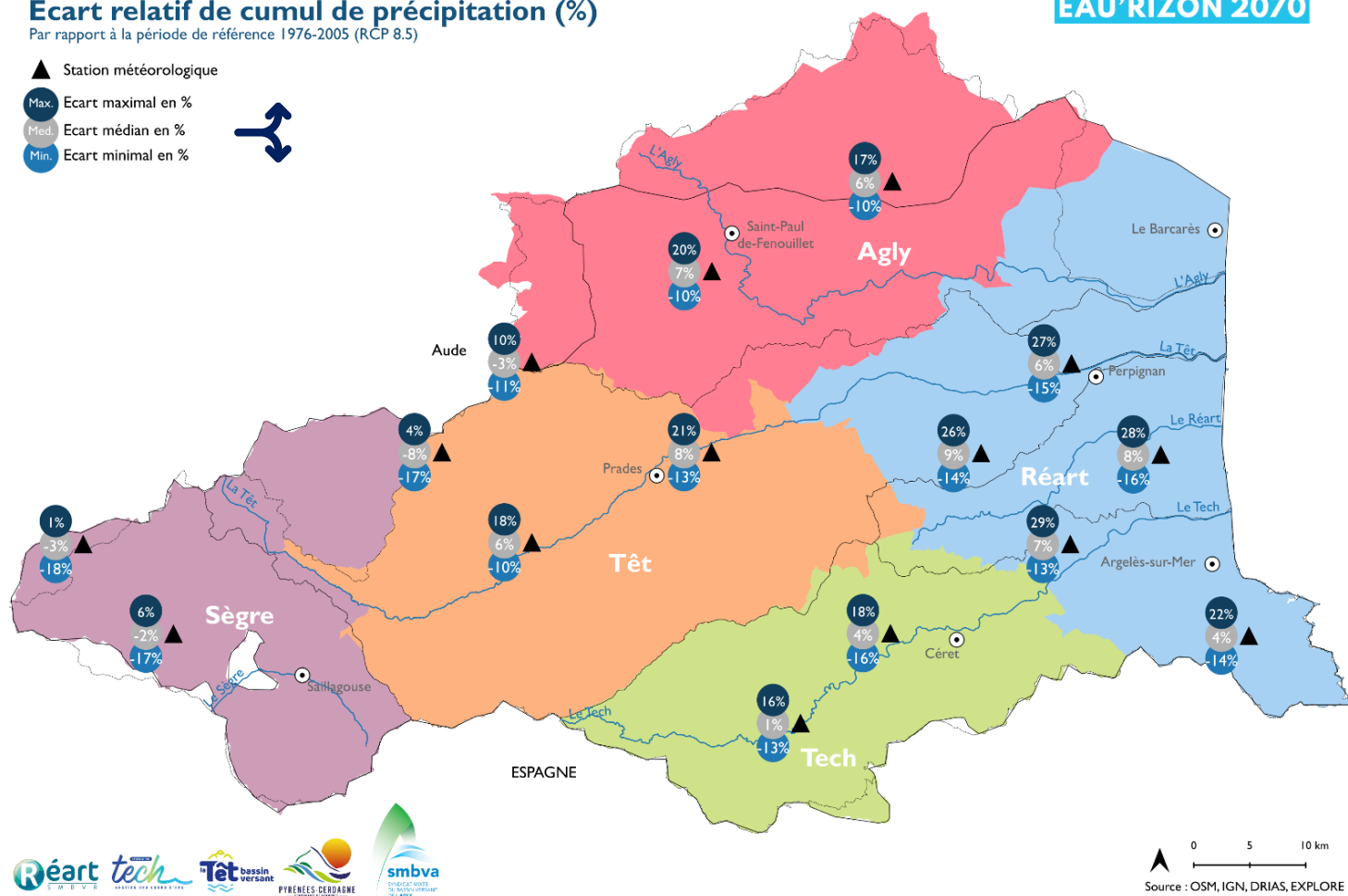


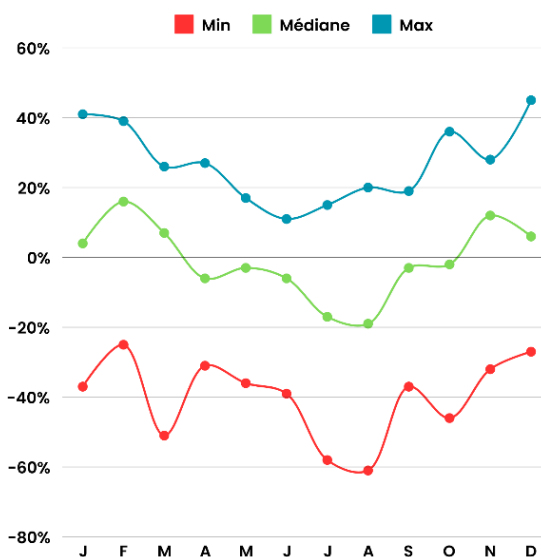
Figure 14 : Écart du cumul annuel des précipitations



Les précipitations connaissent une **évolution annuelle incertaine** selon l'ensemble des modèles, les intervalles entre les minimums et les maximums étant assez larges ; les valeurs basses tendent vers une baisse, tandis que les valeurs hautes tendent vers une augmentation. Une tendance se dégage : des **augmentations plus importantes des valeurs maximales à l'est** qu'à l'ouest du territoire. Pour les valeurs minimales, la baisse est plus importante à l'ouest qu'à l'est.

L'évolution des **moyennes mensuelles** apporte un peu plus de nuance, bien que les intervalles restent larges. On y constate que les mois d'été sont les plus impactés, avec soit des baisses plus importantes, soit des augmentations moins importantes que le reste des mois de l'année.

Figure 15 : évolution des moyennes mensuelles de l'écart des précipitations selon RCP 8.5



Les précipitations moyennes annuelles actuelles atteignent environ **578 mm/an à Perpignan**. Si ces précipitations venaient à diminuer de 16 %, comme le suggèrent certaines projections climatiques, elles diminueraient à environ **486 mm par an à horizon 2070**.

Pour donner un point de comparaison, cela correspond aux précipitations moyennes enregistrées dans des régions semi-arides, comme la région de Ndjamena, au sud du **Tchad**, où il pleut environ 481 mm par an, ou encore dans le nord du bassin de la Sirba, au **Burkina Faso**, avec 484 mm annuels.



Cependant, il est essentiel de noter que ces zones se trouvent à des **latitudes bien différentes**, ce qui influence de nombreux autres facteurs climatiques, comme la durée et l'intensité de l'ensoleillement. Par conséquent, bien que ces précipitations puissent sembler similaires en quantité, les conditions locales, notamment une évapotranspiration potentielle (ETP) beaucoup plus élevée dans ces régions tropicales, amplifient le stress hydrique.

Cela souligne que, même avec une baisse significative des précipitations, les impacts ressentis à Perpignan seraient différents, mais ils témoigneraient néanmoins d'un **basculement vers des conditions plus arides, plus proches de celles observées dans des zones semi-arides d'Afrique**.

3.2.2 MAIS UNE AUGMENTATION DE L'ETP

L'**évapotranspiration potentielle (ETP)** est la somme de la transpiration du couvert végétal et de l'évaporation de l'eau des sols.

L'évapotranspiration potentielle cumulée est un indicateur clé dans l'évaluation des besoins en eau du couvert végétal et des pressions sur les ressources hydriques.

L'indicateur exprime la variation relative de l'évapotranspiration potentielle cumulée sur une année, essentielle pour anticiper les besoins en eau dans les secteurs agricoles.

Il est constaté, quel que soit le scénario considéré, que **l'ETP connaît une augmentation**, avec des valeurs plus ou moins élevées.

Une **augmentation plus forte est constatée à l'ouest du territoire**, et elle baisse en allant vers la plaine.

Écart relatif de l'évapotranspiration potentielle cumulée (%)

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

▲ Station météorologique

Max. Écart maximal en %

Med. Écart médian en %

Min. Écart minimal en %

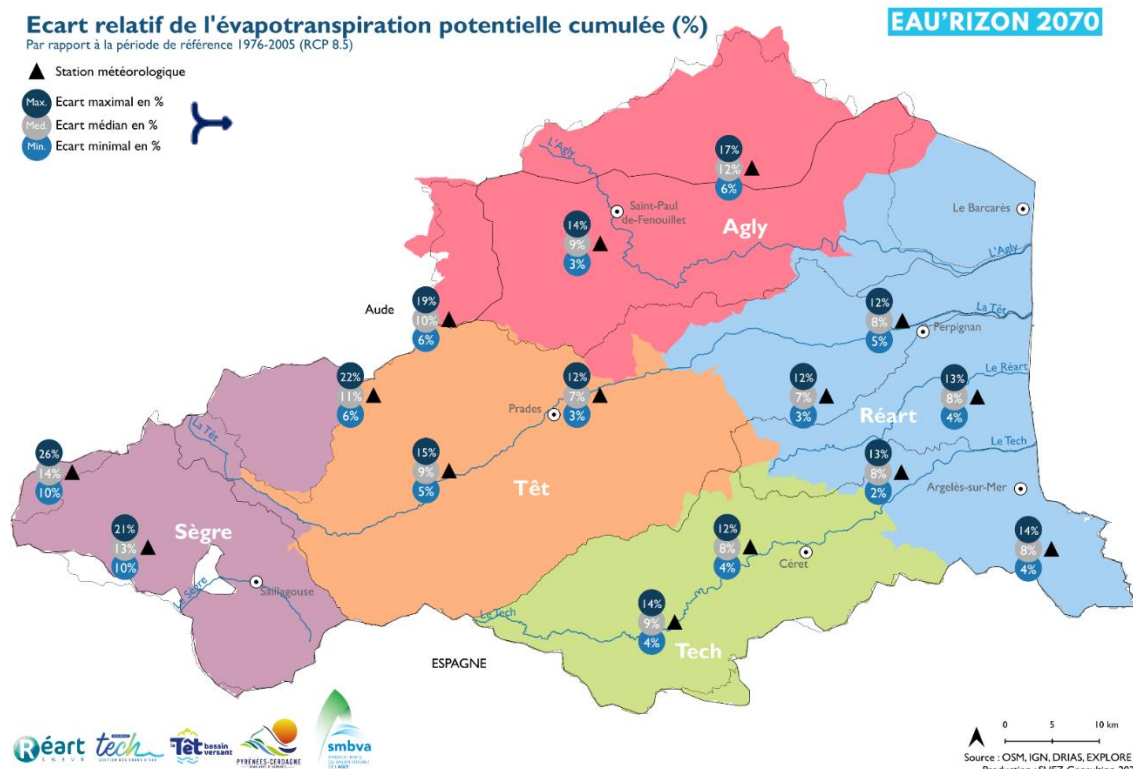


Figure 16 : Écart de l'évapotranspiration potentielle en %



Depuis plusieurs décennies, on observe une augmentation progressive de l'évapotranspiration potentielle (ETP), un phénomène qui représente **l'eau qui pourrait s'évaporer depuis le sol et les plantes** sous des conditions idéales.

Par exemple, à Perpignan, sur la période 1976-2005, l'ETP a augmenté en moyenne de **+2,4 mm** par an pendant les périodes d'été, c'est-à-dire les périodes où les niveaux des cours d'eau sont au plus bas.

À l'horizon 2070, les projections indiquent que cette augmentation annuelle pourrait atteindre un total cumulé de **+112 mm**, ce qui représente une pression supplémentaire considérable sur les ressources en eau.

Cela montre clairement que **les besoins en eau liés à l'évaporation et à la transpiration des plantes vont augmenter au fil du temps**, mettant en lumière les impacts du changement

3.2.3 CONCLUSION



Impacts sur les précipitations et l'évapotranspiration

Les projections climatiques montrent un **large éventail de futurs possibles concernant les précipitations** moyennes annuelles, allant vers moins de pluie à plus de pluie sur le territoire, à l'exception du **Sègre qui tend vers moins de pluie**. Les médianes indiquent globalement plus de pluie sur l'ensemble du territoire à l'exception des points en altitude (Sègre, nord-ouest de l'Agly et sud-ouest de la Têt). Au niveau saisonnier, le territoire connaîtra des **étés plus secs** que le reste des saisons. **L'évapotranspiration augmente sur l'ensemble du territoire**, marquée davantage vers l'ouest (points en altitude et Agly).

3.3 IMPACTS SUR L'ÉPAISSEUR DU MANTEAU NEIGEUX

Le changement climatique influence fortement l'épaisseur du manteau neigeux, notamment par **l'augmentation des températures et la modification des régimes de précipitations**. Des variations du manteau neigeux sont constatées. Ces variations perturbent les écosystèmes, modifient les flux hydrologiques en aval et posent des défis pour la gestion des ressources en eau, particulièrement dans les régions montagneuses.

Ecart de l'épaisseur de neige par massif et par altitude

Par rapport à la référence 1976-2005 (RCP 8.5)

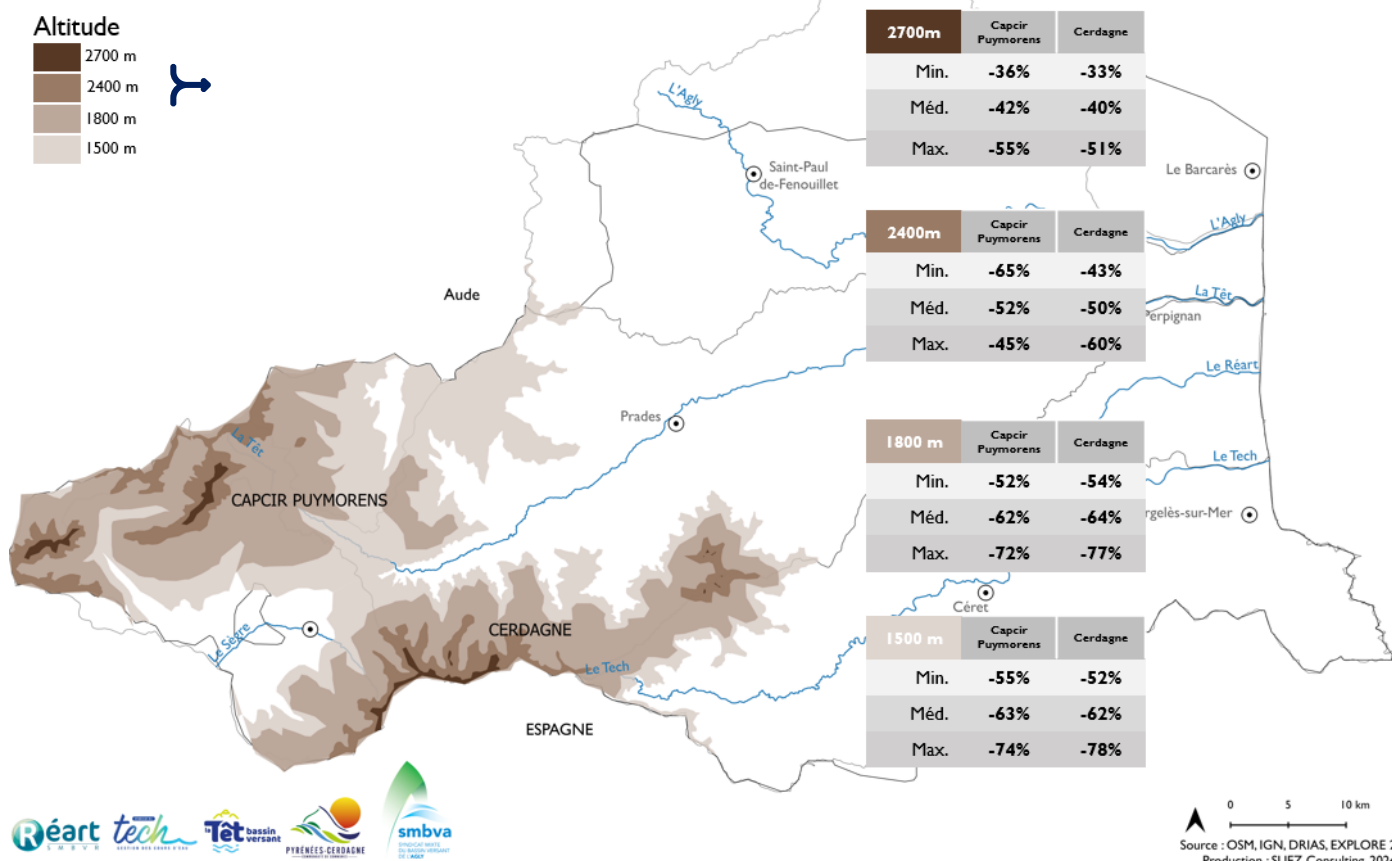
EAU'RIZON 2070


Figure 17 : Ecart de l'épaisseur de neige par massif

On constate que les impacts aux mêmes altitudes sont globalement les mêmes dans les deux massifs pyrénéens (Capcir Puymorens et Cerdagne). A altitude égale, les baisses sont majoritairement semblables à plus ou moins 2 ou 3%.



Peu importe l'altitude considérée, toutes les données indiquent **une baisse de l'épaisseur du manteau neigeux**. En valeur absolue (en cm), plus on monte en altitude, plus la baisse est importante. Or, proportionnellement à l'épaisseur (donc en %), **les plus basses altitudes ont les pourcentages de pertes les plus importants**. Cela s'explique par une épaisseur du manteau neigeux plus importante en altitude.

Tableau 2 : Evolution de l'épaisseur du manteau neigeux en cm

Altitude	Epaisseur en cm en H2 comparé à la période de référence (en cm)					
	Cerdagne			Capcir Puymorens		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
1500 m	-5,19	-6,28	-7,69	-4,28	-4,88	-5,89
1800 m	-12,61	-15,82	-18,14%	-10,05	-11,43	-13,19
2100 m	-22,01	-24,87	-29,55	-17,15	-21,04	-23,96
2400 m	-27,75	-32,45	-38,91	-27,69	-30,87	-40,78
2700 m	-30,98	-34,87	-45,5	-30,93	-34,18	-47,67
3000 m	-28,25	-36,76	-46,66	//	//	//

La **diminution de l'épaisseur du manteau neigeux**, induite par le réchauffement climatique, entraîne des conséquences majeures sur l'hydrologie des bassins versants de montagne, à régime nival, notamment celui du Sègre, ou à régime pluvio-nival, comme celui du Tech. Ces bassins, principalement ou en partie alimentés par une eau provenant de la fonte des neiges, subissent une transformation progressive vers des régimes plus pluviaux. Cette transformation s'explique par la réduction significative de la couverture neigeuse (causée soit par une baisse des précipitations solides, soit par une fonte rapide des neiges précipitées à cause des températures de plus en plus douces) et un avancement de la période de fonte.

Cette transition peut se manifester avec différentes conséquences² :

- **Débites plus irréguliers** : La réduction de l'accumulation neigeuse signifie que l'effet tampon exercé par la fonte graduelle au printemps est moins marqué. En conséquence, les débits sont de plus en plus alimentés par des précipitations directes, conduisant à une alternance entre des périodes de crues en hiver et des étiages sévères en été.
- **Pics hivernaux plus marqués** : Le passage des précipitations hivernales sous forme de neige à des précipitations liquides (ou la fonte précoce de la neige précipitée), amplifie la réponse immédiate des cours d'eau aux événements pluvieux, créant des pics de débit en hiver. Dans le bassin du Tech, cette tendance est déjà observable avec des épisodes de crues plus intenses et rapprochés. Ces modifications accentuent les risques pour la gestion des barrages sur l'Agly et la Têt, en particulier ceux utilisés pour l'irrigation et la production d'énergie hydroélectrique.
- **Réduction des débits printaniers** : La diminution de l'enneigement se traduit par une baisse des apports hydrologiques au printemps, ce qui affecte la recharge des nappes et la disponibilité en eau, notamment en aval.

Dans le bassin de la Têt, qui alimente les barrages stratégiques des Bouillouses, de Vinça et de Villeneuve de la Raho, la réduction de la couverture neigeuse a des implications directes sur le remplissage des retenues. La fonte précoce du manteau neigeux **compromet la capacité de stockage en eau pour les mois d'été**, période de forte demande pour l'irrigation agricole et l'alimentation en eau potable. Ces barrages, conçus en partie pour gérer les régimes nivaux, devront adapter leur gestion pour répondre à ces nouveaux régimes hydrologiques.

Le bassin versant du Sègre est particulièrement vulnérable en raison de sa dépendance aux précipitations neigeuses. Une diminution de ces apports réduit non seulement les débits disponibles pour les usages, mais aussi ceux nécessaires au soutien des écosystèmes du bassin versant.

² Beniston, M., Stoffel, M., & Hill, M. (2011). Impacts of climatic change on water and natural hazards in the Alps: Can current water governance cope with future challenges? Examples from the European "ACQWA" project. *Environmental Science & Policy*, 14(7-8), 734–743.

En somme, comme vu plus haut, les projections climatiques montrent qu'en fonction des altitudes, la **réduction de l'épaisseur du manteau neigeux pourrait atteindre jusqu'à 60% / 70% d'ici 2070** sous les scénarios climatiques les plus pessimistes (RCP8.5). Cela engendre une baisse des débits de soutien des rivières en période estivale, augmente les tensions hydriques dans les territoires qui en dépendent, et en fragilise les écosystèmes aquatiques.



Impacts sur l'épaisseur du manteau neigeux

Une **diminution systématique et importante de l'épaisseur du manteau neigeux** dans les deux massifs pyrénéens, allant de -4,28 cm à -47,67 cm en valeurs absolues, et -6% à -78%.

Un nombre de cm perdus qui augmente avec l'altitude, mais un pourcentage de perte qui baisse.

Fontes de neige de plus en plus précoces, impactant la saisonnalité des débits, la disponibilité de la ressource, et le fonctionnement même des barrages.

4 IMPACTS QUANTITATIFS SUR LA RESSOURCE EN EAU

Cette partie estime les impacts anticipés du changement climatique sur les différentes composantes de la ressource en eau : les eaux de surface et les eaux souterraines. Il s'agit de projections des **flux naturels et désinfluencés des activités humaines et de leurs besoins**.



4.1 IMPACTS QUANTITATIFS SUR LES EAUX DE SURFACE

L'impact sur les débits, issu des fiches de résultats des données Explore2 est disponible sous forme de plages de valeurs d'évolution (entre +0% et +25%, entre +25% et +50%, etc.).

Ont été analysées toutes les fiches de résultats des **19 stations hydrologiques du territoire**. Sont présentés sur les cartes les stations des cours d'eau principaux, fiables à l'étiage, et quelques stations supplémentaires pour avoir une répartition géographique pour chaque bassin versant.



4.1.1 MOYENNES EAUX

Les **débits annuels moyens (QA)** sont calculés sur la période d'une année hydrologique (du 1^{er} septembre au 31 août), pour une année représentative de l'horizon 2070 (entre 2041 et 2070).

Evolution des débits journaliers moyens annuels

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

Evolution selon les narratifs d'Explore 2

- Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
- Changements futurs relativement peu marqués
- Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
- Fort réchauffement et forts assèchement annuel et estival

Evolution des débits estimés (en %)

- +75% à +100%
- +50% à +75%
- +25% à +50%
- +0% à +25%
- -0% à -25%
- -25% à -50%
- -50% à -75%
- -75% à -100%

■ Barrage

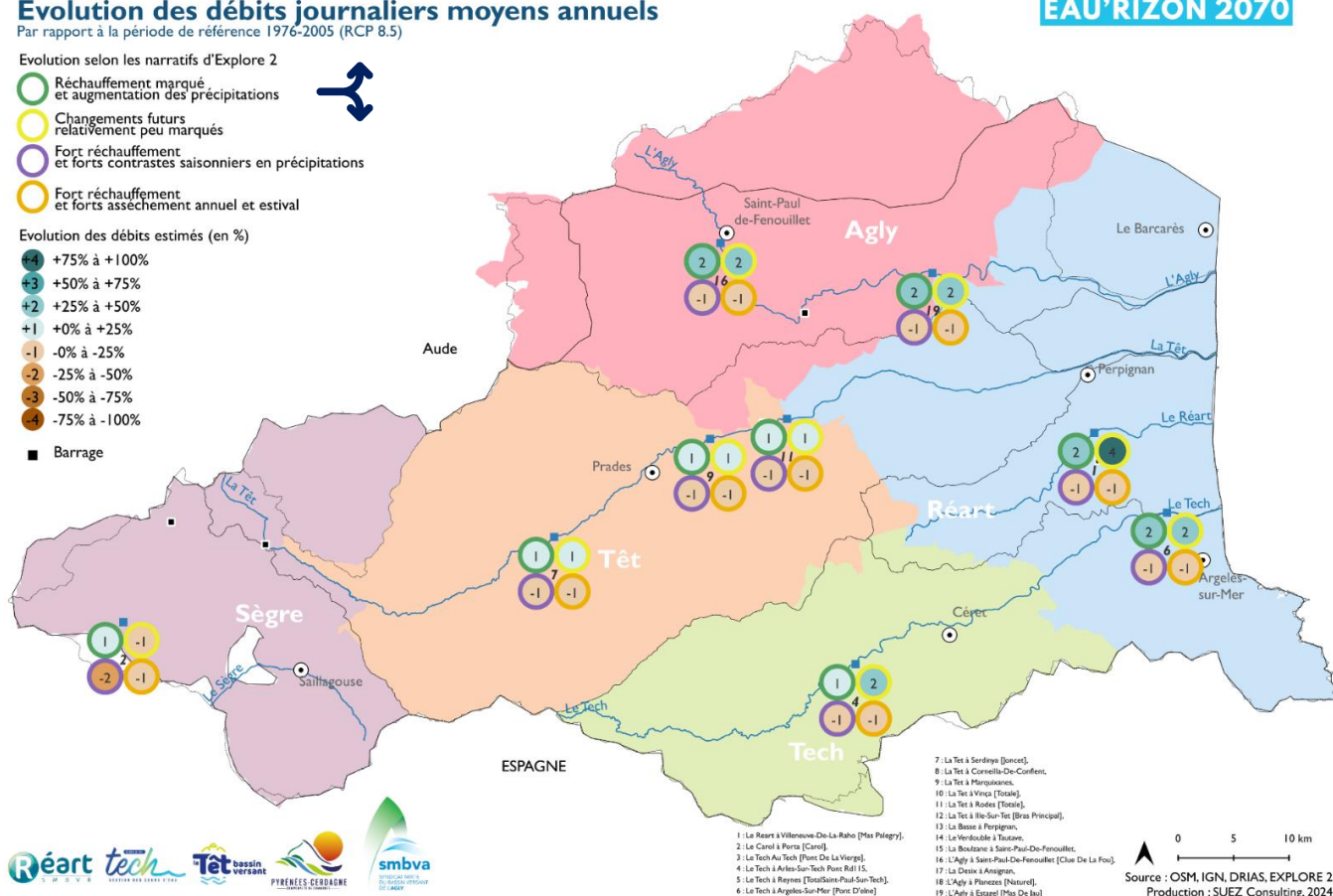


Figure 18 : Evolution des débits journaliers moyens



Sur le territoire, on constate deux évolutions possibles selon les narratifs (voir carte et tableau ci-dessous) :

- **Une évolution vers la baisse :**
 - **Le narratif violet** (réchauffement et contrastes saisonniers dans les précipitations) connaît une baisse de -0% à -25% sur quasiment toutes les stations, excepté la station du Sègre dont l'évolution se situe entre -25% et -50%.
 - **Le narratif orange** (réchauffement et fort assèchement en été) quant à lui montre une baisse homogène dans tout le territoire : entre -0% et -25% sur toutes les stations.
- **Une évolution vers l'augmentation :**
 - **Dans le narratif vert** (réchauffement et augmentation des précipitations) toutes les stations connaissent une augmentation : 11 stations, dans le Réart, le Sègre, le Tech et la Têt connaissent une évolution située entre +0% et +25%. Les 8 stations restantes, principalement dans l'Agly, et les stations les plus en aval du Tech et de la Têt connaissent une augmentation entre 25% et 50%.
 - **Au sein du narratif jaune** (changements futurs relativement peu marqués), une seule station tend vers la baisse : celle du Sègre, avec -0% à -25%. Toutes les autres stations présentent une augmentation moins homogène : le Réart et la station la plus en aval de la Têt présentent +75% à +100% de débit moyen, les stations de l'Agly et du Tech affichent principalement +25% à +50%, et enfin les stations de la Têt affichent +0% à +25%.

En conclusion, **les modèles dégagent deux tendances avec des évolutions modérées allant de 0% à 25% de baisse ou d'augmentation** sur la grande majorité des stations.

4.1.2 BASSES EAUX

Pour représenter les périodes de basses eaux, le QMNA est utilisé. Cet indicateur correspond au **débit mensuel le plus faible** observé dans un pas de temps correspondant à l'année hydrologique adaptée aux étiages. L'année hydrologique adaptée aux périodes d'étiage est définie en débutant par le mois où les débits mensuels moyens sont les plus élevés. C'est un indicateur synthétique qui reflète les périodes de basses eaux sur l'ensemble de l'année hydrologique. Il permet une vision globale de l'intensité des étiages, indépendamment de la saison.

Le QMNA est particulièrement utile pour des analyses générales de gestion de la ressource en eau et pour comparer les variations d'une année à l'autre. Cependant, il est moins précis lorsqu'il s'agit d'identifier des événements de courte durée ou propres à une période spécifique, car il ne prend pas en compte les variations saisonnières dans le détail.



On constate que pour les 4 narratifs, la majorité des stations connaissent une baisse. Cette baisse est plus ou moins intense en fonction des narratifs (voir carte et tableau ci-dessous) :

- **Narratif jaune** : le plus modéré, avec 8 stations qui connaissent une augmentation de +0% à +25%, situées dans le Tech ou dans l'aval de la Têt. Les 11 stations restantes connaissent toutes une baisse de la valeur du QMNA de -0% à -25% majoritairement.
- **Narratif vert** : 3 stations uniquement connaissent une légère augmentation entre +0% et +25% (Réart, Sègre, et l'aval de la Têt). Les 16 stations restantes connaissent toutes une baisse allant de -0% à -25%.
- **Narratif orange** : Le Sègre est seul à présenter une augmentation du QMNA de +0% à +25%. Toutes les autres stations représentent une baisse, généralement de -25% à -50%.
- **Narratif violet** : toutes les stations présentent une baisse, majoritairement entre -50% et -75%.

En conclusion, le **QMNA connaîtra une baisse dans la grande majorité des stations / narratifs, avec une intensité plus ou moins élevée, les basses eaux seront encore plus basses.**

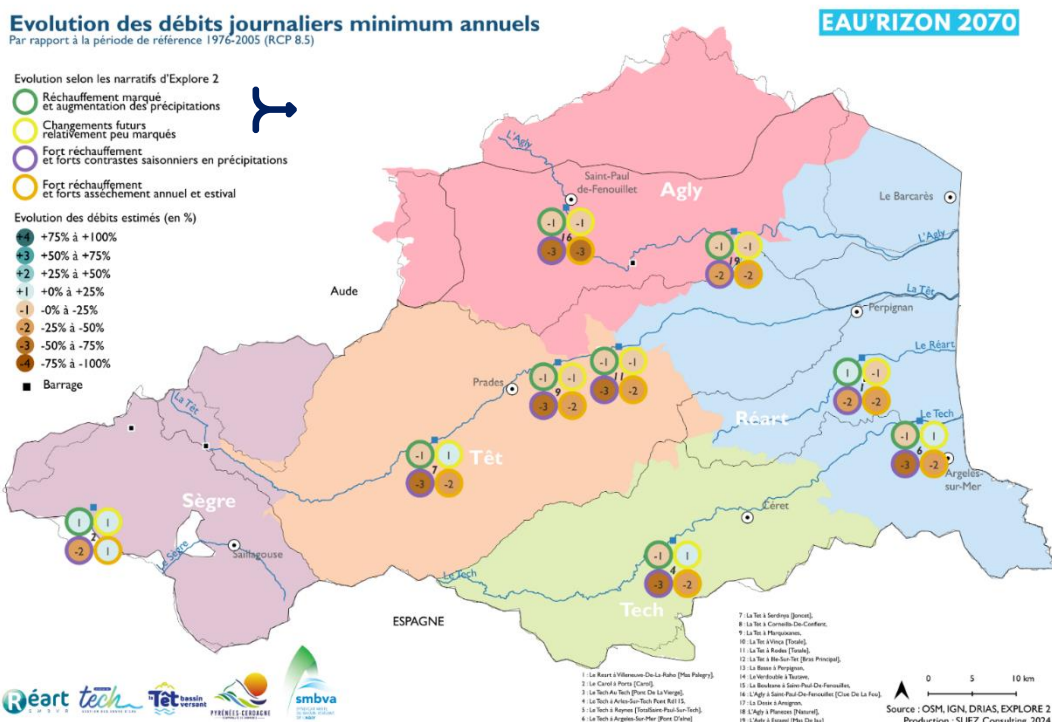


Figure 19 : Evolution des débits journaliers minimaux annuels (QMNA)

4.1.3 HAUTES EAUX

Afin de caractériser les hautes eaux, l'évolution des **débits journaliers maximaux annuels (QJXA)** est analysé. Ils sont échantillonnés sur l'année hydrologique adaptée aux crues (débutant le mois du minimum des débits mensuels moyens interannuels). Il facilite la comparaison interannuelle, mais son agrégation annuelle limite la prise en compte des phénomènes spécifiques à certaines périodes de l'année. Il ne distingue par exemple pas les crues printanières des crues automnales.



On y constate une **tendance générale à l'augmentation** des débits journaliers maximaux annuels sur trois narratifs sur quatre :

- **Tendance à l'augmentation** : le **narratif violet** a les tendances les plus faibles en termes de valeurs d'évolution. Le Sègre y est le seul à connaître une baisse (-0% à -25%), les autres stations connaissent une augmentation de +0% à +25% dans le Réart, l'Agly, et l'aval de la Têt, et de +25% à +50% dans le Tech et la Têt.
- Le **narratif jaune** présente une tendance d'augmentation se situant entre +25% et 50%, avec quelques stations ayant des valeurs plus élevées notamment le Réart, l'Agly, et l'aval de la Têt.
- Le **narratif vert** est celui à connaître le plus d'augmentation avec une tendance vers +50 à +75%, et des stations ayant un QJXA connaissant une augmentation de +75% à +100%, notamment dans la Têt, et dans l'Agly.
- **Tendance à la baisse** : le **narratif orange** est le seul à présenter une baisse majoritairement entre -0% et -25%, avec quelques stations dans l'Agly affichant entre -25% et -50%.

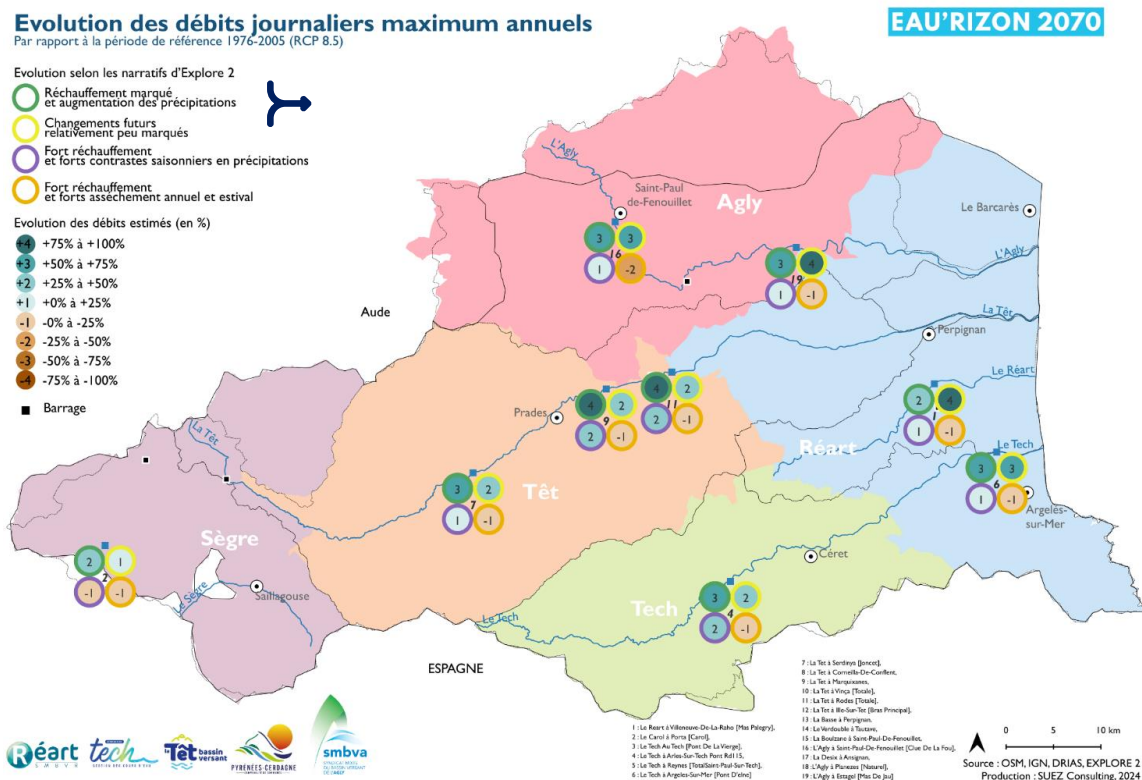


Figure 20 : Evolution des débits journaliers maximums

4.1.4 CONCLUSION



Impact quantitatif sur les eaux de surface

Les débits moyens ont deux tendances possibles, légèrement à la baisse ou légèrement à la hausse, tandis que les **hautes eaux affichent plus de hausse**, et les **basses eaux plus de baisse**.

Sègre : des baisses du débit moyen et des hautes eaux plus importantes que la tendance générale, et au contraire des basses eaux relativement moins à la baisse

Têt : toutes les stations se situent dans les tendances générales.

Tech : valeurs dans les tendances générales. La station la plus en amont se démarque avec quelques légères augmentations des basses eaux, et une augmentation supérieure à la moyenne des moyennes eaux et des hautes eaux.

Agly : les valeurs sont les plus contrastées, avec des baisses et des augmentations allant dans le sens de la tendance, mais bien marquées (fourchette haute)

Réart : la baisse des basses eaux s'inscrit dans la tendance générale, les moyennes et hautes eaux dans les fourchettes hautes en termes d'augmentation.

Débit et Narratifs	Maximum annuel du débit journalier (QJXA)					Débit annuel moyen (QA)				
	Jaune	Orange	Violet	Vert	Accord des modèles	Jaune	Orange	Violet	Vert	Accord des modèles
Le Reart à Villeneuve-De-La-Raho					X					X
Le Carol à Porta (Sègre)					X					↓
Le Tech Au Tech					X					X
Le Tech à Arles-Sur-Tech					X					X
Le Tech à Reynes					X					X
Le Tech à Argeles-Sur-Mer					X					X
La Tet à Serdinya					X					↓
La Tet à Corneilla-De-Conflent					X					↓
La Tet à Marquixanes					X					↓
La Tet à Vinça					X					↓
La Tet à Rodes					X					X
La Tet à Ille-Sur-Tet					X					X
La Basse à Perpignan (Tet)					X					X
Le Verdoube à Tautavel (Agly)					X					X
La Boulzane à Saint-Paul-De-Fenouillet					X					X
L'Agly à Saint-Paul-De-Fenouillet					X					X
La Desix à Ansignan (Agly)					X					X
L'Agly à Planezes					X					X
L'Agly à Estagel					X					X

Débit et Narratifs	Basses eau (QMNA)			
	Jaune	Orange	Violet	Vert
Le Reart à Villeneuve-De-La-Raho				
Le Carol à Porta (Sègre)				
Le Tech Au Tech				
Le Tech à Arles-Sur-Tech				
Le Tech à Reynes				
Le Tech à Argeles-Sur-Mer				
La Tet à Serdinya				
La Tet à Corneilla-De-Conflent				
La Tet à Marquixanes				
La Tet à Vinça				
La Tet à Rodes				
La Tet à Ille-Sur-Tet				
La Basse à Perpignan (Tet)				
Le Verdoube à Tautavel (Agly)				
La Boulzane à Saint-Paul-De-Fenouillet				
L'Agly à Saint-Paul-De-Fenouillet				
La Desix à Ansignan (Agly)				
L'Agly à Planezes				
L'Agly à Estagel				

Légende	
Evolution des débits	
+75% à +100%	
+50% à +75%	
+25% à +50%	
+0% à +25%	
-0% à -25%	
-25% à -50%	
-50% à -75%	
-75% à -100%	
Accord des modèles	
X : Pas d'accord	
↓ : Accord sur une baisse	
↑ : accord sur une augmentation	

Tableau 3 : Evolution des débits de référence

4.2 IMPACTS QUANTITATIFS SUR LES EAUX SOUTERRAINES

4.2.1 LA RECHARGE UN INDICATEUR CLEF A L'ÉVOLUTION CONTRASTÉE

L'impact quantitatif sur les eaux souterraines a été évalué à partir de la **recharge des nappes**, processus par lequel l'eau de pluie pénètre dans le sol et atteint l'aquifère. Il s'agit du mécanisme principal qui permet l'alimentation des nappes, et le renouvellement de la ressource d'une année à l'autre, ce qui en fait un indicateur pertinent pour évaluer l'impact du changement climatique sur les ressources en eaux souterraines.

Le processus de recharge des nappes est influencé par différents facteurs tels que la nature et la perméabilité des sols, le régime climatique, la topographie et la végétation.

La carte en fin de chapitre présente l'évolution attendue de la **recharge annuelle des différentes masses d'eau souterraines**, selon 4 narratifs, en pourcentage par rapport à la situation de référence.



On constate pour l'ensemble des masses d'eau souterraines :

- **Une tendance à la hausse** de la recharge par rapport à la référence pour les **narratifs vert et jaune** : l'augmentation des précipitations dans ces deux narratifs se traduit par une hausse de la recharge des nappes. Dans le cas du Sègre, le narratif jaune ne prévoit pas de changement par rapport à la référence ;
- **Une tendance à la baisse** de la recharge par rapport à la référence pour les **narratifs violet et orange** :
 - **Narratif violet** : la combinaison d'un fort réchauffement et d'assèchements annuel et estival conduit à diminuer la recharge des nappes. Dans ce narratif les masses d'eau les plus impactées sont les nappes quaternaires et pliocène de la plaine du Roussillon et les ressources du bassin versant du Sègre ;
 - **Narratif orange** : la combinaison d'un fort réchauffement et de contrastes saisonniers dans la répartition des précipitations, conduit à diminuer la recharge des nappes. L'impact sur les masses d'eau tend à s'accroître en direction de la Méditerranée. Les nappes du Roussillon et le karst du Bas Agly et des Corbières d'Opoul sont notablement impactés dans ce narratif, avec une diminution supérieure à 10 %.

4.2.2 L'IMPACT SUR LES EAUX DE SURFACE INFLUENCE LES EAUX SOUTERRAINES

En complément de l'évolution de la recharge des nappes, les données fournies par Explore2 selon ces quatre narratifs, mettent en évidence :



- Une **diminution des débits moyens** des cours d'eau pour les narratifs violet et orange, une **augmentation** pour les narratifs vert et jaune ;
- Une **diminution des débits en étiage** pour tous les narratifs ;
- Un **allongement des étiages** pour tous les narratifs.

Les eaux de surface participent notamment à l'alimentation d'aquifères souterrains d'envergure, comme les systèmes karstiques des Corbières ou les nappes de la plaine du Roussillon.

Evolution quantitative des eaux souterraines

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

EAU'RIZON 2070

Nom des masses d'eau souterraines

1. Formations plissées de la Têt et de l'Agly
2. Formations plissées du Sègre
3. Formations plissées du Tech, du Réart et de la Cote Vermeille
4. Karst du Bas Agly et des Corbières d'Opoul
5. Alluvions de la plaine du Roussillon
6. Systèmes karstiques des Corbières orientales
7. Karst du synclinal de Villefranche
8. Pliocène du Roussillon

Evolution de recharge des nappes d'eau souterraine en % selon les narratifs d'Explore 2

- Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
- Changements futurs relativement peu marqués
- Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
- Fort réchauffement et forts assèchement annuel et estival

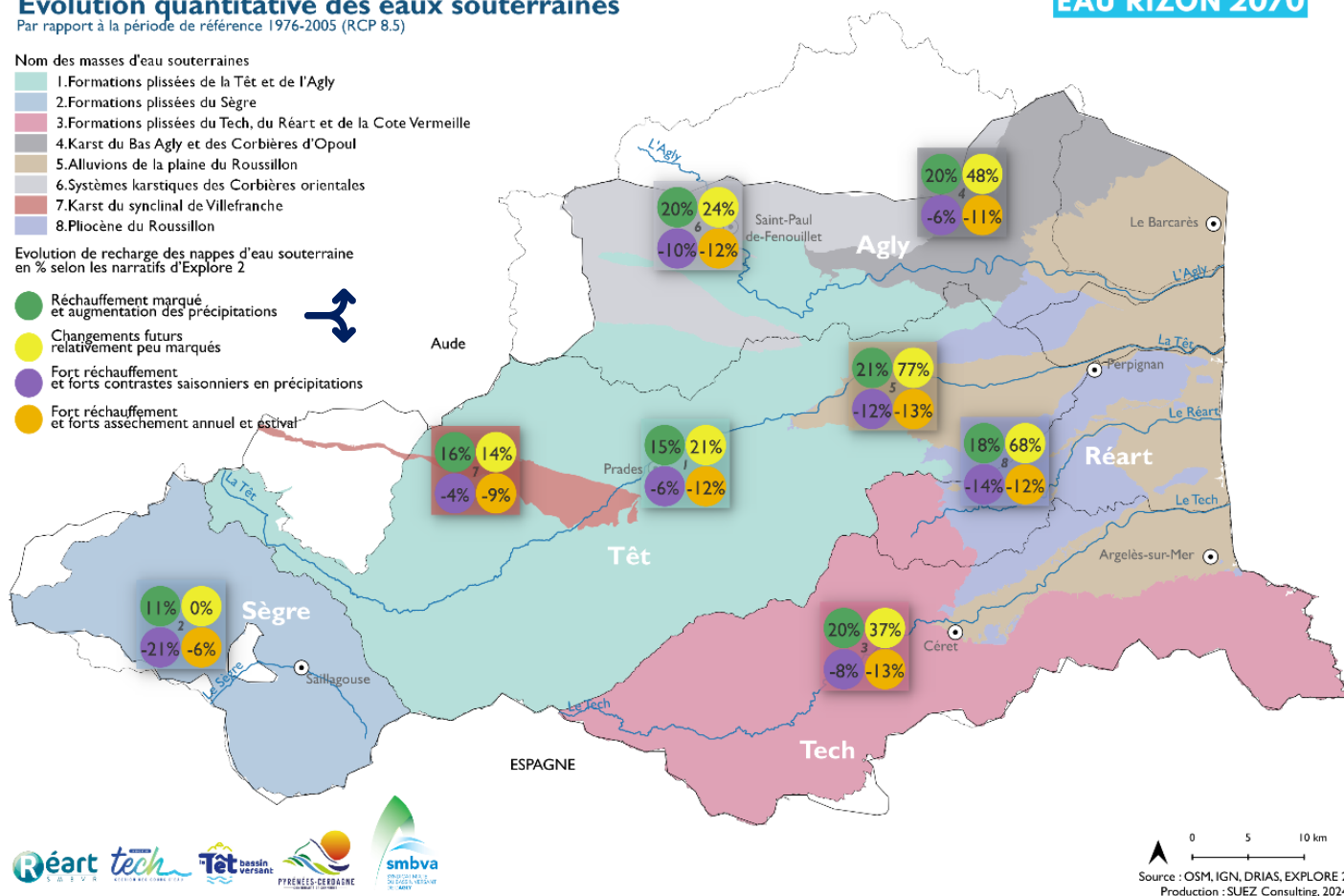


Figure 21 : Evolution de la recharge en fonction des narratifs

Les narratifs vert et jaune considèrent une augmentation des débits moyens des cours d'eau, ce qui n'est pas représentatif de la tendance actuelle sur le territoire.

Selon les narratifs violet et orange, l'évolution de l'hydrologie viendra accentuer l'impact du changement climatique sur la disponibilité des eaux souterraines :

- **Karst du Bas Agly et des Corbières d'Opoul** : les pertes de l'Agly et du Verdoube représentent près de 60 % de l'alimentation du karst. La diminution du débit du cours d'eau diminuera le débit qui s'infiltrera dans le système karstique via les pertes. La diminution conjuguée des flux provenant de la recharge et des pertes limitera la disponibilité de la ressource ;
- **Nappes du Roussillon** : la diminution du débit du cours d'eau limitera les flux des cours d'eau vers les nappes, et pourra, à la faveur de faibles débits et niveaux dans les cours d'eau, favoriser le drainage des nappes par les cours d'eau :
 - Les nappes alluviales de l'Agly, de la Têt en aval et du Réart sont principalement drainées par les cours d'eau. Une baisse des débits de rivière tendra à accentuer ce phénomène au détriment des nappes ;
 - L'alimentation des alluvions du Tech en aval par la rivière sera diminuée ;
 - L'alimentation du Pliocène en partie amont du Réart sera diminuée.

Avec les tendances les plus pessimistes, la diminution de la ressource du karst du Bas Agly et des Corbières d'Opoul, qui contribue à l'alimentation des nappes plio-quaternaires, entraînerait des conséquences négatives sur leur disponibilité en eau.

4.2.3 CONCLUSION



Impact quantitatif sur les eaux souterraines

Le changement climatique va modifier les conditions d'alimentation des nappes d'eau souterraines, en impactant les volumes et la saisonnalité de la recharge des nappes et des échanges nappes-rivière.

Les **narratifs vert et jaune** prévoient une hausse de la recharge ; au contraire les **narratifs violet et orange** prévoient une baisse de la recharge.

Sègre : Evolution de la recharge variable selon les narratifs, mais tendance plutôt marquée à la baisse

Têt : accentuation du drainage des alluvions par le cours d'eau. Evolution de la recharge variable selon les narratifs.

Tech : diminution de l'alimentation des alluvions par le Tech. Evolution de la recharge variable selon les narratifs.

Agly : baisse des apports via les pertes qui représentent 60 % de l'alimentation du karst. Accentuation du drainage des alluvions par le cours d'eau. Evolution de la recharge variable selon les narratifs.

Réart : diminution de l'hydrologie et des apports vers le Pliocène en amont. Evolution de la recharge variable selon les narratifs

5 IMPACTS QUALITATIFS SUR LA RESSOURCE EN EAU

Le changement climatique affecte la qualité de la ressource en eau de multiples façons. Est pris en compte l'évolution des concentrations de certains polluants.



Il est admis dans cette étude que **la quantité des polluants rejetés dans les milieux naturels restera inchangée, car il n'est pas prévu d'approche prospective.**

De plus, cette analyse repose sur les résultats des **différents scénarios climatiques**, en cohérence avec la méthodologie adoptée dans l'ensemble du rapport. Cela inclut des hypothèses de baisse des débits, d'augmentation des températures et d'évolution défavorable des niveaux des nappes phréatiques. Ce choix méthodologique vise à fournir une vision des impacts potentiels possibles, alignée avec les enjeux critiques et les observations actuelles du territoire.

5.1 QUALITE DES EAUX DE SURFACE

L'analyse des impacts du changement climatique sur l'état quantitatif des eaux de surface met en évidence une **diminution globale des débits à l'étiage**, ainsi qu'un **allongement des étiages**. Ces impacts quantitatifs vont avoir des conséquences sur l'état qualitatif des eaux de surface en **limitant la dilution des flux de pollution en période de basse eau**. Par exemple, la contribution d'un rejet de débit, à qualité inchangée, dans un cours d'eau sera plus importante si le débit d'étiage du cours d'eau dans lequel il est rejeté diminue dans le futur, du fait des impacts du changement climatique.

5.1.1 COURS D'EAU

Le tableau suivant présente la synthèse de l'analyse de la qualité des eaux des cours d'eau par bassin versant, réalisée dans le cadre de l'état des lieux de phase 1.

Bassin versant	Synthèse de l'état des lieux - qualité des eaux
Agly	Correcte
Têt	Correcte à variable sur l'amont. Dégradation liée aux rejets de stations d'épuration et agricoles sur l'aval y induisant de l'eutrophisation
Tech	Bonne qualité sur l'amont se dégradant sur la partie médiane. Eutrophisation sur le cours aval du Tech en période d'étiage.
Réart	Flux polluants reçus importants. Baisse des teneurs en oxygène dissous d'amont en aval. Exportation des MES vers l'étang du Canet.
Sègre	Variable suivant les tronçons

Tableau 4 : Synthèse de la qualité des eaux des bassins versants issue de l'état des lieux

Compte tenu de la **diminution des basses eaux** sur les bassins versants, depuis l'amont vers l'aval, il est attendu à l'étiage :

- **A l'amont** des bassins versants, à flux polluants constants, une **dégradation de la qualité de l'eau**, qui est actuellement globalement correcte ;
- **A l'aval**, un impact des rejets des stations d'épuration et agricoles plus important. Les pollutions apportées seront moins diluées ce qui aura un effet sur la qualité des eaux et la santé des écosystèmes aquatiques. Ainsi, les exigences de traitement des effluents rejetés dans le milieu naturel pourraient être questionnées.

En corolaire, **l'impact qualitatif des rejets sera plus important**, du fait d'une moindre capacité de dilution. Des phénomènes d'eutrophisation sont d'ores et déjà constatés en aval de la Têt et du Tech. La teneur en oxygène dissous dans le Réart et les petits fleuves côtiers diminue d'amont vers l'aval.

Les proliférations bactériennes (E. Coli, enterocoques, cyanobactéries...) déjà problématiques sur le Tech aval par exemple, seront également amenées à augmenter en fréquence et en intensité car directement liées à la dilution des rejets et à la température de l'eau.

De tels phénomènes seront **accentués par la baisse des débits d'étiage**, qui seront plus sévères et plus longs, et **seront rencontrés sur les bassins versants qui ne sont actuellement pas concernés**.

5.1.2 PLANS D'EAU

Le tableau suivant présente la synthèse de l'analyse de la qualité des eaux des plans d'eau, réalisée dans le cadre de l'état des lieux.

Tableau 5 : Synthèse de la qualité des eaux des plans d'eau issue de l'état des lieux

Plans d'eau	Synthèse de l'état des lieux - qualité des eaux
Barrage de l'Agly	Hypoxie (disponibilité en oxygène est réduite) estivale en partie profonde
Lanoux	Faible minéralisation, teneurs modérées en nutriments
Barrage des Bouillouses	Faible minéralisation, teneurs modérées en nutriments
Barrage de Vinca	Ponctuellement hypoxie estivale en partie profonde et relargage depuis les sédiments, cyanobactéries
Villeneuve de la Raho	Hypoxie estivale proche des sédiments, pH basique, déséquilibre de la balance des nutriments, ponctuellement présence de cyanobactéries

La qualité des eaux des plans d'eau est marquée, pour les plans d'eau les plus en aval, par des phénomènes d'hypoxie estivale, liés à la hausse des températures et à la présence de nutriments.

Ces phénomènes ne sont pas rencontrés dans les plans d'eau d'altitude que sont les barrages des Bouillouses et du Lanoux.

L'accentuation des étiages en durée et en intensité devrait conduire à une **réduction de la disponibilité en eau et de la qualité des plans d'eau** : évapotranspiration plus forte, remplissage plus difficile, ou sollicitation pour le soutien d'étiage plus importante ou plus longue.

Ainsi, les **déséquilibres constatés sur les plans d'eau aval** devraient être accentués, en intensité, en fréquence, ou en durée.

Si les plans d'eau en tête de bassin seront également concernés par les impacts quantitatifs du changement climatique, leur qualité actuelle montre que les flux de pollution sont limités. Dans ces conditions, une dégradation de la qualité des eaux des plans d'eau se produira probablement, mais elle devrait être limitée ou pas à la même échelle de temps.

5.2 QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

L'évolution quantitative des ressources en eaux souterraines du territoire aura des impacts sur la qualité des nappes.

5.2.1 UNE QUALITE D'ORES ET DEJA DEGRADEE PAR LES PRESSIONS ANTHROPIQUES ET LE DESEQUILIBRE QUANTITATIF

Le tableau suivant présente la synthèse de l'analyse de la qualité des eaux des nappes d'eau souterraine, réalisée dans le cadre de l'état des lieux de phase 1.

Les eaux du territoire sont impactées par des polluants d'origine agricole et par les intrusions salines (biseau salé) sur la bordure côtière.

Tableau 6 : Synthèse de la qualité des principaux aquifères du territoire issue de l'état des lieux

Aquifère	Synthèse de l'état des lieux - qualité des eaux
Karst du Bas-Agly et Corbières d'Opoul	Ressource vulnérable. Présence de pesticides et métabolites dans l'eau. Un captage AEP est classé prioritaire pour mener des actions contre les pollutions diffuses.
Karst de Villefranche	Ressource de bonne qualité
Alluvions de la plaine du Roussillon	La qualité des eaux est globalement bonne. Les eaux sont marquées par l'activité agricole : • Nitrates > 20 mg/l ; • Pesticides ponctuellement rencontrés. Les situations sont très variables selon les secteurs. Enjeu lié à la salinité : élevée en bordure littoral au niveau du Barcarès et de l'étang de Canet. L'entrée du biseau salé est également problématique sur le captage de Banyuls sur Mer.
Pliocène de la plaine du Roussillon	Contamination de l'aquifère profond par des nitrates induite par l'inversion du sens des échanges avec les alluvions. Concentrations > 50 mg/l sur certains ouvrages en particulier dans les secteurs de Pia, Elne, Pollestres, Villeneuve-la-Raho et en aval de Perpignan Contamination par les pesticides à des concentrations supérieures aux limites pour l'AEP. Présence d'herbicides ou métabolites, dont des molécules interdites depuis plusieurs années. 5 captages prioritaires sont recensés : • Forage F4 stade- Espira de l'Agly • Forage Milleroles -Bages • Forage F2 Rec del Moli – Pollestres • F3 La Devèze – Pollestres • Forage F4 Garoufe – Pia Pas de salinisation constatée, mais risque de salinisation de la nappe par transferts verticaux depuis la nappe alluviale.

5.2.2 UNE DEGRADATION QUI POURRAIT S'ACCENTUER

Pollutions d'origine agricole

L'hypothèse d'une diminution de la recharge (narratifs orange et violet) tend à réduire les flux d'azote ou de pesticides entraînés par lixiviation vers le milieu souterrain. Toute la fraction de polluant disponible n'est cependant pas entraînée, ainsi à apports constants, il s'ensuit une augmentation des stocks disponibles dans le sol. Une réserve est alors constituée, qui peut alors être lixiviée en quantité plus importante lorsque les précipitations le permettent, lors d'une année plus humide par exemple.

Le flux de polluant emmené vers la nappe est alors plus important et concentré, contribuant à la dégradation de la qualité de l'eau.

Avec l'hypothèse de la variabilité du régime hydrologique, et de la constitution d'un stock dans le sol, une dégradation de la qualité des ressources souterraines pourrait être constatée.

A flux constants, la qualité de l'eau des cours d'eau **pourrait se dégrader du fait de la moindre capacité de dilution à l'étiage**. Ceci pourrait avoir un impact sur la qualité des nappes qu'ils alimentent, qui sera toutefois contrebalancé par une baisse des volumes en jeu :

- **Système karstique du Bas Agly et des Corbières d'Opoul** : les pertes vers le karst pourraient être moins importantes et de moins bonne qualité, et, sans filtration par les berges. Les flux en jeu pourraient être plus concentrés, avec un impact sur la qualité de la nappe ;
- **Nappes du Roussillon** : dans l'hypothèse d'une diminution du débit des cours d'eau et des apports en provenance du karst du Bas Agly, les apports vers les nappes pourraient être limités. Les alluvions du Tech à l'aval, et le Pliocène en amont du Réart verraient les apports des rivières diminuer en volume, mais avec une qualité dégradée. Le rôle de filtre des berges à l'interface nappe-rivière pourraient en limiter l'impact.

Par ailleurs, l'état quantitatif et qualitatif des ressources les plus superficielles pourra avoir un impact sur la qualité des nappes les plus profondes. La dégradation de la qualité des eaux du Pliocène constatée à ce jour est causée par son déséquilibre quantitatif et l'inversion des échanges entre les alluvions superficielles et le Pliocène profond : une drainance descendante se met en place dans les secteurs où les niveaux sont bas et entraîne la pollution vers la nappe profonde.

Dans l'hypothèse d'une diminution des ressources souterraines, ce **déséquilibre pourrait s'accroître**, avec pour conséquence une **augmentation de la drainance** des alluvions vers le Pliocène et un impact sur la qualité de la nappe.

Salinité

En bordure côtière, l'interface entre eau douce et eau salée est régie par un équilibre qui dépend de l'état quantitatif de la nappe. Lorsque les niveaux de nappe sont bas, sous l'effet des pompages, l'eau de mer peut alors pénétrer dans les terres. C'est ce qui est constaté notamment au niveau du Barcarès et de l'étang du Canet, et sur le captage de Banyuls sur Mer.

A prélèvements constants, dans l'hypothèse d'une diminution de la recharge, l'augmentation du drainage par les cours d'eau, pourraient avoir pour conséquence un abaissement de la piézométrie dans la nappe alluviale. Cet abaissement en bordure côtière, conjugué aux prélèvements, pourrait **accentuer le déséquilibre** actuellement constaté et **favoriser la pénétration du biseau salé** dans la nappe alluviale. L'ampleur du phénomène de salinisation (extension, concentration) pourra être évalué avec un modèle hydrogéologique.

Il pourra de plus toucher la nappe pliocène par **accentuation de la drainance descendante** depuis les alluvions, sous l'effet conjugué de la diminution de la ressource et du maintien des prélèvements.

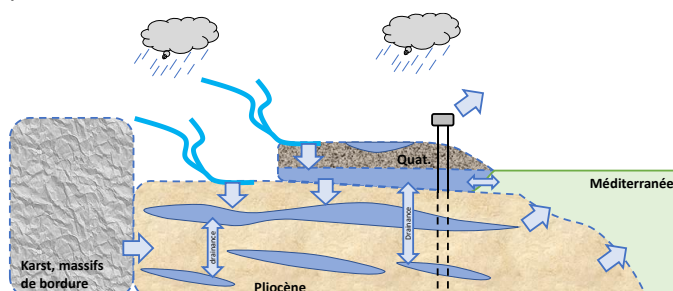


Figure 22 : Schéma des circulations d'eau au sein des formations du Plio-Quaternaire du Roussillon

D'après BRGM, modifié

5.3 THERMIE DE L'EAU

La thermie de l'eau est un paramètre essentiel pour appréhender les dynamiques des milieux aquatiques et évaluer leur réponse au changement climatique. Elle est directement influencée par la température de l'air, les apports en eau, l'ensoleillement, et les interactions avec les substrats environnants. Une augmentation prolongée des températures peut altérer la biodiversité et perturber les équilibres écosystémiques.

Dans cette analyse, la température de l'eau a été estimée à partir de la température de l'air en utilisant des relations statistiques. Par conséquent, les résultats obtenus sont des ordres de grandeur possibles, en tenant compte des incertitudes associées à cette simplification.

La régression linéaire et la régression logarithmique ont été utilisées afin de trouver un lien statistique entre les températures mensuelles moyennes de l'air et les températures mensuelles moyennes de l'eau mesurées (1971 – 2022), sur toutes les stations du territoire, afin d'obtenir une moyenne pour tout le territoire. Ce lien statistique obtenu a ensuite servi à extrapoler les températures de l'eau mensuelles moyennes futures à partir des températures de l'air mensuelles moyennes futures obtenues pour l'état des lieux (période 2041-2070).

Tableau 7 : Calculs de l'évolution de la thermie de l'eau selon des régressions linéaire et logarithmique

Mois	Moyenne mensuelle de la température de l'air, horizon 2070 (°C)	Régression linéaire		Régression logarithmique	
		Moyenne mensuelle de la température de l'eau, horizon 2070 (°C)	Ecart	Moyenne mensuelle de la température de l'eau, horizon 2070 (°C)	Ecart
Janvier	6,7	8,9	0,9	8,6	0,5
Février	7,3	9,4	1,3	9,4	1,3
Mars	9,2	10,9	0,6	11,6	1,3
Avril	11,8	12,9	0,8	13,9	1,7
Mai	15,4	15,8	0,9	16,4	1,5
Juin	19,7	19,2	2,1	18,7	1,6
Juillet	23,1	21,9	1,8	20,2	0,1
Août	23,0	21,9	2,3	20,2	0,6
Septembre	19,5	19,1	0,7	18,6	0,3
Octobre	14,9	15,4	0,2	16,1	0,8
Novembre	11,0	12,3	0,7	13,2	1,6
Décembre	7,9	9,8	1,5	10,0	1,7
Hiver	7,3	9,3	1,2	9,3	1,2
Printemps	12,1	13,2	0,8	13,9	1,5
Été	21,9	21,0	2,1	19,7	0,8
Automne	15,2	15,6	0,5	16,0	0,9
Année	14,1	14,8	1,1	14,7	1,1

Pour les deux méthodologies, la moyenne de **l'écart de la température moyenne mensuelle** de l'eau au sein de l'année est de +1,1°C, mais les deux méthodes présentent de fortes différences au niveau de la finesse mensuelle et saisonnière.

Les deux méthodes s'accordent sur l'évolution de **l'hiver à +1,2°C**. La saison la plus touchée change, avec la régression linéaire qui affiche **+2,1°C en été**, et la régression logarithmique qui affiche **+1,5°C au printemps**. L'automne quant à lui reste globalement le moins touché.



Ces valeurs ne peuvent servir de base à des interprétations ou extrapolations. Elles restent des données très schématiques qui montrent des possibilités de direction d'évolution de la température de l'eau.

5.4 CONCLUSION



Impacts sur la qualité de la ressource en eau

La qualité des **eaux superficielles** sera impactée par le changement climatique. La diminution des débits d'étiage va accentuer les problématiques déjà rencontrées dans les **cours d'eau**, en particulier à l'aval des bassins versants. Les phénomènes d'**eutrophisation** à l'aval du Tech, de la Têt et sur le bassin du Réart seront renforcés. A l'amont, une dégradation de la qualité de l'eau est pressentie, mais dans une moindre mesure, compte tenu des flux plus limités.

Il en est de même pour les **plans d'eau**. Les déséquilibres constatés seront accentués, en intensité, en fréquence ou en durée. Une **augmentation de la température** des eaux superficielles est attendue, sous l'effet de la hausse de la température de l'air.

Dans l'hypothèse des narratifs orange et violet d'une baisse de recharge, les **ressources souterraines** pourraient également être impactées, avec une **dégradation de la qualité** liée aux pollutions d'origine agricole, par constitution d'un stock dans les sols et lessivage, et par la dégradation des eaux superficielles qui impacteront les nappes via les pertes en milieu karstique ou échanges nappe-rivière.

6 IMPACTS SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET HUMIDES



Cette analyse repose sur les **différents scénarios climatiques**, en cohérence avec la méthodologie globale du rapport. Les hypothèses incluent une baisse des débits, une augmentation des températures et une évolution défavorable des niveaux des nappes phréatiques. Ce choix méthodologique vise à fournir une vision des impacts potentiels possibles, alignée avec les enjeux critiques et les observations actuelles du territoire.

6.1 IMPACTS SUR LES MILIEUX AQUATIQUES

6.1.1 DES BOUCLES EN CASCADE AVEC DES IMPACTS CROISES

Couche des zones humides avérées sur la zone d'étude

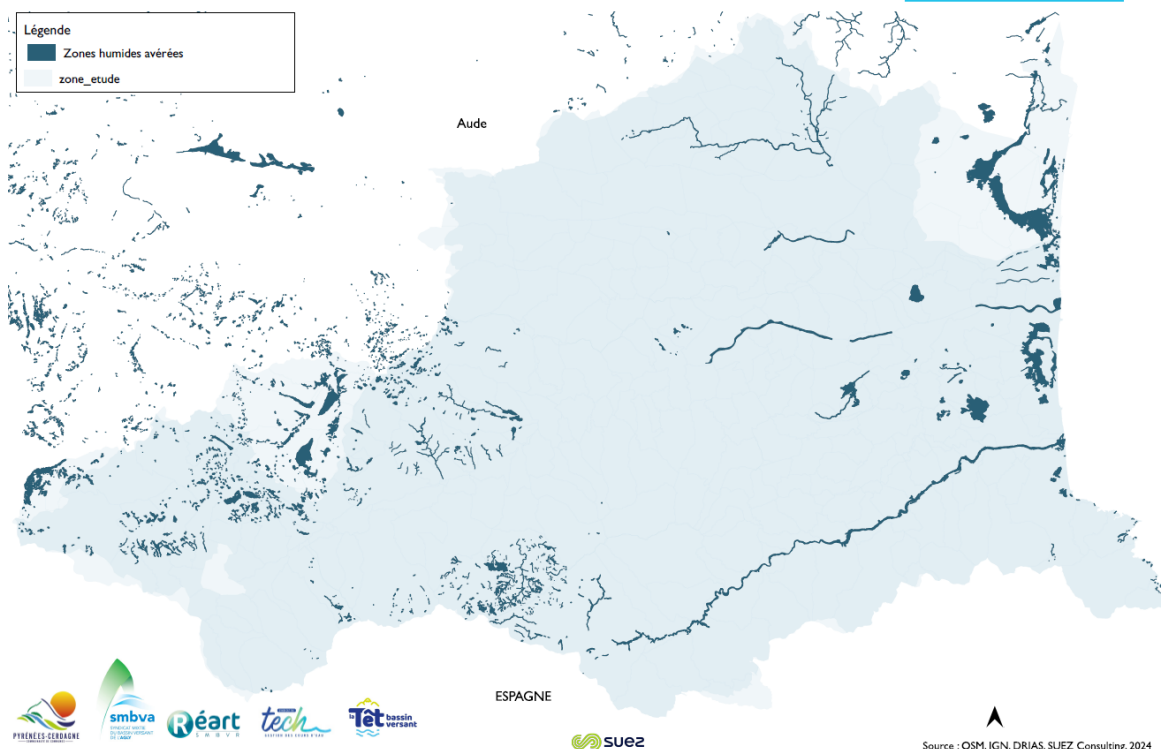


Figure 23 : Cartographie des zones humides du périmètre d'étude

Les milieux aquatiques comportent les **cours d'eau et zones connexes dont les ripisylves, les marais et tourbières, les étangs et plans d'eau et zones connexes dont les ripisylves**. Pour caractériser l'impact potentiel du changement climatique à l'horizon du projet, il faut bien comprendre que ces impacts sont multiples et beaucoup sont indirects.

- **La température de l'eau est affectée.** Elle est indirectement liée à la température de l'air, mais aussi à la profondeur et à la largeur des cours d'eau et plans d'eau, au temps de séjour, à l'ombrage depuis les berges, et à la transparence de l'eau, donc à la biomasse hydrophyte (phytoplancton et macrophytes immergés).
- **Les débits** sont dépendants de la pluviométrie, mais aussi des prélèvements anthropiques, des ruissellements/infiltrations sur les bassins versants, de la fonte des neiges (donc indirectement des températures), ainsi que des échanges nappes-rivières, donc de l'état court/moyen/long terme des aquifères.

- **Les stocks d'eau et niveaux** (marais, tourbières, étangs, plans d'eau) sont dépendant des flux entrant et sortant, mais aussi de l'évaporation et l'évapotranspiration. Les flux sortants sont contrôlés en ce qui concerne les plans d'eau gérés par l'homme, mais ils sont souvent en équilibre naturels avec les cours d'eau dans les systèmes naturels, comme les tourbières et marais. Il y a donc ici des notions d'équilibre ou déséquilibres saisonniers à pluriannuels, en fonction des séquences météorologiques (avant tout pluviométrie, mais aussi température de l'air, ensoleillement, vent...).
- **La qualité des eaux** dépend non seulement de l'hydrologie (débits), mais aussi de la géomorphologie, des apports polluants liés aux lessivages des sols (donc des modes d'occupation des sols), des pollutions déversées par les activités anthropiques, des échanges nappes/rivières, de la production primaire dans et autour des écosystèmes aquatiques, de la chaîne trophique et des érosions et échanges entre les berges et les sédiments d'une part et la matrice eau d'autre part.

Le fonctionnement des écosystèmes aquatiques dans leur complexité est basé sur des équilibres et déséquilibres entre espèces ou cortèges d'espèces, avec des effets seuils, par exemple en termes de qualité des eaux ou de température.



Tout cela induit des **boucles en cascade avec des impacts croisés entre les maillons**. A titre d'exemple une crue morphogène inhabituellement forte (du fait du changement climatique) peut impacter de façon notable la ripisylve, induisant en retour une érosion des berges, une baisse de l'ombrage, une hausse des températures estivales et de l'ensoleillement, et par contre coup, un changement des équilibres trophiques et de la qualité des eaux, et une prolifération des espèces pionnières.

6.1.2 PRINCIPAUX IMPACTS

Avec une **augmentation de la température de l'eau** de 1 à 1,5°C, croisée avec l'évolution du nombre de jours de gel, et des débits d'étiage des cours d'eau, on peut estimer que la plus grosse hausse de température concernera les **parties amont des cours d'eau** venant des Pyrénées. Il devrait y avoir **des hausses supérieures à 2°C** sur les cours d'eau, et encore **nettement plus forte sur les étangs et tourbières** notamment d'altitude (avec des valeurs pouvant dépasser les 5°C du fait des faibles profondeurs, et de la baisse de l'impact régulateur de la fonte des neiges entre la fin de printemps et l'été).

La baisse du **nombre de jours de gel** de 30 à 60 jours dans les montagnes, de 5 à 20 jours sur les parties intermédiaires des bassins versants, et de 2 à 6 jours en zones littorales, implique une fonte précoce des neiges au printemps. Cela induira des **débits plus forts et froids** lors de cette fonte, et inversement des **débits plus faibles et des eaux plus chaudes** entre la fin de printemps et l'été.

Concernant les écosystèmes aquatiques, si les **crues** sont potentiellement impactantes, ce sont les conditions d'**étiages** qui ont le plus d'effet.

Concernant les **assecs** et leurs incidences sur les zones humides liées aux cours d'eau, on peut faire quelques constats :

- **Le Sègre** pourrait être impacté (narratif violet). Les étiages seraient plus faibles qu'actuellement.
- **La Têt et le Tech amont** sont plus résilients aux assecs du fait des apports venant des montagnes (dont la fonte des neiges).

- **Les affluents de la Têt et du Tech** sur leur partie médiane et aval sont sensibles à des baisses de la pluviométrie printanière et estivale. La situation y serait cependant moins critique que sur l'Agly et le Réart.
- **L'Agly et le Réart** et leurs affluents sont sujets à des étiages très sévères avec assecs dès lors que les pluies sont faibles au printemps et en été. Ils seront potentiellement lourdement impactés avec **des assecs marqués** (dans le cas des narratifs violet et orange).

6.1.3 INCIDENCES SUR LES ESPECES AQUATIQUES

La montée des températures de l'eau implique une tentative de migration des espèces aquatiques vers l'amont des cours d'eau. Cette migration n'est possible qu'en l'absence d'obstacles à la continuité. Cela signifie que dans de nombreux cas, les espèces aquatiques pourraient **décliner et être remplacées**.

Il y a ainsi de grandes chances qu'il y ait une réduction des linéaires de rivières de premières catégories par rapport à l'existant, donc une baisse notable des peuplements piscicoles surtout marqués sur les affluents de l'Agly, du Réart, de la Têt et du Tech, voir des phases de **mortalité piscicoles** sur les tronçons aval des grands cours d'eau.

Les espèces inféodées à des conditions d'eau froide et de bonne qualité seront les plus impactées sur les tronçons intermédiaires, et potentiellement sur les tronçons amont, notamment narratif violet et orange. Ce sera par exemple le cas des salmonidés (truites fario...). Plus en altitude, les tourbières à Sphaignes semblent particulièrement vulnérables aux effets du changements climatiques, car dans les Pyrénées elles sont à la limite sud de leur répartition géographique.

On devrait ainsi voir apparaître **de plus en plus d'espèces exotiques envahissantes**, d'espèces opportunistes plus adaptées à des conditions chaudes et une eau de moins bonne qualité, et/ou à forte croissance (buddleia, canne de Provence, jussie...). On peut mentionner aussi à titre d'exemple le vison d'Amérique déjà présent sur l'Agly, le Tech, la Têt (dont les effets sont potentiellement forts sur les truites, barbeaux, amphibiens limicoles).

Par ailleurs, les affluents de moindre altitude seront occasionnellement à régulièrement à sec ou à faibles débits, ce qui induira un remplacement des espèces patrimoniales locales (notamment les espèces polluosensibles comme certains amphibiens et macro invertébrés, et les espèces sténothermes comme les truites, qui ne peut vivre que dans un milieu sujet à de faibles variations de température), par un cortège d'espèces pionnières résistantes à la chaleur et à une qualité d'eau dégradée, voir à des teneurs sporadiques faibles en oxygène dissous.

La biodiversité devrait tendre à baisser. Mais surtout on devrait voir **régresser les populations d'espèces patrimoniales** inféodées à des conditions abiotiques restreintes (indépendantes des êtres vivants), car l'une des conséquences du changement climatique sera une grande variabilité des précipitations et variations de températures.

Pour les **lacs et tourbières** de haute montagne des Pyrénées, le changement climatique va induire une baisse notable des périodes de gels, une hausse importante des températures, un accroissement de l'envasement par une augmentation des dépôts, une hausse du niveau trophique, une baisse de la transparence de l'eau, et un risque d'arrivée d'espèces plus ubiquistes (qui se maintiennent dans plusieurs biotopes) menaçant les espèces patrimoniales qui y sont présentes.

6.1.4 EVOLUTION POTENTIELLE DES ZONES HUMIDES

Les impacts croisés concernant les écosystèmes aquatiques, si l'on fait l'hypothèse que les flux de polluants parvenant aux cours d'eau sont constants et identiques à l'existant, permettent de dresser une projection par secteur :

- **Le Sègre** devrait être impacté, surtout avec le narratif violet. On devrait y voir une hausse marquée de la température de l'eau en été (2 à 4°C), et sans doute du transport solide associé à une érosion accrue sur le bassin versant. La qualité des eaux sera notablement dégradée sur les affluents lors des assecs et de la remise en eau, donc en été et en automne.

On peut s'attendre à ce que cela ait un **impact sur la biodiversité aquatique**, avec probablement un risque d'envasement des frayères piscicoles. On note une forte hausse tendancielle à l'évapotranspiration sur le bassin versant, ce qui pourrait poser problème pour certaines zones humides.

- **La Têt** dispose d'une certaine résilience au printemps du fait de la fonte des neiges, mais les étés seront marqués par des baisses de débit, conduisant à une dégradation de la qualité de l'eau (notamment narratifs violet et orange). Celle-ci se manifestera par des hausses notables de la température estivale (l'impact thermique étant sur le cours d'eau principal dépendant de la gestion des lâchers depuis les barrages des Bouillouses et de Vinça), des baisses potentielles des teneurs en oxygène dissous en lien avec la gestion des barrages. Enfin, il y a un risque d'accroissement du transport solide. Cet ensemble de forçages induira une hausse du niveau trophique, notamment sur les tronçons médian et aval du barrage de Vinça.

On note une forte hausse tendancielle à l'évapotranspiration sur le bassin versant amont, ce qui pourrait poser problème pour certaines **zones humides qui risquent de s'assécher** (narratifs violet et orange). Les sous bassins des affluents médians et aval du cours d'eau sont sujets à de forts stress hydriques, et pourraient subir un assèchement partiel ou total. On ne peut exclure également des **phases d'hypoxies occasionnelles** en aval du barrage de Vinça, des efflorescences de cyanobactéries, et une eutrophisation accrue.

- **Le Tech** est lui aussi soutenu pendant le printemps par la fonte des neiges. Il est cependant moins dépendant que la Têt aux régulations hydrauliques amont. Il subira lui aussi des hausses de température, une hausse du niveau trophique, et une hausse du transport solide. Celle-ci est liée à des pluies plus intenses conjuguées à une fonte plus précoce des neiges.

Les écosystèmes de ce grand cours d'eau devraient être moins impactés, mais ça ne veut pas dire qu'il n'y aura pas d'impacts.

On pourrait retrouver un **assèchement régulier des affluents latéraux** du cours médian et aval du Tech. L'amont sera quant à lui sujet à des risques d'assèchement partiel de certaines zones humides. La qualité des eaux devrait se dégrader, surtout sur le cours médian qui subira de plein fouet les baisses de débit d'étiage, et sur le cours aval du fait de la hausse du niveau trophique, des températures, et des teneurs en nutriments et matières organiques.

- **Les affluents de la Têt et du Tech** sur leur partie médiane et aval devraient être plus lourdement impactés que le cours d'eau principal, par une dégradation de leur qualité de l'eau, en lien direct avec la baisse des débits d'étiage.
- **L'Agly et le Réart** et leurs affluents devraient être sujets à des étiages très sévères avec assecs (surtout pour les narratifs violet et orange). On peut donc craindre que la hausse de l'ETP (même ne fut ce qu'une dizaine de %) induise une hausse de la demande en eau d'irrigation, qui aggraverait le déficit actuel des cours d'eau.

L'accentuation du déficit quantitatif entrainerait une dégradation de la qualité de l'eau., aggravant le déficit d'eau dans les cours d'eau. Il en résultera une dégradation de la qualité de l'eau. Celle-ci devrait se caractériser par une **hausse de la température estivale**, une **hausse de l'eutrophisation**, notamment en aval du barrage de l'Agly.

La conséquence est un risque notable de **dégradation majeure des écosystèmes aquatiques**, et un **assèchement possible des zones humides associées** dans le cas des narratifs violet et orange (particulièrement critiques dans leurs conséquences).

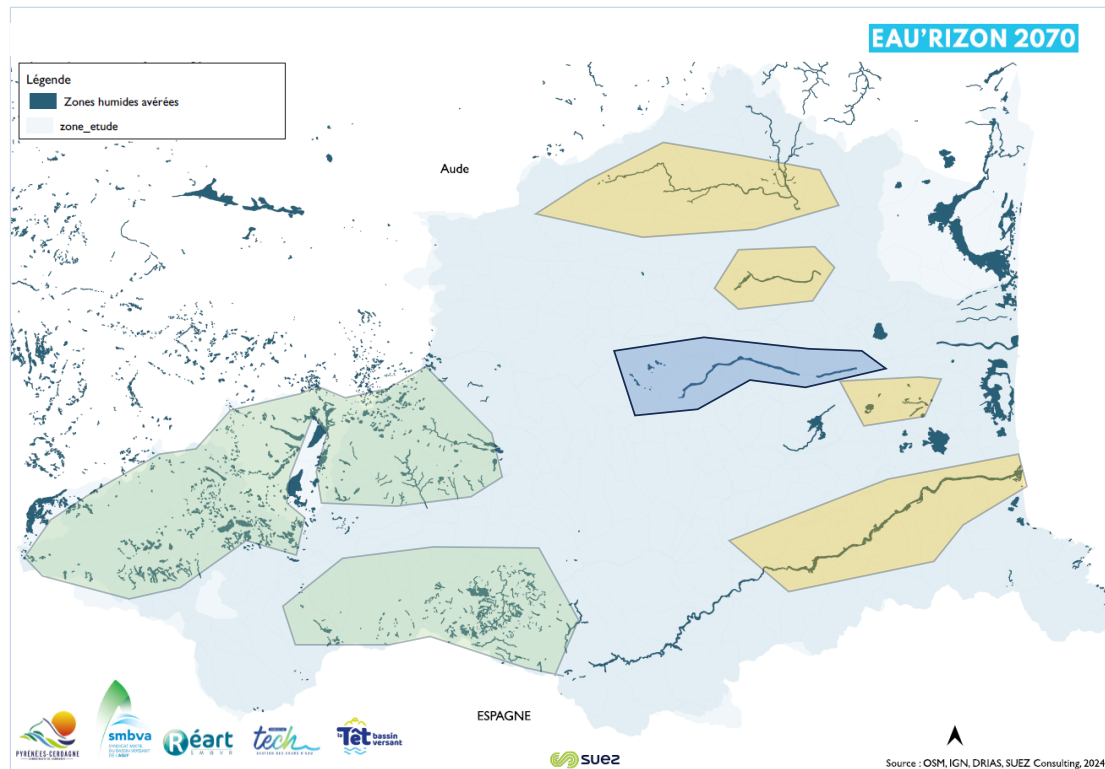


Figure 24 : Cartographie des zones humides potentiellement les plus à risque d'ici 2070 (Suez Consulting, 2024)

On retrouve sur la carte ci-dessus, les **zones humides à impact en zone de montagne** (vert) et celles à **fort impacts liés à la baisse des débits** (jaune), et celle dont la qualité des eaux sera potentiellement fortement affectée par la gestion du barrage de Vinça (bleu).

D'une manière générale, il existe beaucoup de zones humides et de tourbières sur les bassins amont pyrénéens (Sègre, Têt, Tech). Celles-ci constituent un **filtre purifiant l'eau**, elles servent de **réserve hydrique** soutenant les étiages, et elles stockent le carbone. Certains d'entre elles risquent de se trouver asséchées (notamment ceux situés à des altitudes de moyenne montagne), ce qui induirait alors non seulement une mortalité massive des espèces patrimoniales présentes, mais aussi induirait une **minéralisation des matières organiques** qui y sont enfermées, provoquant en cascade une **hausse des émissions de gaz à effet de serre**, et une **migration des nutriments et pollutions dans l'eau des cours d'eau aval**.

6.2 IMPACTS SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES DES PRINCIPAUX PLANS D'EAU

Il existe plusieurs retenues particulièrement importantes sur le territoire. Les écosystèmes présents dans chaque ouvrage dépendent de la localisation de la retenue (plaine ou montagne), mais également de son fonctionnement et de sa gestion. Ces retenues étant dissociées les unes des autres, leur analyse est présentée séparément.

Concernant les petits plans d'eau d'altitude, comme indiqué dans la partie précédente, il est attendu un impact thermique majeur et une érosion accrue donc plus de dépôts sédimentaires. Cela pourrait induire un risque de **déstabilisation de certains plans d'eau** avec bascule d'espèces (changement du phytoplancton par exemple, dégradation des conditions de croissance des truites...).

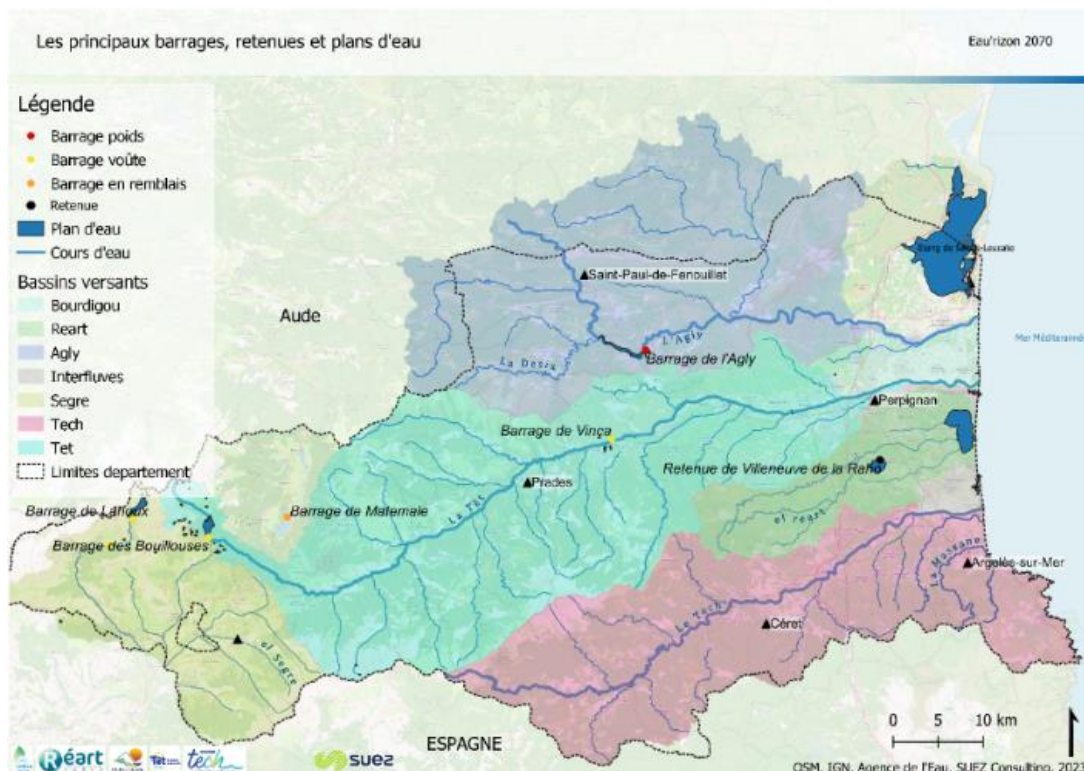


Figure 25 : Cartographie des principaux barrages et plans d'eau du périmètre d'étude (Suez Consulting, 2023)

6.2.1 BARRAGE DE LANOUX



C'est un lac naturel transformé en plan d'eau artificiel par rehausse via l'ajout d'un barrage situé sur l'amont du bassin versant du Sègre. Sa surface est couramment gelée entre octobre/novembre et avril/mai. Il a un régime hydrologique nival avec de faibles apports hivernaux et un pic de flux entrant lors de la fonte des neiges au printemps.

- 
- Hausse des températures de surface du plan d'eau (potentiellement de 2 à 4°C)
 - Amplification de la stratification thermique
 - Production primaire légèrement dopée et transparence de l'eau qui devrait rester correcte
 - Hausse progressive des apports en matières organiques et accumulation des dépôts
 - Marnage accru induisant la dégradation du peuplement piscicole.

6.2.2 BARRAGE DES BOUILLOUSES



Le barrage des Bouillouses est un plan d'eau artificiel d'altitude (2000m) situé sur l'amont du bassin versant de la Têt. Sa surface est couramment gelée en hiver.

- Hausse des températures de surface (potentiellement de 2 à 4°C).
- Amplification de la stratification thermique (différence plus marquées de températures)
- Production primaire dopée mais la transparence de

l'eau qui devrait rester correcte

- Hausse progressive des apports en matières organiques et accumulation des dépôts
- Baisse de la teneur en oxygène dans la partie profonde du plan d'eau, sans anoxie cependant
- Peuplements de poissons perturbés par la pauvreté de la macrofaune benthique.

6.2.3 BARRAGE DE VINÇA

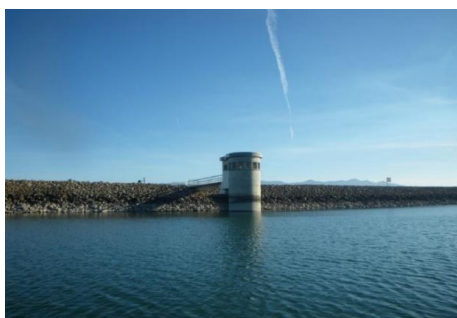


Le plan d'eau de Vinça est une retenue artificielle située à 244m d'altitude sur le cours médian de la Têt. Ce barrage a une double fonction : le soutien à l'étiage et l'écroulement des crues.

- Stratification thermique verticale modérée avec des températures estivales de surface dépassant les 25°C
- Transparence de l'eau en baisse et pH basique en été en surface

- Accroissement de la production primaire
- Fréquence accrue des périodes avec des niveaux bas de remplissage, avec risque d'anoxie partielle à total
- Hausse du niveau trophique du lac et risque d'apparition de cyanobactéries
- Biomasse piscicole fortement perturbée et risque de phases de mortalité massive

6.2.4 RETENUE DE VILLENEUVE DE LA RAHO



La retenue de Villeneuve de la Raho est un plan d'eau artificiel de plaine (22m d'altitude) constitué de trois plans d'eau. Elle est située sur le bassin versant du Réart mais alimentée par un transfert depuis le bassin versant de la Têt. Elle sert de stockage d'eau pour l'irrigation du sud de la plaine du Roussillon et également de base de loisir, de réserve pour la lutte contre les feux de forêts, et de retenue écologique.

- Stratification thermique verticale modérée hétérogène et sporadique avec hausse des

températures en été sur l'ensemble des profondeurs

- Eutrophisation des eaux du plan d'eau
- Augmentation de la production primaire et baisse de la transparence de l'eau
- Hausse du niveau trophique et domination estivale de la biomasse phytoplanctonique par des cyanobactéries
- Etat des peuplements piscicoles qui restera fortement perturbé

6.2.5 BARRAGE DE L'AGLY



Le barrage de l'Agly est un plan d'eau artificiel de plaine construit sur le cours de l'Agly. Il sert de stockage d'eau pour l'écroulement des crues et le soutien d'étiage (y compris pour soutenir l'irrigation et l'alimentation en eau potable). Il sert en second lieu pour produire de l'énergie et de base de loisir (canoé, pêche...).

- Accroissement de la stratification thermique verticale, avec des températures de surface supérieures à 25°C.
- Transparence de l'eau en baisse
- Accroissement de la production primaire et risque d'apparition de cyanobactéries
- Accroissement de l'envasement, conduisant à envisager un dragage
- Baisse du volume de la couche d'eau profonde et risque d'anoxie totale
- Biomasse piscicole perturbée

6.3 CONCLUSION

Il transparaît que le changement climatique aura de **nombreux impacts directs et indirects** sur les écosystèmes aquatiques et zones humides. Un point critique est **l'effet cumulatif d'années sèches**, cette situation devrait être récurrente d'ici 2070 et traduit l'ampleur des risques auxquels seront confrontés les zones humides dans le futur.



Impacts sur les écosystèmes aquatiques et les zones humides

Sègre : Du fait des hausses de température et d'érosion des sols, les zones humides d'altitude pourraient souffrir, avec de possibles déstabilisations des espèces sensibles et réduction de leurs peuplements.

Têt : Les zones humides d'altitude présenteront des impacts identiques au bassin du Sègre. Le cours médian et aval de la Têt seront fortement affectés par la gestion des plans d'eau (Bouillouses, Vinça) notamment car celui de Vinça pourrait se dégrader. Les affluents médians et aval seront très impactés par la sécheresse, ce qui y fragilisera très fortement les zones humides liées.

Tech : Les zones humides d'altitude auront les mêmes problèmes que sur le Sègre. Les affluents médians et aval seront très impactés par la sécheresse, ce qui y fragilisera très fortement les zones humides liées.

Agly : Les zones humides seront principalement impactées par le stress hydrique, ce qui pourrait fragiliser les écosystèmes correspondants.

Réart : Le cours d'eau sera non seulement impacté sévèrement par la sécheresse, mais aussi par la dégradation de la qualité des eaux. Les écosystèmes liés seront probablement très dégradés.

7 IMPACTS SUR LES INONDATIONS

Les variations potentielles des ruissellements et des débits de crues vont dépendre notamment :

- Des évolutions relatives à la genèse et l'intensité des épisodes dit méditerranéens, soit des pluies extrêmes ;
- De la variabilité saisonnière des précipitations ;
- Des augmentations de la température de l'air et de leurs conséquences sur la pluviométrie.

Sur la base de la bibliographie, le changement climatique rend les événements extrêmes plus fréquents et plus intenses.

7.1 IMPACTS SUR LES PRÉCIPITATIONS EXTREMES

En préambule, il est important de citer les avertissements suivants :

○ Relativement aux résultats DRIAS-eau / EXPLORE 2



Les modèles climatiques utilisés dans EXPLORE 2 ne donnent qu'une **estimation très imparfaite des changements possibles pour les pluies fortes**, au pas de temps journalier. En particulier, ils ne permettent pas d'estimer les changements aux échelles locales (les modèles utilisés ne simulent pas les pluies convectives typiques des épisodes méditerranéens, pluies liées à l'ascension de l'air chauffé par le sol et se refroidissant).

De plus, **les forçages météo en secteur de montagne**, hétérogènes par nature, **peuvent manquer de précision** et globalement peuvent **occulter des précipitations de type convectives**, soit une **augmentation de la fréquence des fortes précipitations et de l'extension des zones concernées**.

○ Relativement au pas de temps précipitations intenses et extrêmes



Cependant, selon la publication « Impacts du changement climatique sur les pluies intenses et les crues en Méditerranée » (Yves Tramblay et al. 2021), plusieurs travaux ont étudié l'évolution de ces épisodes de pluies intenses dans le Sud de la France et tendent à montrer une augmentation de leur intensité en particulier depuis la décennie 1980. Tous ces travaux ont été menés sur les précipitations extrêmes **au pas de temps journalier** (total sur 24 h), or **il est probable que la hausse des températures induise également des changements importants à des pas de temps infra-journaliers sur les épisodes convectifs**.

A l'échelle du pourtour Méditerranéen, les évolutions attendues pour les pluies extrêmes sont variables géographiquement, cependant une tendance générale se dessine, avec une **augmentation de la quantité de pluie tombant au cours des épisodes les plus extrêmes** – comme les phénomènes dits « cévenols » / « Méditerranéens » – principalement en hiver, avec, de plus, une extension des zones impactées au-delà des régions habituellement touchées, notamment, vers le Sud-Est ou les Pyrénées (source : ONEC, 2018).

Les projections tendraient à montrer que **les pluies extrêmes vont s'intensifier** dans le Languedoc Roussillon en **automne et en hiver** de +8.5 à +28.8 % entre 2041 et 2070 en moyenne et au maximum selon les scénarios et les saisons (source DREAL Occitanie, conférence sur le changement climatique et ses impacts en Occitanie, juin 2023).

mean/max (%)	2021-2050	2041 – 2070	2071 – 2100
Automne	+5.2 / +19.1	+9.3 / +26.6	+8.5 / +25.2
Hiver	+7.4 / +28	+8.5 / +28.8	+12.6 / +30.7

Figure 26 : Evolution des pluies extrêmes en Languedoc-Roussillon – source DREAL Occitanie, conférence sur le changement climatique et ses impacts en Occitanie, juin 2023

Les **épisodes méditerranéens** se forment aujourd'hui principalement entre la fin de l'été et le début de l'hiver, au moment où la **température de la mer Méditerranée est la plus élevée**. La Méditerranée figure parmi les « hot-spots » du changement climatique du fait notamment de cette élévation de la température notamment en fin d'été. Les études de référence (Adloff et al – 2015) concluent à un **réchauffement de la température de surface de la mer entre 2 et 4 °C pour la fin du 21e siècle**, l'incertitude étant principalement liée au choix du scénario socio-économique.

L'indicateur **Q99** est une mesure statistique utilisée pour **quantifier les changements relatifs dans les précipitations journalières extrêmes**. Cet indicateur représente le 99e centile des précipitations journalières. Cela signifie que Q99 est la valeur au-dessus de laquelle se situent les 1 % des précipitations les plus élevées sur une période donnée.

Comme indiqué en préambule, cet indicateur est lié partiellement aux risques de ruissellements intenses et de crues. Cette relation pluies extrêmes – débits de crue n'est que partielle du fait **des relations complexes et non linéaires entre précipitations intenses, processus de surface et notamment l'humidité des sols** (Tramblay et al., 2019, 2023), associés dans la genèse des crues.



Ecart des précipitations extrêmes (Q99)

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

▲ Station météorologique

Max. Ecart maximal en %

Med. Ecart médian en %

Min. Ecart minimal en %

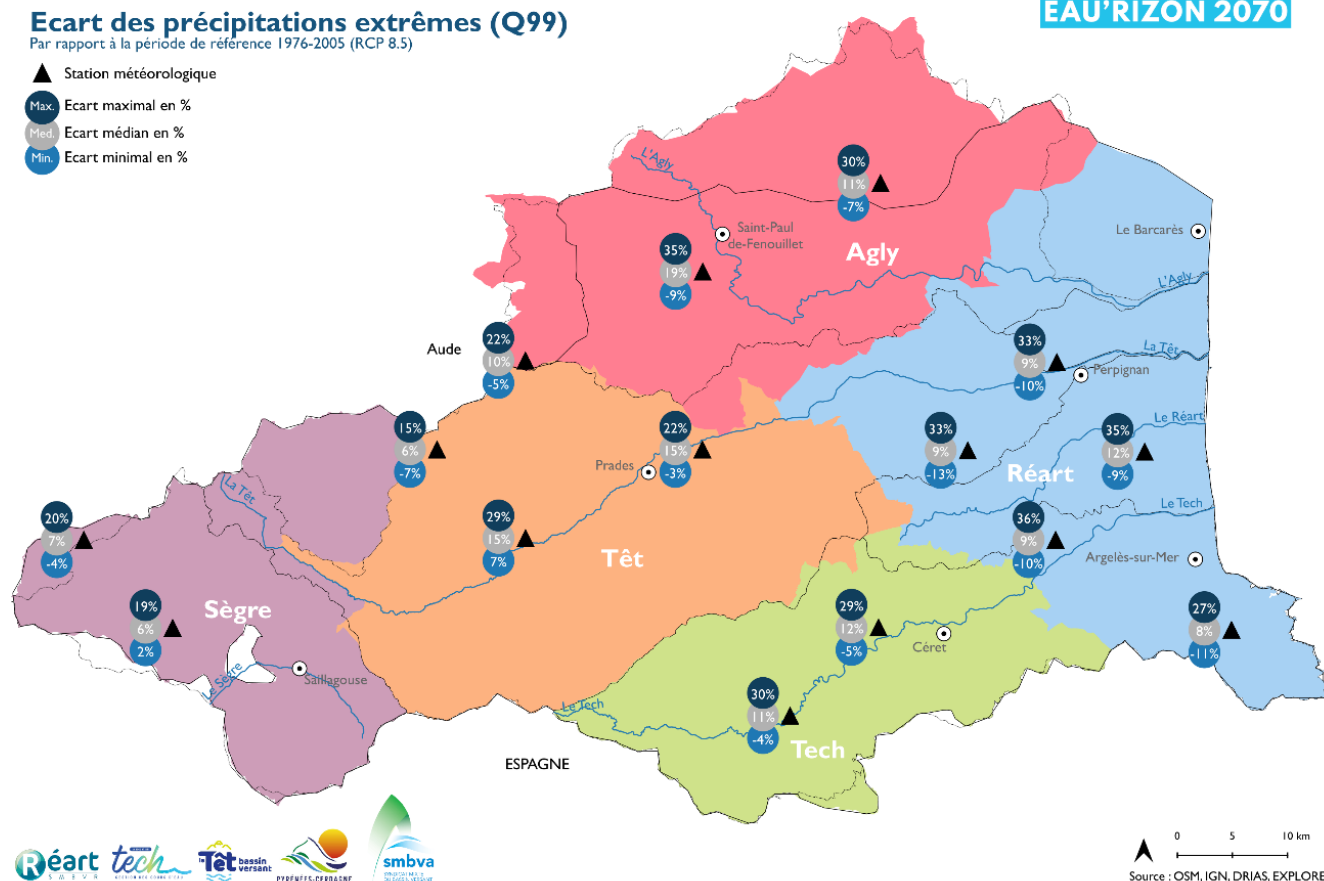


Figure 27 : Evolution des précipitations extrêmes

On constate ainsi sur les 15 stations de grille SAFRAN sélectionnées, par rapport à la période de référence 1976-2005 :

- En moyenne, **les projections indiquent une tendance à l'augmentation généralisée**, pour les deux scénarios, soit **+ 11 % pour le RCP 8.5** ;
- **L'accord entre les modèles sur le signe du changement est fort (augmentation)** mais l'incertitude sur l'intensité des changements est importante ;
- **La moyenne des écarts maximums est de +28.0 % sous RCP8.5**. Il y a donc convergence nette vers une augmentation significative des cumuls des précipitations extrêmes journalières sur la globalité des territoires.
- **Les augmentations maximales les plus fortes** (de +29 % à + 35 % sous RCP 8.5) concernent les points caractéristiques de la **Plaine du Roussillon** (Réart, Tech, Tet Aval) et **de l'Agly amont** ;
- Les **augmentations maximales les plus modestes** (moins de +20% sous RCP8.5) concerne localement **la Têt amont et la Cerdagne Capcir** (secteurs montagneux, notamment dont les altitudes sont supérieures à 1500 m).

Ces résultats issus des modélisations menées dans le cadre du programme EXPLORE 2, doivent impérativement être associés aux **avertissements et analyses complémentaires suivantes** :

○ Vers une augmentation de la température de l'air et ses conséquences sur précipitations extrêmes

L'augmentation de la température de l'air peut avoir directement des conséquences sur les écoulements et les crues. En effet, une augmentation de +1°C dans l'atmosphère implique une augmentation de +7 % de la pression de la vapeur saturante et donc de la quantité maximale de vapeur d'eau qu'un volume dans l'atmosphère peut contenir (**effets thermodynamiques - relation de Clausius Clapeyron**).

Selon les résultats décrit au chapitre 3.1.1, Il est constaté **une augmentation maximale des températures moyennes journalières** sur le territoire de **2,3°C à 3,1°C** (moyenne des 15 points sélectionnés), respectivement sous RCP 4.5 et RCP 8.5.

Par application simple de la loi de **Clausius-Clapeyron**, **les pluies journalières extrêmes pourraient alors augmenter de 22 % sous RCP 8.5 sur le territoire**.

Relativement au pas de temps pris en compte, selon l'étude « *Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes* » (Lenderink, G. & van Meijgaard, E. (2008), **les précipitations extrêmes sur une heure augmentent à un taux proche de 14 % par degré de réchauffement** dans de grandes parties de l'Europe, soit **augmenter de près de 43 % sous RCP 8.5 sur le territoire**.

7.2 IMPACTS SUR LES DEBITS DE CRUES

Dans le cadre du rapport *Scénario des extrêmes Hydrologiques EXPLORE2* - Yves TRAMBLAY et al (2024), les enseignements s'appuient sur les simulations suivantes :

- simulations de pluies extrêmes sont issues des modèles RCM considérés dans Explore2,
- les débits sont simulés par quatre modèles hydrologiques : GRSD, CTRIP, ORCHIDEE et SMASH (et le modèle GR4H pour l'approche SHYPRE sur les crues),
- l'humidité des sols simulée par le modèle SIM2,
- et les niveaux piézométriques simulés par AquifR.

Dans l'ensemble, les auteurs soulignent **une forte incertitude sur l'évolution des crues selon les différentes simulations climatiques utilisées**, avec pour la majorité des bassins des simulations indiquant à la fois une augmentation et d'autres indiquant une baisse, significative, des crues. Ces résultats indiquent que **l'on ne peut pas conclure à une augmentation généralisée des crues** en France, conformément aux précédentes études sur ce sujet avec des approches comparables (Di Sante et al., 2021).

Il est aussi important de noter que le signal de changement climatique sur les crues n'est pas identique à celui des pluies extrêmes, les différentes projections sont assez divergentes et plutôt à la baisse dans le sud de la France.



Il faut également préciser la forte incertitude qui est associée à ces projections : d'une part, les modèles et données climatiques utilisés ici ne sont **pas adaptés pour simuler les crues dans les petits bassins**, qui sont pourtant affectés par des crues rapides pouvant causer des dommages très importants.

Enfin, d'autres travaux en cours (Yves Trambly et al. 2023) concernent également au changement des caractéristiques des inondations et de la saisonnalité des phénomènes.

7.2.1 EVOLUTION DU DEBIT DES CRUES DECENNALES

L'indicateur retenu au droit des 19 stations hydrométriques correspond au **QJXA10, soit le débit de pointe journalier de période de retour 10 ans³** (ou plus simplement crue de période de retour 10 ans).

Compte-tenu des fortes incertitudes sur l'évolution des crues selon les différentes simulations climatiques utilisées, les résultats des simulations présentées sur les cartes suivantes sont présentés **selon les 4 narratifs** portant sur les changements moyens de température et précipitations futurs.

La carte ci-après **les changements relatifs de QJXA10 entre la période de référence (1976-2005) et l'horizon 2041- 2070.**

³ Le choix de cette période de retour est un compromis entre des crues annuelles, mais présentant un risque moindre, et des périodes de retour plus élevées, par exemple trentennales ou centennales, mais pour lesquelles l'incertitude liée à l'échantillonnage sur des périodes courtes (30 ans) est très forte et masquerait les effets propres du changement climatique.

Evolution du débit des crues décennales

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

Evolution selon les narratifs d'Explore 2

- Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
- Changements futurs relativement peu marqués
- Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
- Fort réchauffement et forts assèchement annuel et estival

Evolution des débits des crues (en %)

- +2 +50% à +100%
- +1 +0% à +50%
- -1 -0% à -50%
- -2 -50% à -100%
- Barrage

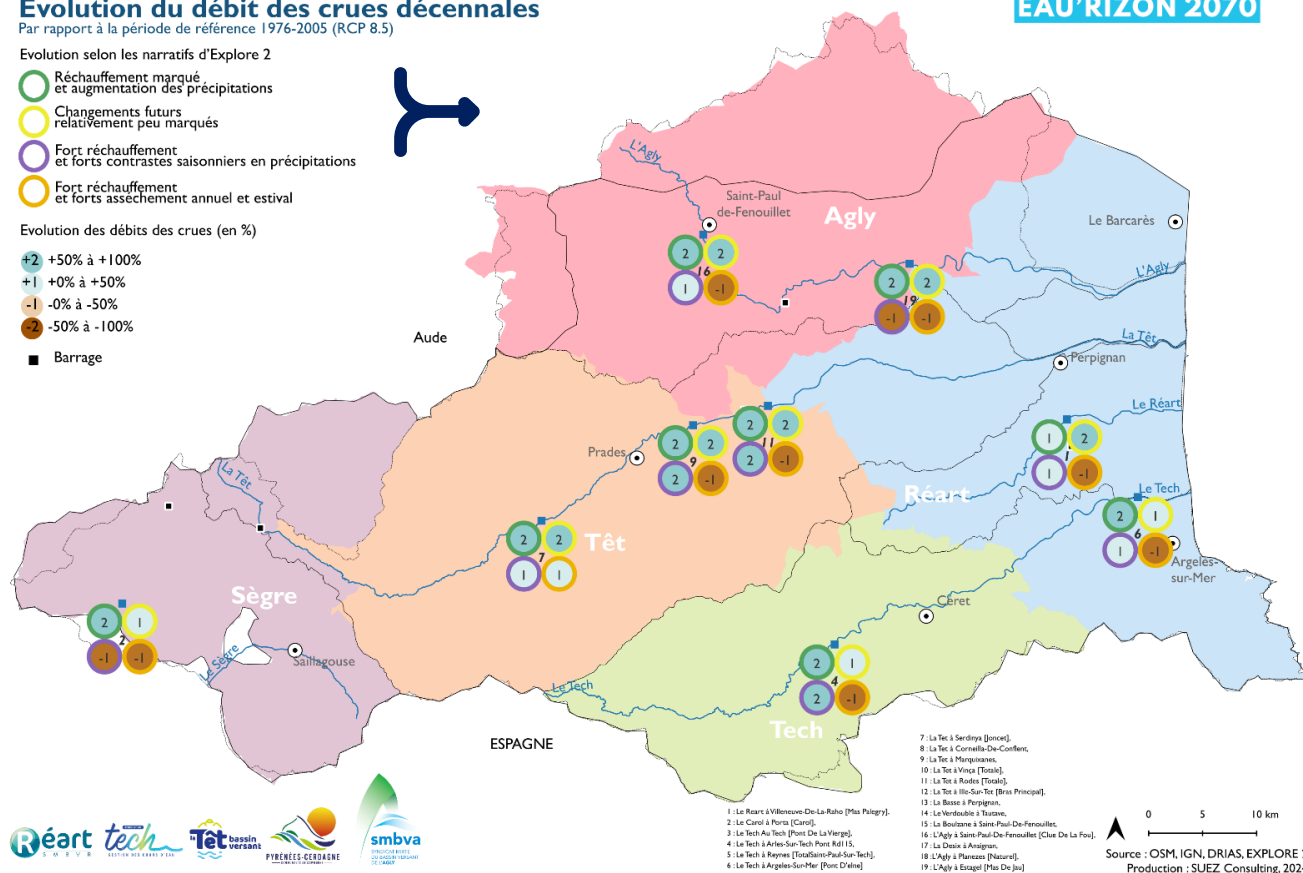


Figure 28 : Evolution des débits des crues considérées aujourd'hui décennales

Relativement aux évolutions de débit de crue décennal (QJX10) :

Tous les narratifs sauf le narratif orange (*Fort réchauffement et fort assèchement en été (et en annuel)*) convergent sur la quasi-totalité des stations⁴ sur une augmentation du débit de crue décennale.

Cette augmentation est la plus significative (> 50 %) sur les territoires les plus impactés par l'évolutions à la hausse des précipitations extrêmes : **Plaine du Roussillon pour la Têt et l'Agly, Agly Amont**

Il n'y a **aucune convergence des résultats à la diminution du débit de crue décennal**, même pour le bassin versant du **Sègre**. Pour les principales **parties karstiques du territoire** (Système karstique du bas Agly et des Corbières d'Opoul), le niveau initial du karst (avant épisode intense) guidera la sensibilité aux épisodes de pluies extrêmes. Relativement à l'Agly, le BRGM (Fleury et al – 2020) a mis en évidence le **rôle complexe d'atténuation et de contribution du karst aux crues de l'Agly, en lien avec son niveau de remplissage** : des périodes plus longues sans précipitations significatives conduiront à la baisse du niveau de remplissage du karst et donc augmenteront son rôle d'atténuation. Un karst saturé conduira lui à des crues encore plus importantes liées directement avec l'augmentation des cumuls de précipitations pluies extrêmes. Le BRGM a d'ailleurs mis en place un modèle global associé à un abaque (pour le compte du SMBVA) permettant de « moduler » les débits de crues attendues en fonction du niveau de remplissage du karst (cote piézométrique au forage Estagel).

⁴ hors les domaines karstiques, soit principalement Système karstique du bas Agly et des Corbières d'Opoul et nappes des Corbières / le domaine nival comme sur le Sègre.

7.2.2 EVOLUTION DE LA FREQUENCE DES CRUES DECENNALES

La carte ci-dessous quantifie l'évolution de la fréquence d'un événement de crue aujourd'hui décennal (QJXA10).

Evolution de la fréquence des crues décennales

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

EAU'RIZON 2070

Evolution selon les narratifs d'Explore 2

- Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
- Changements futurs relativement peu marqués
- Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
- Fort réchauffement et forts assèchement annuel et estival

Evolution de la fréquence des crues

- 0 à 1
- 1.01 à 2
- 2.01 à 3
- 3.01 à 4
- 4.01 à 5
- Barrage

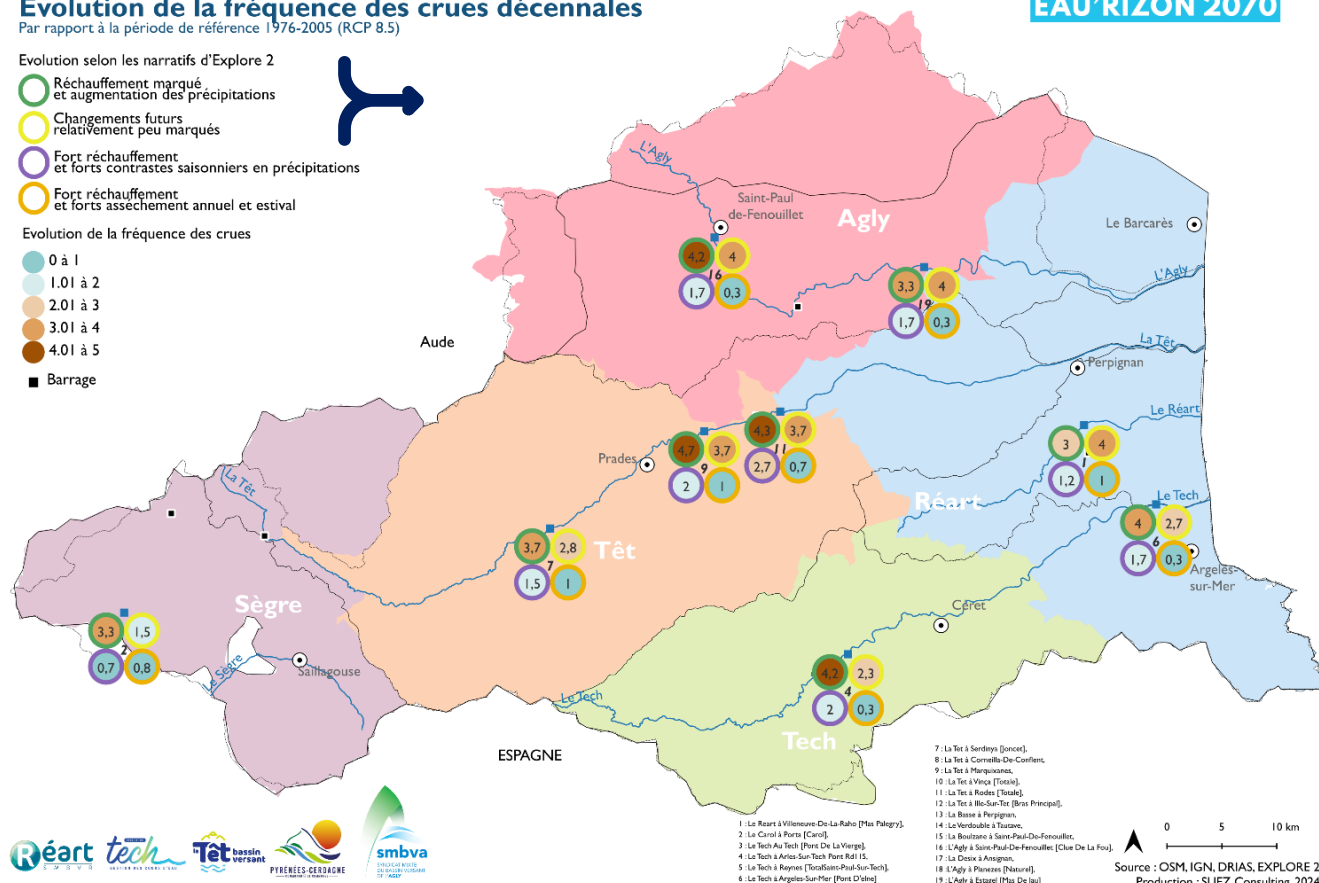


Figure 29 : Evolution des fréquences des crues considérées aujourd'hui décennales

Relativement aux évolutions de la fréquence des crues décennale :



- Tous les narratifs sauf le narratifs orange (*Fort réchauffement et fort assèchement en été (et en annuel)*) convergent sur la quasi-totalité des stations (hors secteur nival comme sur le Sègre) sur une augmentation des fréquences des crues décennales.
- Les crues aujourd'hui décennales (apparition 1 fois par 10 ans) seront alors observées :
 - Jusqu'à environ 3,7 à 4,7 fois par 10 ans sur tous les territoires hors Sègre.
 - De 0,7 à 3,3 fois par 10 ans pour le territoire du Sègre (résultats des simulations non convergentes).
- Si l'on regarde les évolutions de ces fréquences uniquement pour le narratif jaune décrivant des changements futurs relativement peu marqués, les crues aujourd'hui décennales seront alors observées :
 - De 4,0 à 4,3 fois par 10 ans sur le bassin versant de l'Agly ;
 - 4 fois par 10 ans sur le bassin versant du Réart ;
 - De 2,8 à 4,7 fois par 10 ans sur le bassin versant de la Têt ;
 - De 2,3 à 3,2 fois par 10 ans sur le bassin versant du Tech ;
 - 1,5 fois par 10 ans sur le bassin versant du Sègre.

7.2.3 EVOLUTION DU RISQUE INONDATION SUR LE TERRITOIRE

L'augmentation en fréquence et en intensité des crues sur le territoire, à l'image des projections d'une majorité « des futurs possibles » et des enseignements établis sur les crues décennales, entraîneront automatiquement une augmentation de l'aléa inondation.



En l'absence de modélisations hydrauliques à l'échelle de tous les territoires, **les surfaces de zones inondables n'étant pas extrapolables, l'impact sur l'aléa inondation n'est pas calculable.**

Cependant, l'essentiel des vulnérabilités du territoire au risque inondation par débordement de cours d'eau étant localisé sur la plaine du Roussillon - couverte par le TRI Perpignan – Saint Cyprien - l'intensité et la fréquence des crues couvertes par le scénario fréquent (décennale à trentennale) représente un bon indicateur des **impacts sur le risque inondation du territoire.**

A occupation des sols constante (soit enjeux constants), on peut considérer que le **risque sera proportionnel à l'aléa.**

Pour rappel, pour l'ensemble du territoire à occupation des sols constante, hors Sègre, l'amplification des intensités des crues décennales pouvant atteindre à minima + 50% et la fréquence de survenues de ces événements étant très généralement d'au moins 3 fois par 10 ans, **le risque inondation pour une crue fréquente par débordement de cours d'eau serait au moins équivalent aux effets actuels d'une crue trentennale.**

A noter que l'intensification des pluies extrêmes entrainera également un aléa ruissellement augmenté, mais fortement dépendants **des changements d'occupations des sols**, qui peuvent soit aggraver le ruissellement (urbanisation, changements de pratiques agricoles laissant les terres à nu) ou à l'inverse le réduire (dés-imperméabilisation des sols, pratiques agricoles visant à réduire l'érosion, expansion de la forêt...).

Enfin, une étude récente (Yves Tramblay et al – 2023) s'est attachée à analyser les évolutions dans le temps des caractéristiques des inondations (durée des inondations, contribution du débit de base aux inondations, coefficient de ruissellement, précipitations totales et maximales de l'événement, et humidité antécédente du sol) et de la saisonnalité des inondations a été analysée. Cette étude souligne :

- dans la majorité des bassins versants analysés sur le territoire, que **les inondations ont tendance à se produire plus tôt dans l'année**, la date moyenne d'inondation étant, en moyenne, **avancée d'un mois** (comparaison de la période 1959-1990 avec la période 1991-2021). Ce changement saisonnier pourrait être attribué à la fréquence accrue au cours du printemps et de l'été, d'événements avec des flux de Sud.
- **une augmentation des précipitations totales et des précipitations extrêmes a été observée, associée à une diminution de l'humidité du sol avant les précipitations ;**
- **une augmentation concomitante de la fréquence des inondations dues à des pluies de courte durée.**

7.2.4 CONCLUSION



Impacts sur l'aléa inondation

L'amplification des **intensités des crues décennales pourrait atteindre + 50% à + 100 %** sur l'ensemble du territoire hors Sègre. Sur ce même territoire, ce type d'évènement pourrait survenir plus de **3 à 4 fois par décennie**, contre 1 fois aujourd'hui.

Ainsi, à occupation des sols constante (enjeux), le risque inondation pour une **crue fréquente** par débordement de cours d'eau serait au moins **équivalent aux effets actuels d'une crue trentennale**.

Sègre : Sur ce territoire montagneux, il n'y a **pas de convergence de résultats**, que ce soit en intensité ou en fréquence de survenue pour un aléa fréquent (QJX10)

Têt : Hormis sur les parties sommitales du bassin versant (> 1500 m d'altitude), les intensités de crues décennales pourraient **augmenter d'au moins 50 %**, et ces crues pourraient survenir jusqu'à plus de **4 fois par décennie**.

Tech et Réart : Les intensités des crues décennales pourraient **augmenter d'au moins 50 %**, et ces crues pourraient survenir jusqu'à plus de **4 fois par décennie**.

Agly : Les intensités des crues décennales pourraient **augmenter d'au moins 50 %**, et ces crues pourraient survenir **jusqu'à plus de 4 fois par décennie**. Sur les sous-bassins versant à dominantes karstiques, le niveau de karst initial avant épisodes intenses impactera directement l'incidence sur les pics de crues (atténuation / contribution agissant aussi bien sur les intensités et les fréquences des crues).

8 IMPACTS SUR LES ETIAGES

8.1 VCN10_{ETE}, DEBIT DES ETIAGES D'ETE

L'indicateur utilisé pour quantifier les basses eaux, et qui concerne spécifiquement les étiages en été, est le **VCN10_{été}**, ou minimum estival de la moyenne sur 10 jours du débit journalier. Il est échantillonné du 01/05 au 30/11. Il offre une analyse plus fine que le QMNA en se concentrant sur les **basses eaux uniquement en période estivale** où les conflits d'usage s'intensifient à cause du stress hydrique. Sa sensibilité aux variations journalières en fait un outil complémentaire au QMNA, permettant de mieux comprendre les dynamiques spécifiques des basses eaux estivales. Bien que très précis, il se focalise sur la période estivale et ne sera pas sensible aux basses eaux des autres saisons, notamment pour les cours d'eau à régime nival.



On constate une évolution quasi similaire à celle du QMNA. En effet, les débits du VCN10_{été} connaissent une **baisse sur à la quasi-totalité des stations et des narratifs** :

- **Narratif jaune** : la station la plus en amont du Tech, et la station la plus en aval de la Têt sont les seules à connaître une augmentation allant de +0% à +25%. Le reste des 17 stations connaissent une baisse du VCN10 en été de -0% à -25%.
- **Narratif vert** : la quasi-totalité des stations connaissent une baisse de -0% à -25%
- **Narratif orange** : la grande majorité des stations (17) connaissent une baisse de -25% à -50%
- **Narratif violet** : plus de la moitié des stations connaissent une baisse de -50% à -75%

Evolution du débit d'étiage

Par rapport à la période de référence 1976-2005 (RCP 8.5)

Evolution selon les narratifs d'Explore 2

- Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
- Changements futurs relativement peu marqués
- Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
- Fort réchauffement et forts assèchement annuel et estival

Evolution des débits estimés (en %)

- +4 +75% à +100%
- +3 +50% à +75%
- +2 +25% à +50%
- +1 +0% à +25%
- -1 -0% à -25%
- -2 -25% à -50%
- -3 -50% à -75%
- -4 -75% à -100%

■ Barrage

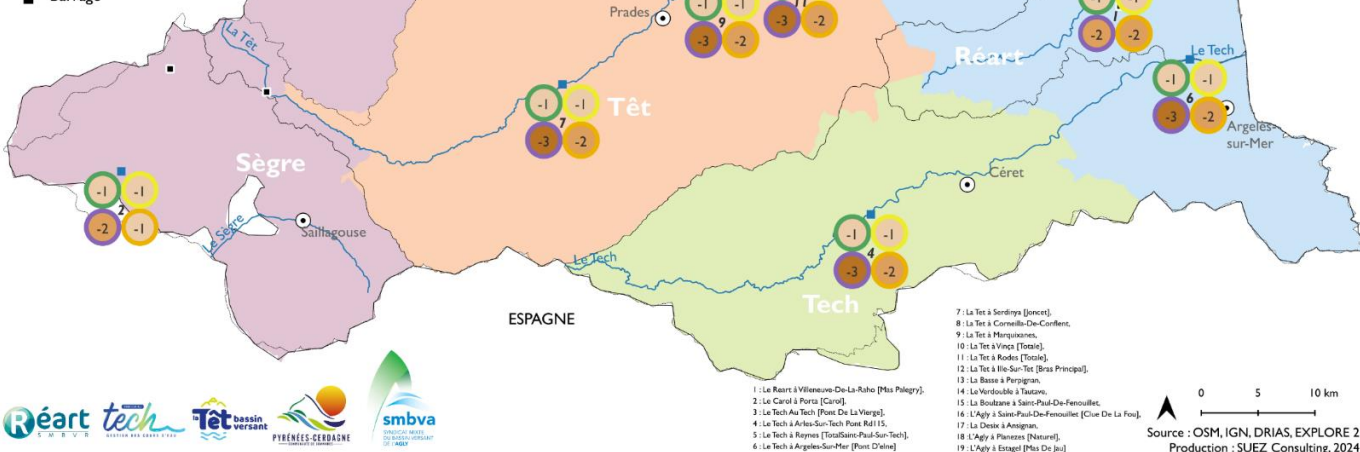


Figure 30 : Evolution des débits du VCN10_{été} (étiages d'été)

Les valeurs disposées sur la carte ci-dessus proviennent du tableau ci-dessous.

Tableau 8 : évolution des valeurs du VCN10été selon les narratifs et les stations du territoire

Débit et Narratifs	Étiages (VCN10été)				Accord des modèles	Légende
Stations	Jaune	Orange	Violet	Vert		
Le Reart à Villeneuve-De-La-Raho					↓	Evolution des débits +75% à +100% +50% à +75% +25% à +50% +0% à +25% -0% à -25% -25% à -50% -50% à -75% -75% à -100%
Le Carol à Porta (Sègre)					↓	
Le Tech Au Tech					↓	
Le Tech à Arles-Sur-Tech					↓	
Le Tech à Reynes					↓	
Le Tech à Argeles-Sur-Mer					↓	
La Tet à Serdinya					↓	
La Tet à Corneilla-De-Conflent					↓	
La Tet à Marquixanes					↓	
La Tet à Vinça					↓	
La Tet à Rodes					↓	
La Tet à Ille-Sur-Tet					X	Accord des modèles X : Pas d'accord ↓ : Accord sur une baisse ↑ : accord sur une augmentation
La Basse à Perpignan (Tet)					X	
Le Verdoube à Tautavel (Agly)					↓	
La Boulzane à Saint-Paul-De-Fenouillet					↓	
L'Agly à Saint-Paul-De-Fenouillet					↓	
La Desix à Ansignan (Agly)					↓	
L'Agly à Planezes					↓	
L'Agly à Estagel					↓	

Sur le bassin **du Sègre**, les étiages seront proches à légèrement plus faibles qu'actuellement, avec peu de différence entre les narratifs, à l'exception du narratif violet où l'impact sera plus sensible.

Sur le bassin du **Tech amont** la tendance sera sensiblement la même que sur le Sègre. Sur les cours médian et aval, les étiages seront nettement plus marqués qu'actuellement, notamment dans le narratif violet. Des affluents pourraient se retrouver régulièrement asséchés durant les périodes d'étiage.

Le bassin **amont de la Têt** sera modérément impacté à l'instar des autres sous bassins de montagne. Par contre, dès le plan d'eau des Bouillouses, le cours de la Têt est impacté par la gestion hydraulique du barrage, et c'est encore plus le cas en aval du barrage de Vinça. Malgré cela, les cours médian et aval de la Têt devraient voir une **baisse de leurs débits d'étiage**. Il en ira de même des affluents avec un **risque accru d'assec**. Le narratif violet sera particulièrement critique.

Le bassin de **l'Agly** subit déjà des étiages sévères. La situation empirera de façon plus ou moins marquée (surtout pour les narratifs orange et violet), et il y a un risque important d'assec notamment sur les cours amont. Les **étiages y seront plus longs**, potentiellement du printemps à l'automne lors des années sèches.

Le Réart connaît déjà des étiages sévères. Tous les narratifs indiquent une tendance à un durcissement des étiages, **pouvant entraîner des assèchements marqués**. Les étiages y seront plus longs, **et pourraient durer jusqu'au milieu de l'automne dans les années sèches**. Or, le Réart connaît déjà une situation quasi constante d'assec.



Le **Réart** est désormais en assec quasi constant.

À l'avenir, sous l'effet des changements climatiques, les périodes d'étiage estivales pourraient s'allonger sur les autres cours d'eau de manière significative : elles débuteraient **1 mois plus tôt** au printemps et se prolongeraient **1 mois plus tard à l'automne**.

En conséquence, ils pourraient **rester à sec jusqu'à 4 mois par an**, amplifiant les pressions sur la biodiversité locale, la disponibilité en eau pour les usages humains, et les services écosystémiques que ce cours d'eau fournit à son environnement immédiat.



L'île en assec

8.2 EVOLUTION DES ETIAGES SEVERES, AVEC UNE PERIODE DE RETOUR DE 5 ANS

Le VCN10-5 est un autre débit d'étiage. Il s'agit du minimum annuel de la moyenne sur 10 jours du débit journalier, avec une période de retour 5 ans. Il est échantillonné sur l'année hydrologique (adaptée aux étiages, donc débutant lors du mois des maximums des débits mensuels moyens). Pour le VCN10été traité plus haut est le même minimum, mais échantillonné lors de l'été uniquement. Avec sa période de retour, il est considéré comme un bon indicateur pour les étiages sévères. Ci-dessous un tableau qui indique l'évolution du débit du VCN10-5.

Tableau 9 : évolution du débit du VCN10-5

Etiage de période de retour 5 ans, évolution de la fréquence et des débits							
Stations	Jaune		Orange		Violet		Vert
Le Réart à Villeneuve-De-La-Raho	0,5	↗	2,1	↘	2,8	↘	1,2
Le Carol à Porta (Sègre)	1,2	↑	0,7	↗	3,5	↘	1,9
Le Tech Au Tech	0,3	↗	2,9	↘	3,3	↘	1,2
Le Tech à Arles-Sur-Tech	0,2	↗	2,9	↘	4,1	↓	1,6
Le Tech à Reynes	0,2	↗	2,6	↘	4,1	↓	1,7
Le Tech à Argeles-Sur-Mer	0,3	↗	3,2	↓	4,2	↓	1,8
La Tet à Serdinya	1	↗	2,6	↘	3,6	↘	2,1
La Tet à Corneilla-De-Conflent	0,8	↗	2,7	↘	3,5	↘	1,8
La Tet à Marquixanes	0,7	↗	2,8	↘	3,8	↘	1,8
La Tet à Vinça	0,7	↗	2,8	↘	3,7	↘	1,8
La Tet à Rodes	0,7	↗	2,8	↘	3,7	↘	1,8
La Tet à Ille-Sur-Tet	0,4	↗	2,8	↘	3,8	↘	2
La Basse à Perpignan (Tet)	0,4	↗	1,3	↘	2,2	↘	1
Le Verdoube à Tautavel (Agly)	2,2	↘	2,8	↘	2,8	↘	1,3
La Boulzane à Saint-Paul-De-Fenouillet	1,3	↘	3,4	↘	4	↘	1,7
L' Agly à Saint-Paul-De-Fenouillet	1,8	↘	3,6	↘	4	↘	1,8
La Desix à Ansignan (Agly)	1,5	↘	2,3	↘	3,6	↘	1,8
L' Agly à Planezes	1,2	↘	3,3	↘	4,2	↘	2,2
L' Agly à Estagel	1,3	↘	3,2	↘	2,8	↘	1,3

Légende
Fréquence
0 à 1
1,01 à 2
2,01 à 3
3,01 à 4
4,01 à 5
Débit
↑ : +50% à +100%
↗ : +0% à +50%
↘ : -0% à -50%
↓ : -50% à -100%

Par "fréquence", il est entendu que le nombre d'occurrences des étiages de période de retour 5 ans augmente par rapport à la période de référence (1976-2005). Ainsi, une fréquence de **X** signifie qu'un événement qui survenait une fois pendant la période de référence pourrait se produire **X fois** pendant la période 2041-2070.

Le **Réart** montre une augmentation de la fréquence des étiages dans les scénarios orange et violet, où les fréquences atteignent respectivement 2,1 et 2,8. Les baisses de débit associées, atteignant jusqu'à -50% soulignent une vulnérabilité qui augmente, bien que les fréquences restent plus limitées par rapport à d'autres bassins.

Les étiages sur le bassin du **Sègre** sont globalement stables sauf dans le narratif violet, une intensification significative est constatée, avec la fréquence atteignant **3,5**, accompagnée d'une diminution des débits pouvant atteindre -50%.

Dans la **Têt**, une tendance similaire se dégage de toutes les stations (sauf celle de la Basse à Perpignan), avec des narratifs jaune et vert modérés présentant une légère baisse ou augmentation de la fréquence ; et des narratifs orange et violet affichant des augmentations importantes et marquée de la fréquence. Entre 2 et 3 pour le narratif orange, et entre 3 et 4 pour le narratif violet. La station de la Basse à Perpignan, exception à la tendance générale des stations de la Têt, affiche des valeurs plus modérées, avec une fréquence de 2,2 pour le scénario violet, accompagné d'une baisse de débit pouvant aller jusqu'à -50%.

Dans l'Agly, la tendance est moins homogène mais avec des valeurs à la baisse les plus importantes, avec des fréquences dépassant la valeur 3 dans le narratif orange (-0 à -50%), et dépassant la valeur 4 dans le narratif violet (-50 à -100%), et une baisse généralisée des débits.

Tableau 10 : Evolution des dates de début et de fin des étiages d'une période de retour de 5 ans

Etiage de période de retour 5 ans, évolution des dates	Décalage du début des basses eaux d'été				Décalage de la fin des basses eaux d'été				Légende
	Jaune	Orange	Violet	Vert	Jaune	Orange	Violet	Vert	
Stations									
Le Reart à Villeneuve-De-La-Raho									Décalage du début :
Le Carol à Porta (Sègre)									+90 jrs et plus
Le Tech Au Tech									+60 à +90 jrs
Le Tech à Arles-Sur-Tech									+30 à +60 jrs
Le Tech à Reynes									+0 à +30 jrs
Le Tech à Argeles-Sur-Mer									-30 à -0 jrs
La Tet à Serdinya									-60 à -30 jrs
La Tet à Corneilla-De-Conflent									-90 à -60 jrs
La Tet à Marquixanes									-90 jrs et plus
La Tet à Vinça									Décalage de la fin :
La Tet à Rodes									+90 jrs et plus
La Tet à Ille-Sur-Tet									+60 à +90 jrs
La Basse à Perpignan (Tet)									+30 à +60 jrs
Le Verdouble à Tautavel (Agly)									+0 à +30 jrs
a Boulzane à Saint-Paul-De-Fenouillet									-30 à -0 jrs
L'Agly à Saint-Paul-De-Fenouillet									-60 à -30 jrs
La Desix à Ansignan (Agly)									-90 à -60 jrs
L'Agly à Planezes									-90 jrs et plus
L'Agly à Estagel									

Le tableau ci-dessus concerne le décalage des dates de début et de fin des étiages avec une période de retour de 5 ans.

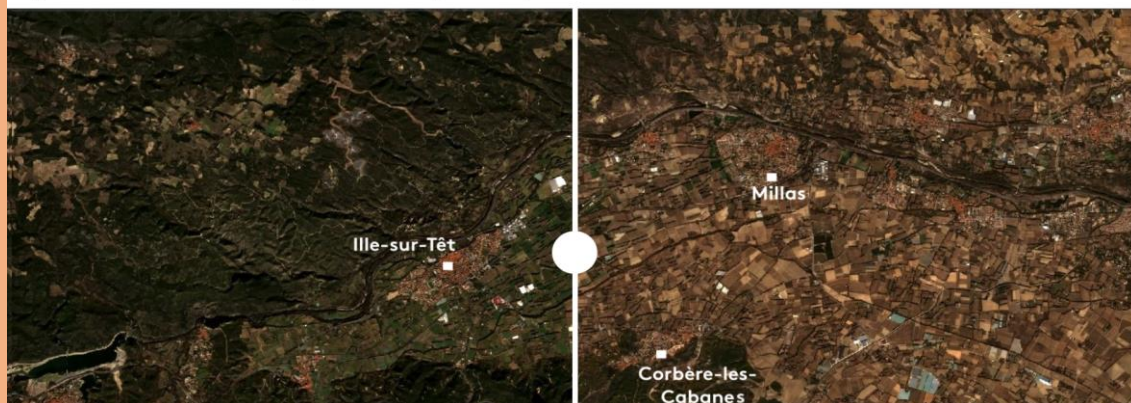
Une tendance générale est constatée : **les étiages commenceront plus tôt, et se termineront plus tard**. La valeur de ce décalage est donnée en jours. Le narratif orange prévoit les scénarios les plus alarmants avec des étiages commençants 30 à 60 jours plus tôt que lors de la période de référence, et se terminant 30 à 60 jours plus tard.

Le scénario violet reste alarmant lui aussi, avec des débuts d'étiage avancés d'un mois maximum, et des fins d'étiage retardés de 30 à 60 jours, et par moment même de 60 à 90 jours. Les stations présentent globalement une homogénéité entre elles.



On voit bien sur les images satellite de 2022 et 2024 dans la zone d'Ille-sur-Têt, de Millas ou encore de Corbère, comment avec des étiages plus longs, les parcelles agricoles et les végétations jaunissent en plein hiver. **Ce sont ces successions de stress hydrique de plus en plus long qui vont profondément affecter les milieux et les usages.**

Images satellite de Corbère-les-Cabanes (Pyrénées-Orientales) entre les 27 janvier 2022 et 2024



Les résultats montrent une **aggravation généralisée des étiages sur tous les bassins versants** étudiés, notamment dans les narratifs orange et violet. Les fréquences des étiages ayant une période de retour de 5 ans pendant la période de référence (1976-2005) augmentent significativement, avec des occurrences multipliées par 2 à 4 par rapport à la période de référence, traduisant une intensification préoccupante de ces événements sévères. Les débits associés subissent des diminutions marquées, atteignant -50 % à -100 % sur certaines stations et notamment dans le Tech. La Têt et le Sègre, bien que plus modérés dans certains scénarios, présentent également des tendances alarmantes dans le narratif violet. Par ailleurs, les étiages sont appelés à s'étirer dans le temps, **débutant jusqu'à 60 jours plus tôt et se prolongeant jusqu'à 90 jours plus tard dans les scénarios les plus critiques**, exacerbant les pressions sur les usages de l'eau, notamment en périodes de sécheresse. Cette dynamique met en lumière une vulnérabilité croissante des bassins étudiés, nécessitant des stratégies d'adaptation ambitieuses pour limiter les impacts sur les ressources et les écosystèmes.

9 VULNERABILITE DU TERRITOIRE

En gestion des risques, la **vulnérabilité** désigne « l'aptitude d'un milieu, d'un bien, d'une personne à subir un dommage à la suite d'un évènement, naturel ou anthropique ». Face aux aléas climatiques, il est question de la capacité d'un système à faire face (ou non) aux effets néfastes du changement climatique, chroniques ou ponctuels.

Cette **vulnérabilité** est le croisement entre deux valeurs :

- L'**exposition**, qui permet d'évaluer comment le climat se manifeste physiquement sur un espace géographique ;
- La **sensibilité**, qui qualifie la proportion dans laquelle le territoire exposé est susceptible d'être affecté par la manifestation d'un aléa. Elle dépend de plusieurs paramètres et elle est inhérente aux caractéristiques physiques et humaines d'un territoire.

Plus un territoire est **exposé** aux évolutions du changement climatique et plus il est déjà **sensible**, plus il est **vulnérable** au changement climatique.

Un territoire qui présente aujourd'hui des fragilités (critère sensibilité) et qui va connaître des évolutions climatiques fortes (critère exposition) sera d'autant plus vulnérable. Il devra mettre en œuvre un plan d'action pour réduire ses vulnérabilités.

Le **Plan de Bassin d'Adaptation au Changement Climatique (PBACC)** Rhône-Méditerranée 2024-2030 adopté le 8 décembre 2023 par le Comité de Bassin, donne une trajectoire pour les 6 ans à venir pour agir plus vite et plus fort dans le domaine de l'eau face à l'urgence climatique.

Il identifie 5 enjeux : la baisse de la disponibilité en eau, la perte de biodiversité aquatique et humide, l'assèchement des sols, la détérioration de la qualité de l'eau et l'amplification des risques naturels liés à l'eau.

Sur le même modèle que celui de l'analyse du PBACC, la vulnérabilité du territoire est analysée en prenant en compte les enjeux présentés :

- Baisse de la disponibilité en eau (débits moyens, étiage, recharge)
- Détérioration de la qualité de l'eau et des écosystèmes
- Risque naturel « inondation »

La grille d'analyse suivante a été utilisée afin de calculer le score de vulnérabilité :

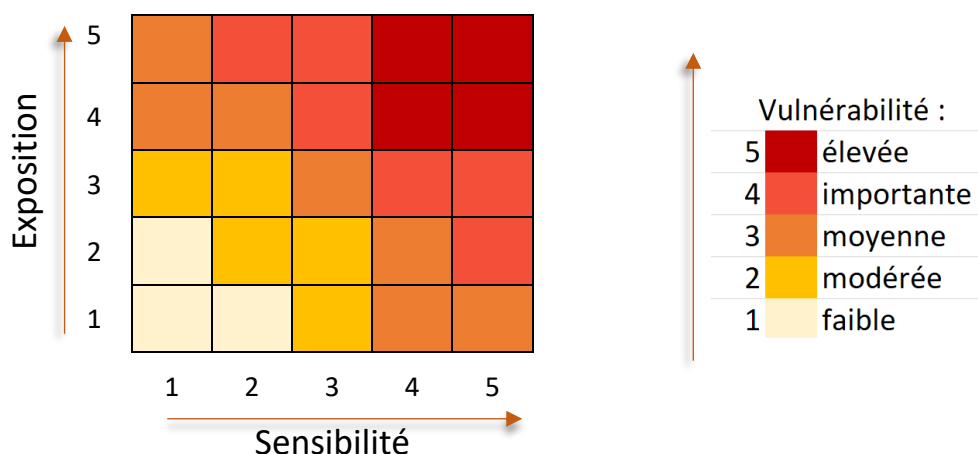


Figure 31 : Grille de vulnérabilité

9.1 CRITERES D'EVALUATION DE L'EXPOSITION

Les critères d'évaluation de la vulnérabilité sont adaptés aux indicateurs analysés :



- Critères **d'exposition** : ils sont sourcés dans les données traitées tout au long de ce rapport, principalement issus de DRIAS Eau et du projet Explore2. Pour chaque critère, **les narratifs les plus représentatifs des tendances observées ont été considérés, généralement le narratif violet ou orange**. Ci-dessous figure un tableau avec les critères inclus dans le calcul de l'exposition de chaque enjeu.

Afin d'obtenir la note finale d'exposition de chaque enjeu, la valeur maximale entre les différents critères qui le composent est retenue.



- Critères **de sensibilité** : le score de sensibilité a été inspiré depuis le rapport PBACC de l'AERMC, réévalué selon les enseignements du rapport d'état des lieux de phase 1, et enrichi par l'analyse des experts des thématiques liés aux enjeux du territoire, avec un principe de stationnarité de ces usages dans le temps.

Tableau 11 : Critères d'évaluation du score d'exposition

Enjeux du territoire	Baisse de la disponibilité en eau	Détérioration de la qualité de l'eau et des écosystèmes	Amplification de l'aléa « inondation »
Exposition	Variation des débits moyens annuels Variation du QMNA Variation de la recharge Variations du VCN10 ^{été} Variation de la fréquence et du débit de l'étiage considéré aujourd'hui comme ayant une période de retour de 5 ans Variation de la durée des étiages (décalage du début et de la fin)	Variation du VCN10 ^{été} Variation de la température des cours d'eau Appréciation qualitative de l'évolution de la qualité de la ressource Appréciation qualitative de l'évolution de la qualité des écosystèmes	Variation des précipitations extrêmes (q99) Variation de la fréquence et du débit de la crue considérée aujourd'hui "décennale" Variation du QJXA

9.2 EVALUATION DE LA VULNERABILITE

Les notations de la vulnérabilité **V** ont été analysées pour les différents bassins versants, au regard des différents indicateurs d'exposition **E** et de sensibilité **S**.

Enjeux du territoire	SEGRE			TET			TECH			AGLY			REART		
	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V
Baisse de la disponibilité en eau à l'étiage	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	1	1
Détérioration de la qualité de l'eau et des écosystèmes (dont Zones Humides)	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5
Risque naturel « inondation »	3	-	3	4	-	4	4	-	4	4	-	4	5	-	5

Tableau 12 : Score de vulnérabilité des bassins versants

9.2.1 BAISSÉ DE LA DISPONIBILITÉ EN EAU À L'ÉTIAGE

EXPOSITION

L'exposition du territoire au manque de ressource en eau, dépend de :

La **diminution des débits d'étiage** se traduit par une exposition accrue des bassins versants, influençant directement la capacité à satisfaire les usages en période de basses eaux. Les principaux indicateurs, tels que la variation du VCN10 (débit d'étiage minimal sur 10 jours) en période estivale, montrent des baisses marquées.

Durées et fréquences des étiages : l'allongement des périodes d'étiage entraîne un décalage des débuts et fins de ces phases critiques, accentuant les contraintes sur les ressources disponibles.

Recharge des nappes : les nappes de la plaine du Roussillon, qui fournissent environ **40 millions de m³ par an** (dont deux tiers issus du Pliocène), subissent selon les scénarios, soit une baisse soit une hausse de la recharge et donc un impact incertain sur la disponibilité de cette ressource.

En conséquence, les bassins tels que celui de l'Agly, qui repose fortement sur un fonctionnement karstique avec des transferts rapides entre rivières et nappes, montrent une exposition critique, tandis que le bassin du Réart, déjà soumis à des assecs fréquents, voit son aléa s'accroître.

La disponibilité des ressources en eau dans l'ensemble des bassins versants et nappes souterraines du territoire fait face à une **exposition aux aléas climatiques incertaine sur l'année mais une exposition certaine croissante pendant les étiages**.

Ces baisses s'inscrivent dans un contexte de variations significatives selon les indicateurs : les QMNA (Quantités Moyennes de Débit Annuel), les durées d'étiage et les fréquences des étiages critiques tendent à montrer des évolutions défavorables.

SENSIBILITÉ

En ce qui concerne la **sensibilité**, des **contrastes plus notables** sont à relever entre les territoires, en fonction des secteurs économiques.

D'abord, pour l'eau potable, en 2021, **49 080 000 m³** ont été prélevés pour l'alimentation en eau potable, dont **40 millions de m³** proviennent des nappes de la plaine du Roussillon. Sur les **30 223 006 m³ consommés** (hors pertes), les résidences principales représentent **76 %**, les nuitées touristiques **18 %** (soit **5 302 500 m³**), et les activités économiques **6 %**.

La saisonnalité de la population représente une autre source de sensibilité. L'ouest du bassin de la Têt et les zones côtières, particulièrement en été, sont identifiées comme des points critiques, où la demande dépasse les capacités de prélèvement durable.

Les rendements bas des réseaux, avec des valeurs pondérées allant de **60 % dans le bassin versant de la Têt à 74 % dans le bassin du Tech**, constitue un défi supplémentaire, augmentant les pertes et réduisant l'efficacité de l'approvisionnement.

Par ailleurs, l'agriculture, principal utilisateur des ressources en eau, illustre la forte dépendance du territoire à l'eau disponible : la vigne, culture emblématique, nécessite **4 500 à 5 500 m³/ha/an**, tandis que les grandes cultures en consomment **4 000 à 5 000 m³/ha/an**. Grâce aux **900 km de canaux d'irrigation sur le bassin de la Têt**, **6 300 ha sont irrigués**, la gestion de l'eau agricole repose sur une infrastructure étendue, mais vulnérable à la baisse des débits. Le secteur agricole dépend grandement de ces prélèvements qui oscillent entre **250 et 350 millions de m³/an**.

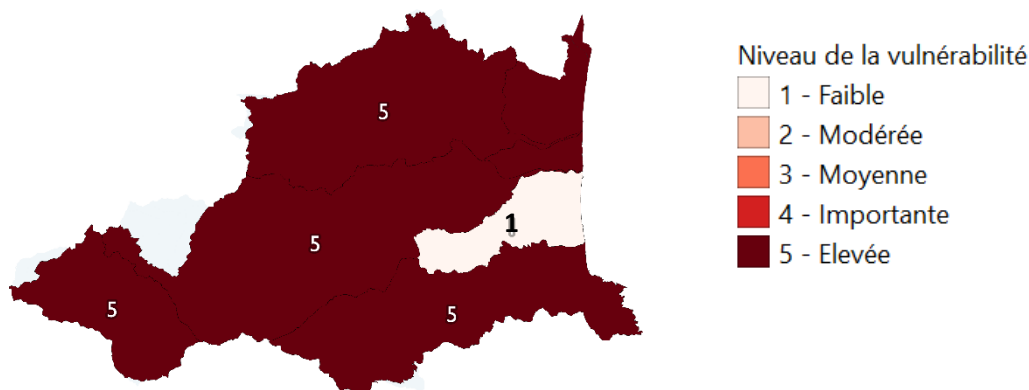
D'une autre part, le territoire compte **30 installations hydroélectriques**, principalement concentrées sur la Têt (**15 installations**) et le Tech (**6 installations**), avec des volumes turbinés significatifs, atteignant **1 028 millions de m³ en 2020**. Cependant, les impacts locaux de ces centrales, tels que le court-circuitage de **58 km de tronçons sur la Têt**, aggravent les tensions entre les usages et la continuité écologique. Et un manque quantitatif de la ressource en eau prolongé en période d'étiage, pourrait mettre en difficulté, voire en péril, la production d'énergie provenant d'installations hydroélectriques.

Enfin, le tourisme et les loisirs dans la zone d'étude dépendent énormément de la disponibilité de la ressource. Avec **30,3 millions de nuitées touristiques enregistrées en 2022**, le secteur du tourisme exerce une pression saisonnière sur les ressources, en :

- En consommant de l'eau potable, les nuitées touristiques consomment **175 litres/nuitée**, générant une demande significative en période estivale.
- **Activités aquatiques** : La réduction des débits limite les parcours de rafting, canyoning, et pêche, fragilisant les activités économiques locales et les écosystèmes aquatiques.
- **Le tourisme de montagne en hiver, principalement dans le Sègre, est extrêmement sensible au manque des précipitations solides, et à la hausse des températures qui provoque une fonte précoce.**

Pour la **baisse de la disponibilité en eau**, le croisement de l'**exposition (E)** aux évolutions du changement climatique et de la **sensibilité (S)**, donne la **VULNERABILITE (V)** au changement climatique suivante pour chacun des bassins versant :

	SEGRE			TET			TECH			AGLY			REART		
	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V
Baisse de la disponibilité en eau à l'étiage	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	1	1



Sur le bassin versant du **Tech**, l'impact sur les débits moyens est plus marqué que sur le bassin du Sègre, où les étiages semblent relativement moins sensibles. Néanmoins, l'ensemble du territoire subit une forte pression sur ses ressources en eau, exacerbée par les changements climatiques et les usages anthropiques croissants.

Les bassins versant du **Tech, de la Têt et du Sègre** présentent une **sensibilité importante**. La baisse de la disponibilité en eau à l'étiage viendra impacter ces territoires : les usages de l'eau y sont importants, comme par exemple l'agriculture qui représente la majorité des prélèvements en eau effectués sur les bassins versants, via notamment d'importants réseaux de canaux d'irrigation. La baisse de la disponibilité en eau à l'étiage viendra impacter directement et de façon importante tous les usages de l'eau sur ces bassins versants. Leur **vulnérabilité élevée**.



Le débit naturel moyen interannuel de la **Têt**, mesuré au niveau du barrage de Vinça, s'élève actuellement à environ **12,2 m³/s**. Si ce débit venait à diminuer de 25 % (hypothèse des narratifs violet et orange), il chuterait alors à environ **9,15 m³/s** à horizon 2070.

Cette baisse marquée **rendrait le territoire vulnérable** pour l'approvisionnement en eau des usages agricoles, industriels et domestiques : dénoisement des prises d'eau, inadaptation des systèmes de pompage, inadaptation des systèmes de distribution ...



Repère de crue sur la Têt à Ille sur Têt

Le bassin versant de l'**Agly** est encore plus sensible du fait du caractère karstique d'une grande partie du territoire qu'il couvre. Le karst joue un rôle important dans son fonctionnement : transferts rapides entre rivière et nappe, faible inertie face aux changements. Les usages de l'eau seront encore plus impactés. La **vulnérabilité de l'Agly est élevée**.

A l'inverse, la sensibilité du **Réart** et donc sa **vulnérabilité sont faibles**. Ce bassin versant rencontre déjà des assecs quasi permanents. Ceux-ci s'accentueront et viendront amplifier un comportement déjà marqué par des étiages et assecs sévères. Cependant, il représente le bassin versant avec **le moins de prélèvements pour les usages**, ce qui le rend moins sensible que les autres bassins versants, et donc bien que l'aléa soit important, la note de la sensibilité fait baisser celle de la vulnérabilité totale du territoire du bassin versant.



Depuis 2017, plusieurs arrêtés de restrictions des usages de l'eau ont été mis en œuvre sur le territoire. Ces restrictions concernaient quelques sous-bassins versant, à des niveaux de restrictions divers et sur quelques mois.

En **2023**, une grande partie du département des Pyrénées-Orientales a été placé en situation de **«crise sécheresse» pendant plus d'un an consécutif**, obligeant les autorités locales à interdire certains usages comme l'arrosage des jardins, le remplissage des piscines et même certaines activités agricoles non prioritaires.

La **« situation de crise »**, qui impose des restrictions aujourd'hui exceptionnelles sur l'utilisation de l'eau, **pourrait devenir de plus en plus fréquentes** à mesure que le changement climatique accentue les pressions sur les ressources hydriques.

PRÉFET DES PYRÉNÉES-ORIENTALES

Principales mesures de restriction en eau à respecter dans les Pyrénées-Orientales

Niveau : CRISE

STOP !

Mesures d'interdiction des usages

- Interdiction d'arroser les pelouses, ronds-points, jardins et massifs fleuris. Le maire peut autoriser l'arrosage des arbres et arbustes plantés en pleine terre de 17h à 21h, sous réserve de la mise en place d'un paillage végétal.
- Interdiction d'arroser les potagers. Autorisé de 17h à 19h.
- Interdiction d'arroser les terrains de sport. Autorisé 2 nuits par semaine.
- Interdiction d'arroser les golfes. Sauf de 17h à 21h avec de l'eau issue d'un processus de réutilisation.
- Interdiction de nettoyer à grande eau les terrasses, façades et voiries. Sauf en cas de travaux. Balayeurs-laveuses automatiques autorisées.
- Interdiction de laver les véhicules. Sauf en station de lavage avec système de recyclage de l'eau.
- Interdiction de laver les embarcations. Sauf impératif sanitaire et charte de gestion du port.
- Arrêt des prélèvements agricoles. Sauf pour la sauvegarde de l'outil de production dans des conditions prévues par l'arrêté préfectoral.
- Interdiction de créer ou d'approfondir un forage. Sauf destiné à l'eau potable.
- Interdiction de remplir et de faire l'appoint des piscines à usage privé. Sauf impératif de sécurité.
- Limiter sa consommation à l'échelle individuelle et adopter les éco-gestes.

Pour tous les usages, l'utilisation d'eau de pluie, d'eau de mer et des eaux issues du recyclage manuel des eaux domestiques n'est pas concernée par les mesures de restriction.

Toutes ces mesures font l'objet de contrôles réguliers

VigiEau Pour s'informer sur la sécheresse et les mesures de restrictions

Plateforme Visi'Eau 66 Pour suivre en temps réel l'état des ressources dans le département

Conception et réalisation : ECHN&S - Version Octobre 2024

9.2.2 DETERIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU ET DES ECOSYSTEMES

SENSIBILITE

Concernant la **sensibilité** :

- **Sègre, Têt amont et Tech amont** ont une **sensibilité élevée (5)** car ce sont des écosystèmes déjà particulièrement vulnérables
- **Tech et Têt médian et aval** ont une **sensibilité importante (4)** car il y a des écosystèmes partiellement dégradés pour certains et plutôt préservés pour d'autres, et ils ne sont pas forcément tous adaptés à supporter les effets du changement climatique en cours.
- **L'Agly** a une **sensibilité importante (4)** car les écosystèmes aquatiques sont déjà en partie dégradés et en partie adaptés à cette dégradation.
- **Le Réart** a une **sensibilité modérée (2)** car il est déjà très dégradé avec des assecs très fréquents.

EXPOSITION

Pour la **variation du VCN10 été** (débit d'étiage estival), les écosystèmes aquatiques des différents bassins présentent une **exposition variable** selon les cours d'eau :

- **Sègre, Têt amont et Tech amont** : ces bassins présentent une **exposition maximale (5)** à la variation du VCN10 été en raison de l'équilibre précaire des débits naturels d'étiage, combinés à des impacts directs liés au changement climatique, tels que la diminution des apports nivaux et la hausse des températures. La fonte précoce des neiges entraîne une réduction des volumes disponibles en été.
- **Tech et Têt médian et aval** : ces cours d'eau montrent une **exposition importante (4)** à la variation du VCN10 été. Les régulations par les barrages (Bouillouses et Vinça pour la Têt) permettent de soutenir partiellement les débits en étiage, mais les écosystèmes restent affectés par les étiages prolongés et une réduction globale des débits.
- **Agly** : l'exposition à la variation du VCN10 été est **maximale (5)** en raison de l'étiage sévère récurrent et des impacts cumulés des usages anthropiques.
- **Réart** : L'exposition est **importante (4)** du fait des assecs quasi permanents qui accentuent les tensions hydrologiques en été. Bien que déjà fortement impactés, ces écosystèmes restent sensibles aux évolutions du débit minimal.

Pour la **variation de la température des cours d'eau**, la hausse des températures représente une exposition importante pour l'ensemble des hydrosystèmes, avec des différences selon les bassins:

- **Sègre, Têt amont et Tech amont** : l'exposition est **élevée (5)** en raison de la spécificité des écosystèmes de montagne, caractérisés par des espèces adaptées aux eaux froides. Une augmentation des températures impacte directement ces écosystèmes en altérant les conditions thermiques et en menaçant les espèces sensibles.
- **Tech et Têt médian et aval** : l'exposition est **importante (4)**. Ces secteurs, bien qu'ayant des écosystèmes plus robustes, subissent une hausse des températures qui, combinée à des débits réduits, amplifie les dégradations de la qualité de l'eau.
- **Agly** : l'exposition est **importante (4)** car les écosystèmes subissent déjà une augmentation de la température des eaux, mais restent partiellement adaptés aux changements observés.
- **Réart** : l'exposition est **élevée (5)** car la faible disponibilité hydrique et l'état dégradé des écosystèmes aggravent les impacts de la hausse des températures sur la qualité et la biodiversité aquatique.

Pour ce qui est de l'évolution de la qualité de la ressource :

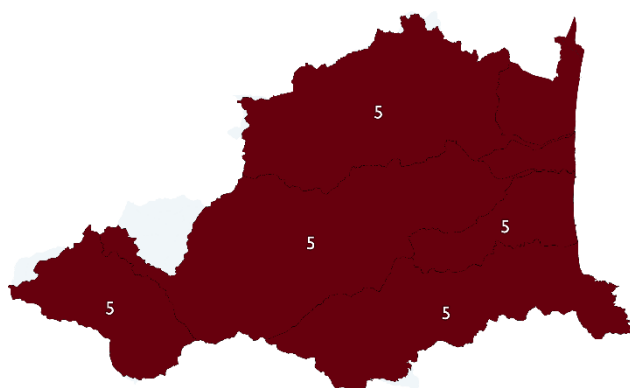
- **Sègre, Têt amont et Tech amont** : l'exposition est **élevée (5)** en raison des risques liés à l'érosion des sols et au ruissellement accru, impactant directement la qualité des eaux de montagne. Les écosystèmes sensibles des zones humides (tourbières, lacs d'altitude) sont particulièrement vulnérables.
- **Tech et Têt médian et aval** : l'exposition est **importante (4)** car les impacts anthropiques (prélèvements et rejets) dégradent la qualité de l'eau, bien que les écosystèmes montrent une certaine capacité d'adaptation.
- **Agly** : l'exposition est **élevée (5)** en raison de la sensibilité accrue à la pollution et à la sécheresse, qui amplifient la dégradation de la qualité de la ressource.
- **Réart** : L'exposition est **importante (4)** du fait d'une qualité de l'eau déjà altérée par les étiages prolongés et les assèchs.

Enfin concernant l'évolution des écosystèmes :

- **Sègre, Têt amont et Tech amont** : l'exposition est **maximale (5)** car les écosystèmes sont adaptés à des conditions très précises (eaux froides, peu nutritives). Toute modification de leur équilibre entraîne des impacts majeurs sur la biodiversité.
- **Tech et Têt médian et aval** : l'exposition est **importante (4)**. Les écosystèmes montrent une certaine résilience, mais restent affectés par les modifications hydrologiques et qualitatives des eaux.
- **Agly** : l'exposition est **élevée (5)** en raison des étiages sévères et de la pollution, qui menacent directement les écosystèmes aquatiques.
- **Réart** : l'exposition est **importante (4)** car les écosystèmes, bien que fortement dégradés, restent sensibles à des changements hydrologiques.

Pour la **détérioration de la qualité de l'eau des écosystèmes**, le croisement de l'**exposition (E)** aux évolutions du changement climatique et de la **sensibilité (S)**, donne la **VULNERABILITE (V)** au changement climatique suivante pour chacun des bassins versant :

	SEGRE			TET			TECH			AGLY			REART		
	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V
Détérioration de la qualité de l'eau et des écosystèmes (dont Zones Humides)	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5



Niveau de la vulnérabilité

- 1 - Faible
- 2 - Modérée
- 3 - Moyenne
- 4 - Importante
- 5 - Elevée

La qualité des eaux et les écosystèmes de l'ensemble des bassins amont de montagne (Sègre, Tech, Têt) subiront une **exposition** marquée découlant d'une hausse des températures et de la fonte précoce des neiges. Cela s'accompagnera d'une hausse du ruissellement et de l'érosion des sols. Le niveau d'exposition est donc maximal.

Or ces écosystèmes sont **sensibles** car ils sont en équilibre précaire avec leur environnement de montagne et comportant des espèces adaptées et spécifiques aux eaux froides et d'écosystèmes pauvres en éléments nutritifs. Ces écosystèmes de zones humides (tourbières, lacs d'altitudes, cours d'eau de tête de bassins versants) sont donc très sensibles à des aléas. De facto, cela conduit à une **vulnérabilité maximale sur ces écosystèmes** de montagne.

Le **Sègre** est le bon exemple de ce type de bassin versant, et est naturellement classé en vulnérabilité 5.

Les **cours médian et aval du Tech et de la Têt** sont soutenus par les débits venant des montagnes. Dans le cas de la Têt il y a en plus les grands barrages qui soutiennent le débit du cours d'eau principal. En revanche, ces cours d'eau subissent des impacts anthropiques (prélèvements, rejets) qui, avec la régulation des barrages (Bouillouses, Vinça) dans le cas de la Têt, provoquent une dégradation de la qualité de l'eau. Par ailleurs les affluents des cours médian et aval subiront des étiages marqués, voir des assecs. De fait, l'**exposition** de la Têt et du Tech est de niveau 5, maximal. Cependant, les écosystèmes aquatiques des cours médian/aval de la Têt et du Tech sont plus robustes aux étiages sévères et aux pollutions qu'ils subissent déjà aujourd'hui. Leur **sensibilité** est classée de niveau 4. En croisant l'exposition à la sensibilité, il en résulte une **vulnérabilité maximale**. Elle l'est sur l'amont, mais elle l'est aussi sur l'aval, du fait notamment des effets majeurs attendus sur l'hydrologie et la qualité des eaux.

L'**Agly** est un cours d'eau particulièrement exposé à un impact fort sur l'hydrologie, qui, en cascade, conduira à une dégradation de la qualité de l'eau. L'**exposition** est donc maximale. Cependant, les écosystèmes sont plus robustes aux étiages sévères et à une certaine pollution, ce qui classe la **sensibilité** à 4. Au global, la sévérité des étiages et le risque d'assec concourent à une **vulnérabilité maximale**.

Le **Réart** est un cours d'eau exposé à des étiages très sévères, et à une dégradation de la qualité de l'eau. L'**exposition** est donc maximale. Par ailleurs, les écosystèmes subissent déjà des étiages faibles et une qualité d'eau dégradée. Ils ne supporteront pas facilement une dégradation supplémentaire majeure. De fait la **sensibilité** est classée 5, ce qui conduit à une **vulnérabilité maximale**.



Les **débits d'étiage devraient diminuer** sur tout le territoire, de parfois jusqu'à **75%** en comparaison avec le débit d'étiage de référence, avec des valeurs maximales affichées dans quelques stations du Tech, de la Têt et de l'Agly.

Ces périodes d'étiages démarreront **plus tôt de jusqu'à 2 mois**, et s'arrêtant parfois jusqu'à **3 mois plus tard**. Ces décalages donneront des périodes d'étiage beaucoup plus longues que la référence.

En effet, le Réart est désormais en assec quasi constant. Cette situation pourrait se refléter sur le reste du territoire.

En termes d'écosystèmes aquatiques, une réduction aussi importante du débit **limiterait les habitats disponibles** pour de nombreuses espèces aquatiques, réduisant leur résilience face aux changements climatiques. Elle accentuerait également les périodes de faibles écoulements, augmentant le risque d'assèchement de certains tronçons et **perturbant les fonctions écologiques essentielles de la rivière**.

L'Ille en assec (affluent du Réart)



9.2.3 RISQUE NATUREL « INONDATION »

La sensibilité face à une inondation étant la même quelle que soit la localisation de l'enjeu considéré, il a seulement été retenu le critère d'exposition dans le calcul de vulnérabilité afin de mettre en lumière les impacts du changement climatique sur ce risque.

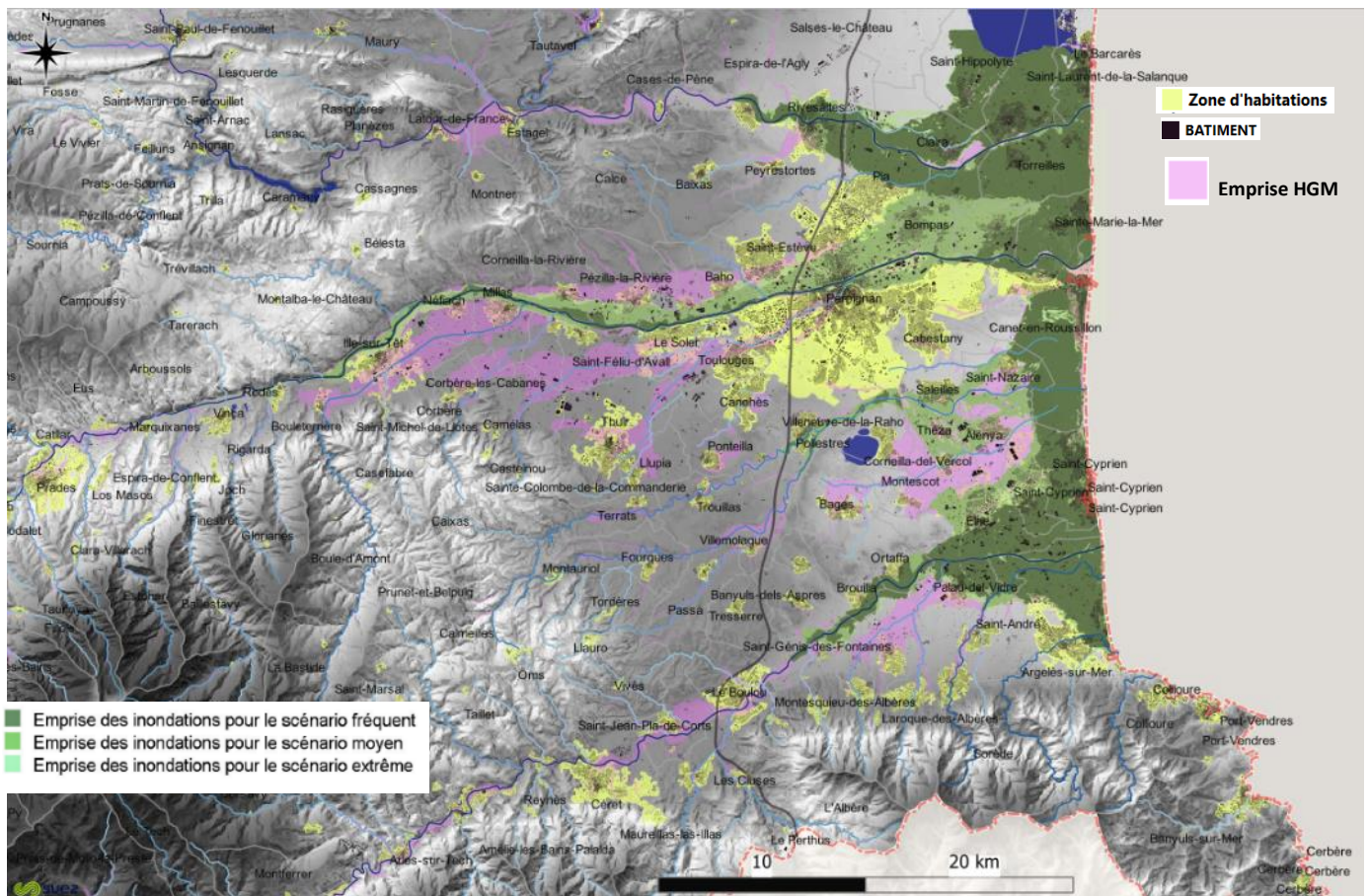


Figure 32 : Carte de synthèse des emprises des inondations et hydrogéomorphologie - TRI Perpignan - Saint Cyprien

Nota : les cartographies sont partielles car elles ne tiennent pas compte de tous les cours d'eau ni de tous les phénomènes de concomitances de crues.

- Relativement aux enjeux actuels :

Nous pouvons rappeler que tous les territoires, sauf celui du Sègre, sont couverts au niveau des zones les plus densément habitées, par le **Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI)** de Perpignan-Saint-Cyprien (aléas de submersion marine⁵ et de débordements de cours d'eau). On y recense 43 communes regroupant 312 573 habitants permanents, et une population saisonnière s'élevant à plus de 350 000 habitants. Les 9 communes littorales, couvrant les plaines inondables et d'interfluvies des 4 fleuves principaux (Agly, Têt, Réart et Tech, ainsi que les fleuves Côtiers des Albères) **sont tout particulièrement exposées** en raison de leur **attrait majeur pour les populations saisonnières**, y compris en arrière-saison, lorsque les crues majeures ont une probabilité d'occurrence maximale (Automne).

⁵ Pour rappel, l'aléa submersion marine n'est pas traité dans la présente étude.

- **Relativement aux intensités et aux fréquences des aléas inondations et ruissellements futurs :**

Une augmentation des précipitations extrêmes a été observée et est projetée, associée à une **réduction de l'humidité** du sol avant les précipitations.

L'augmentation de l'intensité et de l'occurrence des précipitations intenses, ne se traduit pas par une hausse généralisée des crues. Pour certains bassins méditerranéens, l'augmentation des fortes précipitations, combinée à un nombre réduit de jours de pluie et une évapotranspiration plus intense pourrait diminuer la teneur en eau du sol, réduisant ainsi le ruissellement.

En revanche, **des pluies plus intenses**, notamment de courte durée, **dans des zones urbanisées et imperméables**, ou encore sur **des sols nus soumis à des phénomènes de battance**⁶, augmenteront le ruissellement de surface et donc l'ampleur des inondations.

- **Relativement à l'analyse des saisonnalités des phénomènes de crues :**

Les inondations ont tendance à se produire plus tôt dans l'année, à hauteur en moyenne d'un mois. De ce fait, **les territoires à forts attrait touristiques**, dont les communes littorales, **verront leurs expositions et leur vulnérabilité augmenter**, non seulement à cause des intensités des crues, mais également des concomitances augmentées avec les périodes à fortes concentrations touristiques.



Prenons l'exemple de la crue survenue en **janvier 2020 sur le Tech**, au niveau d'Amélie-les-Bains. Cet événement exceptionnel, caractérisé par un débit et une intensité remarquable, pourrait devenir beaucoup plus fréquent à l'avenir.

Selon les projections climatiques, d'ici 2070, un épisode de ce type pourrait être jusqu'à **4 fois plus probable qu'aujourd'hui**.

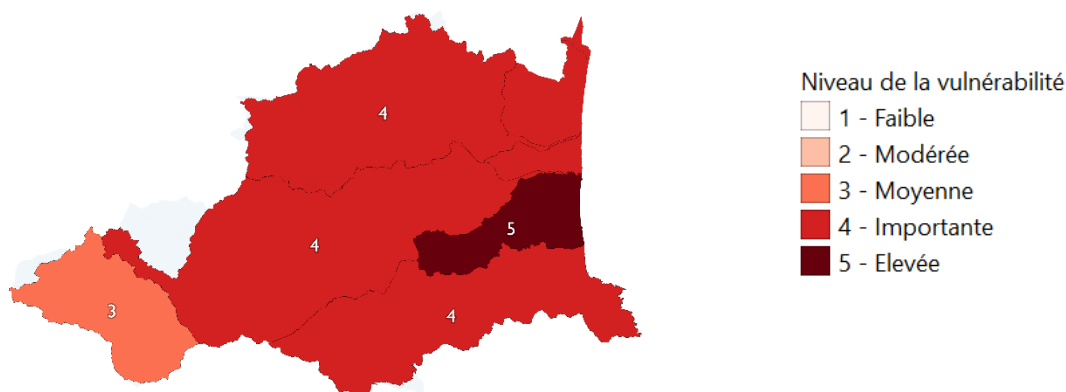
En d'autres termes, des crues qui étaient auparavant considérées comme rares pourraient se produire régulièrement, augmentant les risques pour les infrastructures, les habitations et les écosystèmes riverains.



Figure 33 : Crue du Tech à Amélie-les-Bains, en janvier 2020

⁶ Sous l'action des pluies, la surface du sol passe d'un état fragmentaire poreux et meuble à un état plus continu et compact. La couche superficielle forme une croûte de battance qui diminue la vitesse d'infiltration donc favorise le ruissellement.

	SEGRE			TET			TECH			AGLY			REART		
	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V	E	S	V
Risque naturel « inondation »	3	-	3	4	-	4	4	-	4	4	-	4	5	-	5



Ainsi **les territoires couverts par le Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI)** de Perpignan-Saint-Cyprien, que ce soit pour l'Agly, la Têt, le Réart ou le Tech et les Côtiers des Albères, seront **les plus vulnérables**.

Enfin, **l'ensemble du territoire**, et notamment **tous les secteurs urbains**, quels que soient leurs emplacements, seront **plus vulnérables à l'aléa ruissellement** : la vulnérabilité sera accrue sur les versants et quartiers à forts taux d'imperméabilisation, ou encore sur les sols nus.

A l'échelle des territoires, la **vulnérabilité au risque inondation du bassin versant du Réart est plus forte** compte-tenu :

- Du **régime de crue plus sensible aux pluies courtes** (comparable à un oued, avec des temps de concentration plus réduits que les 3 autres grands fleuves du fait de sa superficie plus faible et sa pente depuis le massif des Aspres),
- Mais également **d'une occupation des sols favorables à l'augmentation des ruissellements, liés** :
 - À l'assèchement et aux érosions des sols (sols souvent nus dans les versants viticoles du massif des Aspres, engendrant transport solide et atterrissements)
 - À l'attractivité du territoire dans sa partie terminale (communes littorales) et en bordure de l'étang de Canet Saint Nazaire, secteurs en interfluve avec la Têt au Nord et le Tech au sud.

Cette vulnérabilité accrue est également observable sur les sous bassins versants présentant les mêmes typologie (temps de concentrations courts et occupations / évolutions des sols conduisant à augmenter les ruissellements). On pense naturellement aux côtiers des Albères par exemple.

A l'inverse, le territoire du Sègre ressort comparativement moins vulnérables, compte-tenu qu'il n'y a pas de convergence de résultats, que ce soit en intensité ou en fréquence de survenue pour un aléa fréquent (QJX10). Le régime de crues (nival), les variations des intensités de pluies extrêmes moins marquées, ainsi que la faible urbanisation du territoire expliquent cette moindre vulnérabilité.

9.3 SYNTHÈSE DE LA VULNÉRABILITÉ PAR BASSIN VERSANT

9.3.1 LE SÈGRE

Le Sègre est particulièrement exposé à une baisse significative de la disponibilité en eau à l'été.

La qualité des eaux sera fortement affectée par la hausse des températures estivales et l'érosion des sols en altitude. Certaines espèces, comme la truite fario, dépendent d'eaux froides, et de nombreuses autres sont spécifiques à des écosystèmes oligotrophes. Cela entraînera un risque majeur de dégradation des écosystèmes des zones humides, notamment les tourbières à Sphaignes, qui sont particulièrement fragiles. La vulnérabilité des zones humides de ce territoire est donc jugée maximale.

Concernant le risque d'inondation par débordement des cours d'eau, la vulnérabilité du territoire reste incertaine. En effet, l'absence de convergence dans les projections sur l'intensité et la fréquence des crues ne permet pas de tirer de conclusions claires. Le régime de crues, principalement nival, ainsi que des variations des précipitations extrêmes moins marquées que dans le reste du département, et la faible urbanisation du territoire, contribuent à une vulnérabilité relativement faible dans ce domaine.

9.3.2 LA TÊT

La Têt présente une forte vulnérabilité liée à la baisse de la disponibilité en eau à l'été. Concernant la qualité des eaux et les écosystèmes, la vulnérabilité varie selon les zones du bassin versant. La partie amont, plus sensible aux variations de température, subira des impacts similaires à ceux observés pour le Sègre. En aval, la qualité des eaux sera dégradée par une combinaison de facteurs : moindre dilution des pollutions, hausse des températures, diminution de l'oxygénation, gestion des grands barrages, et migrations d'espèces à partir de Vinça. Ces impacts pourraient conduire à des assecs sur certains affluents. Les écosystèmes de zones humides, bien que plus robustes dans les cours aval, resteront très vulnérables face à ces pressions multiples.

Le bassin versant de la Têt est particulièrement exposé au risque d'inondation par débordement des cours d'eau, notamment dans la plaine du Roussillon, l'interfluve avec l'Agly, et l'agglomération de Perpignan. Cette vulnérabilité est déjà caractérisée sur les communes incluses dans le TRI Perpignan-Saint-Cyprien, en particulier dans les zones littorales. Sur l'ensemble du territoire, les affluents traversant les zones urbaines et les surfaces imperméabilisées accentueront la vulnérabilité liée au ruissellement. Les versants et quartiers présentant une forte imperméabilisation ou des sols dénudés seront particulièrement touchés.

9.3.3 LE TECH

Le bassin versant du Tech est particulièrement vulnérable à la diminution de la disponibilité en eau à l'été.

Concernant la qualité des eaux et des écosystèmes, la vulnérabilité varie selon les zones. En amont, les impacts seront similaires à ceux observés pour le Sègre, avec une sensibilité accrue aux variations de température. Dans les parties médianes et aval, la qualité des eaux sera dégradée par plusieurs facteurs combinés : réduction de la dilution des pollutions, hausse des températures et diminution de l'oxygénation des eaux. Ces impacts pourraient entraîner des assecs sur certains affluents, rendant les écosystèmes de zones humides particulièrement vulnérables, y compris dans les cours aval où les écosystèmes sont généralement plus robustes.

En ce qui concerne le risque d'inondation par débordement de cours d'eau, la vulnérabilité est renforcée, particulièrement dans la plaine du Roussillon (des Albères à l'étang de Canet-Saint-Nazaire), les versants des Albères et ceux de la côte Vermeille. Ces zones sont déjà identifiées comme sensibles dans le TRI Perpignan-Saint-Cyprien, notamment dans les communes littorales. Les petits cours d'eau en zones urbaines, les côtiers et leurs versants contribueront à accroître la vulnérabilité des territoires, en raison des ruissellements et débordements amplifiés par l'imperméabilisation des surfaces et la dégradation des sols.

9.3.4 L'AGLY

L'Agly est fortement vulnérable à la baisse de la disponibilité en eau à l'étiage. La nature karstique d'une grande partie du bassin versant, qui favorise des transferts rapides et une faible inertie, accentuera les déséquilibres hydriques.

Le bassin est particulièrement sensible aux étiages, qui s'aggraveront de manière significative, avec un risque élevé d'assecs marqués sur les affluents. Ces étiages, combinés à la concentration des pollutions, à la hausse des températures et à la réduction des teneurs en oxygène dissous, exerceront une forte pression sur les espèces aquatiques et les écosystèmes des zones humides, rendant l'ensemble extrêmement vulnérable au changement climatique.

Par ailleurs, le bassin versant de l'Agly est également sensible au risque d'inondation par débordement de cours d'eau, en particulier dans la plaine de la Salanque et son interfluve avec la Têt. Ce risque, déjà documenté dans le cadre du TRI Perpignan-Saint-Cyprien, est particulièrement marqué sur les communes littorales. L'imperméabilisation croissante et la mise à nu des sols viendront encore accroître la vulnérabilité sur les versants et dans les zones urbanisées.

9.3.5 LE REART

Bien que le Réart soit fortement exposé à la baisse de la disponibilité en eau à l'étiage, sa sensibilité reste relativement faible en raison des assecs permanents de ses rivières principales et du faible volume de prélèvements effectués sur ce bassin versant.

Cependant, le Réart est déjà un système fortement perturbé, caractérisé par des étiages sévères et une qualité des eaux dégradée. La diminution des débits d'étiage, l'augmentation des températures, et l'eutrophisation croissante devraient entraîner une dégradation chronique des écosystèmes aquatiques. Malgré la robustesse de certaines espèces présentes, cette dégradation pourrait provoquer une vulnérabilité accrue des zones humides, avec des épisodes de mortalité piscicole à redouter.

Comme pour les autres bassins versants couverts par le TRI Perpignan-Saint-Cyprien, la vulnérabilité au risque d'inondation par débordement de cours d'eau augmentera. De plus, l'ensemble du territoire, en particulier les zones urbaines, sera davantage exposé à l'aléa ruissellement, amplifié par l'imperméabilisation des sols et leur mise à nu, contribuant à une vulnérabilité accrue sur les versants et les quartiers.

9.4 IMPACT SUR LES USAGES ANTHROPIQUES DE LA RESSOURCE

L'objectif de cette partie est de confronter les usages des ressources en eau sur le territoire, avec la quantité disponible. Cette analyse qualitative prend en compte les points suivants :

- Il n'y a **pas d'exercice prospectif** afin de dégager des scénarios d'évolution des usages. Est admis le principe de **stationnarité de ces usages dans le temps** jusqu'à l'horizon 2070.
- L'évolution de la ressource en eau disponible est quantifiée en % (données Explore2), ce qui ne permet pas de dégager des quantités d'eau disponibles dans le futur, mais qui permet d'évaluer les **évolutions possibles par rapport à l'état des lieux** de la période de référence utilisée par les modèles (1976-2005).
- Les données d'évolution contiennent **plusieurs types d'incertitude**, mentionnés en introduction de ce rapport.



La qualification des usages sont issues du rapport d'Etat des Lieux de phase 1.

Tableau 13 : Répartition des prélèvements par usage pour chaque bassin versant pour l'année 2021 en millions de m³ – BNPE, structures de bassins

En 2021	Agly	Sègre	Tech	Têt	Quaternaire	Pliocène	Total	%
Eau potable	1.4	2.3	3.3	3.3	13.0	25.7	49.1	16%
Irrigation	15.3	69.1	38.4	92.7	25.8	6.1	247.4	83%
Industrie	0.01	0.2	2.1	1.0	0.3	0.3	3.9	1%
Total	16.7	71.6	43.8	97.0	39.1	32.1	300.4	-

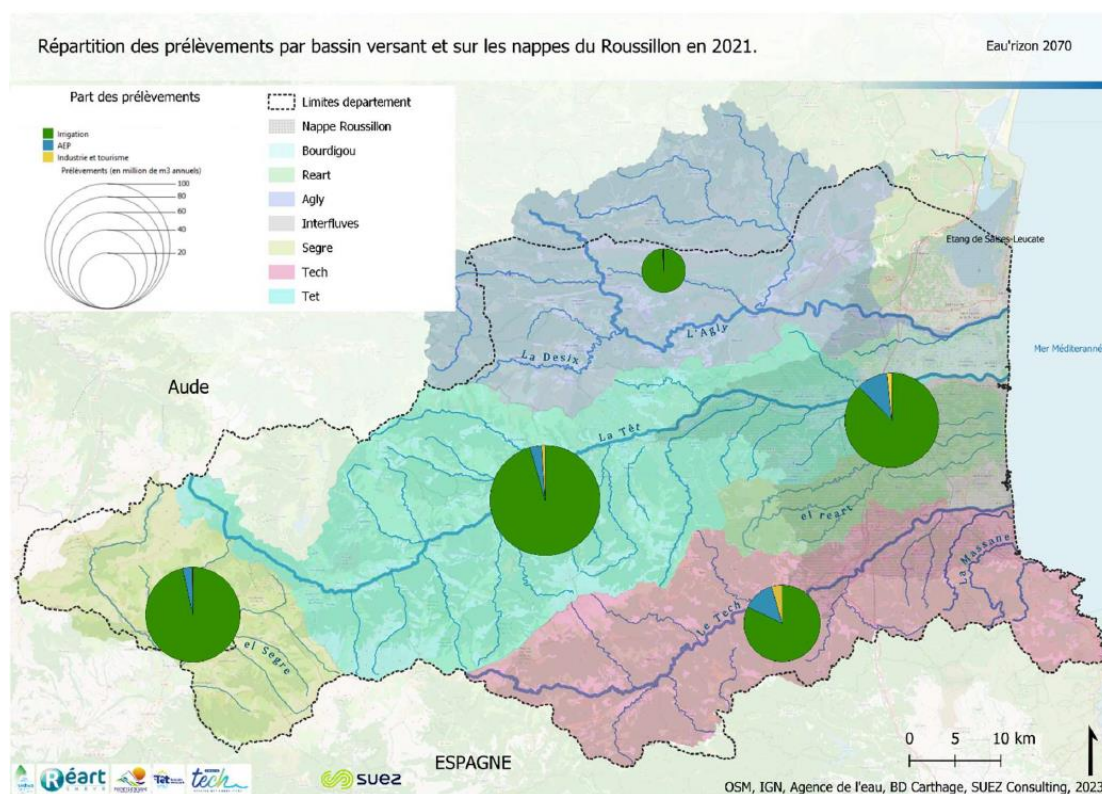


Figure 34 : Carte des prélèvements par bassin versant sur les nappes du Roussillon

9.4.1 EAU POTABLE

Les prélèvements d'eau destinés à la production d'eau potable s'élèvent à **49,1 millions de m³** pour l'année 2021. Ils sont principalement concentrés dans la plaine du Roussillon, qui concentre la plus grande partie de la population du territoire. Sur les **38,7 millions de m³** prélevés dans les nappes du Roussillon, **2/3** de ces volumes proviennent de la nappe pliocène.

Les usages de l'eau potable sont :

- La **consommation domestique** qui représente 76 % des volumes ;
- Les **nuitées touristiques** à hauteur de 18 %.
- Le reste des volumes est représenté par les **activités commerciales et industrielles**.

La démographie du territoire est marquée par :

- Un ralentissement global depuis 2009 ;
- Une augmentation de la population localisée le long du littoral ;
- Une concentration de la population dans la Métropole de Perpignan avec plus de 55% des habitants résidant sur le territoire de Perpignan Méditerranée Métropole.

Si ces tendances se poursuivent elles engendreront une hausse des besoins en eau potable, en particulier dans la plaine du Roussillon.

La capacité à produire de l'eau potable est conditionnée par :

- La disponibilité quantitative de la ressource ;
- La qualité de l'eau brute.

Les impacts du changement climatique attendus sur les ressources en eau du territoire utilisées pour l'alimentation en eau potable sont :

- Une **moindre disponibilité de la ressource en période d'été**, qui pourra être allongée ; possibilité de rupture partielle ou totale des approvisionnements en lien avec des tarissements de sources, baisses de productivité ou de niveaux piézométriques.
- Une **dégradation de la qualité de l'eau** par les pesticides et nitrates, et, pour les nappes de la plaine du Roussillon un risque de salinisation accrue en bordure côtière, qui pourront être accentués par dépression des nappes sous l'effet des prélèvements.

Dans ces conditions des tensions sont à anticiper sur la production d'eau potable :

- **Tensions quantitatives** liées à la plus faible disponibilité de la ressource et à l'augmentation des besoins, plus marquée en période d'été ;
- **Tensions liées à la qualité de l'eau brute** : hausse des coûts de traitement de l'eau voire impossibilité de produire en cas de dépassement des limites de qualité des eaux brutes.



En 2021, le village de Mosset, situé dans les Pyrénées-Orientales, a connu une situation critique en matière d'approvisionnement en eau potable. En raison de précipitations quatre fois inférieures à la normale durant l'année hydrologique 2020-2021, le village a dû être ravitaillé par des camions-citernes et des distributions de bouteilles d'eau.



De tels épisodes pourraient devenir plus fréquents dans le futur en raison des effets du changement climatique, notamment la baisse des précipitations et l'allongement des périodes de sécheresse, ce qui rendrait nécessaire une adaptation renforcée des systèmes d'approvisionnement en eau.

© Radio France - Jade Psychieras (été 2021)

9.4.2 AGRICULTURE

Les volumes prélevés pour l'agriculture entre 2017 et 2021 représentent, d'après les estimations disponibles, entre 250 et 350 millions de m³ en fonction des années.

Ces volumes connus sont à près de 90 % prélevés dans les eaux superficielles. La période de prélèvement est variable en fonction des types de cultures et d'usages, mais s'étend principalement entre le printemps et l'automne, avec des besoins maximums en irrigation concentrés sur la période estivale.

L'agriculture est directement impactée par les variations climatiques :

- La pluviométrie, la température, le vent et par conséquent l'évapotranspiration conditionnent les besoins en eau des plantes ;
- La disponibilité de la ressource en eau conditionne la capacité à irriguer les cultures et abreuver le bétail.

○ Evolution des besoins en eau

Une **hausse de l'évapotranspiration** est attendue, quel que soit le scénario considéré, avec une augmentation plus importante à l'ouest qu'à l'est du territoire.

L'évolution des précipitations futures est plus incertaine. On constate pour les mois de printemps et d'été une tendance à la baisse, avec des intervalles entre minimum et maximum plutôt orientés à la baisse (Cf. Chapitre 3.2.1).

Dans ces conditions, sous l'effet d'une hausse de l'évapotranspiration, qui traduit une hausse des besoins en eau des plantes, et d'une baisse des précipitations estivales, la **demande en eau d'irrigation tendra à augmenter** à usages constants.

L'agriculture non irriguée sera également impactée par la hausse de la demande en eau, engendrée par l'augmentation de l'évapotranspiration.

○ Disponibilité des ressources en eau

La disponibilité des ressources en eau superficielles, qui représentent près de 90 % des volumes d'irrigation connus sur le territoire, est un enjeu important.

Les projections hydrologiques mettent en évidence sur le territoire d'étude :

- Une incertitude sur l'évolution des débits moyens annuels ;
- Des étiages plus sévères et plus longs.

L'agriculture sera par conséquent **doublément impactée par les changements climatiques** attendus sur le territoire : les **besoins en eau vont croître** alors que les **ressources seront moins disponibles à l'étiage**, période où les besoins sont maximums.

Des difficultés à satisfaire les besoins en eau des cultures actuellement présentes seront donc rencontrées, avec pour conséquence des **baisses et pertes de rendement** :

- Viticulture : baisse des hectolitres ;
- Elevage : perte fourrage et céréales ;
- Arboriculture : baisse de production, perte d'arbres fruitiers ;
- Maraichage : perte de production lié aux restrictions d'eau et non plantation.

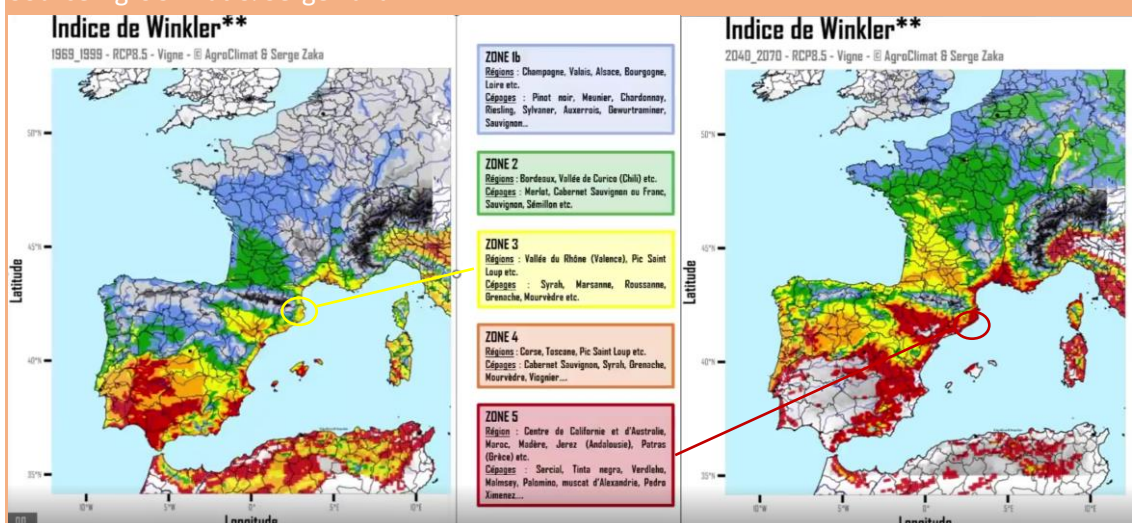
Les situations pourront être différentes selon les bassins versants :

- **Sègre** : Une hausse notable de l'évapotranspiration est attendue sur le bassin versant, accompagnée d'une baisse sensible des précipitations. Les besoins en eau seront plus importants qu'actuellement. L'impact du changement climatique sur l'hydrologie sera significatif avec des débits moyens et d'étiages plus faibles et par conséquent une moindre disponibilité de la ressource pour l'irrigation, ou l'abreuvement ;
- **Têt** : La hausse notable de l'évapotranspiration est attendue en amont du bassin, moins importante à l'aval, avec une diminution des précipitations au printemps et en été. Les variations attendues sur l'hydrologie sont plus homogènes sur le bassin. Une diminution des débits d'étiage et un allongement de sa durée y est attendue. Les usages de l'eau agricole seront nettement impactés avec une hausse des besoins en eau plus marquée à l'amont qu'à l'aval, et une ressource moins disponible ;
- **Tech** : Une hausse de l'évapotranspiration est attendue sur le bassin versant, accompagnée d'une baisse des précipitations au printemps et en été. Le débit du Tech tend à baisser de manière relativement homogène sur le bassin, en moyenne et en étiage. Les usages de l'eau agricole seront par conséquent impactés sous l'effet d'une augmentation des besoins et d'une moindre disponibilité de la ressource à l'étiage ;
- **Agly** : Une hausse notable de l'évapotranspiration est attendue sur le bassin versant, accompagnée d'une baisse des précipitations au printemps et en été. Une évolution à la baisse des débits de l'Agly est attendue, particulièrement en période d'étiage. Les usages de l'eau agricole actuels seront par conséquent impactés sous l'effet d'une augmentation notable des besoins et d'une faible disponibilité de la ressource en période d'irrigation.
- **Réart** : l'irrigation dans le bassin versant du Réart s'effectue à partir de la retenue de Villeneuve de la Raho qui prélève ses eaux dans la Têt, et par prélèvement dans les nappes du Roussillon. Elle sera par conséquent dépendante des capacités de remplissage de ces ressources et la hausse des besoins en eaux sous l'effet d'une hausse de l'évapotranspiration et d'une diminution des précipitations en période d'étiage.



Modification des cépages de vigne selon l'indice de Winkler, de actuellement Zone 3 Cépages Syrah, Marsanne, Roussanne, Grenache ... à Zone 5 Cépages Sercial, Tinta magra ...

Source AgroClimat & Serge Zaka





Les abricotiers prospèrent idéalement dans une fourchette de températures comprises entre **5°C et 35°C**. Cependant, avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur, caractérisées par des pics dépassant les 35°C, cet arbre fruitier pourrait devenir de moins en moins adapté aux températures locales. Par ailleurs, des hivers plus doux, associés au changement climatique, risquent de provoquer une **floraison plus précoce**. Cela expose les bourgeons à des **gels tardifs**, qui pourraient causer des dommages irréversibles à la production. Enfin, certaines variétés d'abricotiers présentent des besoins en eau supérieurs aux précipitations naturelles disponibles, ce qui pourrait poser un défi majeur pour leur culture dans un contexte de ressources hydriques de plus en plus limitées.

Par exemple, lors de la **canicule de 2019**, les abricots du Roussillon ont particulièrement souffert. À Rivesaltes, les températures élevées ont provoqué des brûlures sur les fruits, entraînant leur chute prématurée avant leur pleine maturité. Cet épisode illustre les effets concrets de l'augmentation des températures extrêmes sur les cultures fruitières locales, un phénomène qui pourrait devenir plus fréquent à l'avenir.



© Joan Lopez, France 3 Occitanie/Pays Catalan, juin 2019

Le Parisien PO janvier 2025



Les artichauts, particulièrement la variété précoce *Green Queen*, sont des cultures sensibles aux variations climatiques extrêmes. En janvier 2025 les températures sont passées brutalement de 20 °C à -7 °C dans les zones les plus froides.

Cette chute brutale de température a entraîné des dégâts considérables sur les cultures. Les artichauts, en pleine croissance en raison d'un hiver particulièrement doux, se sont littéralement « figés sur place, grillés par le froid ».

Cet épisode illustre comment la combinaison de facteurs climatiques, tels que des hivers doux suivis de gels soudains, peut avoir des effets dévastateurs sur des cultures agricoles sensibles. À l'avenir, l'adaptation des choix variétaux et des pratiques culturales aux évolutions climatiques s'annonce cruciale pour limiter les pertes.

9.4.3 TOURISME ET LOISIRS

Les **tensions prévisibles sur l'approvisionnement en eau potable** sont le principal facteur limitant pour le secteur touristique, qui représente **18 % des volumes prélevés en eau potable**.

Ces tensions pourront avoir pour conséquences :

- Une **dégradation de l'attractivité** du territoire ;
- Des choix de développement **limitant l'activité touristique**.

Par ailleurs, même si les volumes prélevés par forages pour les campings et établissements de loisirs sont limités, de l'ordre de 620 000 m³ en 2021 (estimation SMPNR), dans un contexte de tensions, un risque de focalisation des usagers sur les activités « non essentielles » consommatrices d'eau est à attendre.

Les principaux **sites de baignade** en plans d'eau du territoire sont localisés sur les bassins versants du Tech et de la Têt (ARS 66). On note le cas particulier de la retenue de Villeneuve de la Raho, située sur le bassin versant du Réart, mais alimentée par l'eau de la Têt. Ces deux cours d'eau seront affectés par une diminution des débits en période estivale, ce qui deviendra de plus en plus problématique pour le remplissage et le maintien à niveau des plans d'eau. Les sites de baignade seront affectés par des **assecs ou des baisses de niveaux plus importants**, ainsi qu'une **dégradation de la qualité des eaux**, pouvant aller jusqu'à une **incompatibilité à la baignade**.

Ces effets auront également des incidences sur les autres loisirs et activités étroitement liées à la qualité et la quantité d'eau disponible : pêche, canyoning, golfs, stades, parcs et jardins d'agrément ...

En montagne, une **diminution systématique de l'épaisseur de neige** est attendue sur les massifs montagneux, qui augmente avec l'altitude.



Le manteau neigeux à **Font Romeu** d'une épaisseur moyenne de **55 cm**, pourrait **en perdre jusqu'à 30cm** en 2070. Ces conditions auront (et ont déjà) un grand impact sur les activités des stations de ski.

Pour la saison 2024-2025, l'ouverture de stations de ski a été retardée par l'absence de chutes de neiges. Certaines se réinventent et proposent des activités comme la randonnée et le VTT en hiver.



Station de Masella, Pyrénées catalanes

Le **déficit de d'enneigement va engendrer une augmentation de la production de neige de culture** pour maintenir les activités liées aux sports d'hiver.

Cette augmentation de production générera **des besoins en eau plus importants**, qui pourront nécessiter la création de réserves d'altitude supplémentaires.

Toutefois cette production sera rapidement **limitée par la diminution du nombre de jours où les températures seront favorables à la production de neige de culture**.

La production de neige de culture va donc être **fortement impactée par le manque d'eau** d'une part et par la diminution des périodes de **conditions météorologiques favorables**.

Cela peut entraîner une diminution des périodes d'ouverture des stations, allant jusqu'à la fermeture totale des domaines de basse altitude.

Les effets du changement climatique auront également des incidences sur d'autres activités économiques étroitement liées à la qualité et la quantité d'eau disponible : hydroélectricité, industrie, irrigation non agricole, incendies, thermalisme ...



Impacts sur les usages anthropiques de la ressource

Agriculture : Hausse de ETP et précipitations variables ; Augmentation de la demande en eau d'irrigation ; Une moindre disponibilité de la ressource en période d'été, qui pourra être allongée ; Forte tension sur les productions avec inadaptation des cultures actuelles

AEP : Moindre disponibilité de la ressource en période d'été, qui pourra être allongée ; Tension quantitative ; Ruptures totales ou partielles d'approvisionnement AEP ; Une dégradation de la qualité de l'eau ; Tension qualitative ; Augmentation des coûts de traitement ; Augmentation du risque pour les communes isolées

Tourisme littoral : Tensions prévisibles sur l'approvisionnement en eau potable ; Tensions sur les activités ; Une dégradation de l'attractivité touristique du territoire

Tourisme de montagne : Diminution systématique de l'épaisseur de neige ; Augmentation de la production de neige de culture et donc des besoins en eau plus importants ; Diminution du nombre de jours où les températures seront favorables à la production de neige de culture ; Très fortes tensions ; Diminution des périodes d'ouverture des stations, allant jusqu'à la fermeture en basse altitude

9.5 CONCLUSION

L'état des lieux du territoire des bassins versants de l'Agly, de la Têt, du Tech, du Réart et du Sègre réalisé en phase 1, a notamment rappelé la tendance passée du renforcement des épisodes de sécheresse ou d'inondation sur tout le territoire.

Les principaux impacts anticipés des effets du changement climatique auxquels le territoire sera confronté sur la période 2041-2070, ont été évalués avec le projet **DRIAS-2020** pour les données climatiques et le **projet Explore 2** (juin 2024) pour les données sur la quantité de la ressource en eau. Ces modèles, véritables avancées scientifiques, permettent de **se projeter dans un futur proche** en fonction de différents scénarios d'émissions de carbone à une échelle planétaire. Conformément aux recommandations des scientifiques, il a été adopté une approche multi-modèles afin de **couvrir tous les futurs envisagés**, présentés selon **4 narratifs** pour les indicateurs traitant la ressource en eau (vert, jaune, violet, orange), en considérant dans l'analyse, les modèles les plus pessimistes.

Impacts sur le climat

Les principaux **impacts sur le climat** sont :

- Une augmentation certaine des températures
- Des jours de fortes chaleurs plus nombreux
- Un nombre de nuits où la température ne descend pas en dessous de 20°C, qui explose
- Des jours de gel moins nombreux, notamment en altitude
- Une évolution incertaine des précipitations, mais avec des étés plus secs
- Une augmentation de l'évapotranspiration
- Une diminution systématique et importante de l'épaisseur du manteau neigeux

Impacts sur la ressource en eau, les écosystèmes aquatiques et zones humide et sur les inondations

En matière d'**impact quantitatif sur les eaux de surface**, les débits moyens ont deux tendances possibles, légèrement à la baisse ou légèrement à la hausse, tandis que les hautes eaux affichent plus de hausse, et les basses eaux plus de baisse. De même, pour les **eaux souterraines**, si les narratifs vert et jaune prévoient une légère hausse de la recharge, au contraire les **narratifs violet et orange** prévoient une baisse de la recharge.



Le fait que les tendances sur l'évolution annuelle des débits moyens et de la recharge des nappes soient multiples et divergentes est frustrant et complique la projection dans le futur. Mais malgré cette incertitude sur la ressource disponible, il est nécessaire de prendre acte de ces données pour aider à la décision dans les choix de stratégie et de solutions, en mesurant le niveau de risque encouru.

Pour la **qualité des eaux superficielles** la diminution des débits d'étiage et l'augmentation de la température de l'eau, va accentuer les problématiques d'**eutrophisation** en particulier à l'aval des bassins versants. Il en est de même pour les **plans d'eau** dont les déséquilibres constatés seront accentués, en intensité, en fréquence ou en durée.

Les **ressources souterraines** seront également impactées, avec une **dégradation de la qualité** par la dégradation des eaux superficielles qui impacteront les nappes via les pertes en milieu karstique ou échanges nappe-rivière.

Les impacts directs et indirects sur les **écosystèmes aquatiques et zones humides** seront importants et particulièrement critiques avec l'effet cumulatif d'années : déstabilisations des espèces sensibles et réduction de leurs peuplements, fragilisation des zones humides liées aux assecs des cours d'eau, de plus en plus marqués vers l'aval.

L'amplification des **intensités des crues décennales pourrait atteindre + 50% à + 100 %** sur l'ensemble du département hors Sègre. Ce type d'évènement pourrait survenir plus de **3 à 4 fois par décennie**, contre 1 fois aujourd'hui. Ainsi, à occupation des sols constante (enjeux), le risque inondation pour une **crue fréquente** par débordement de cours d'eau serait au moins **équivalent aux effets actuels d'une crue trentennale**.

Les **étiages d'été seront plus marqués et plus longs** selon tous les narratifs et à la quasi-totalité des stations, avec des intensités qui varient selon le narratif.

Vulnérabilité du territoire

Reprenant l'approche conceptuelle du Plan de Bassin d'adaptation au changement climatique (PBACC) Rhône-Méditerranée, la **vulnérabilité d'un territoire** est définie comme le croisement entre l'**exposition**, qui permet d'évaluer comment le climat se manifeste physiquement sur un espace géographique et la **sensibilité**, qui qualifie la proportion dans laquelle le territoire exposé est susceptible d'être affecté par la manifestation d'un aléa. Plus un territoire est **exposé** aux évolutions du changement climatique et plus il est déjà **sensible**, plus il est **vulnérable** au changement climatique.

Les **critères d'exposition** sont principalement issus de DRIAS Eau, projet Explore2. Pour chaque critère, ont été considérés les **narratifs les plus représentatifs des tendances observées, généralement le narratif violet ou orange**.

Les **critères de sensibilité** ont été réévalués selon le Etat des lieux de phase par l'analyse des experts des thématiques, avec un principe de stationnarité des usages dans le temps.

La vulnérabilité des bassins versants liée à la **baisse de la disponibilité en eau à l'étiage** est très contrastée. Si les bassins versants de la Têt, du Tech, de l'Agly et du Sègre présentent une vulnérabilité élevée, le Réart apparaît peu vulnérable, en raison de l'absence de prélèvement en eau superficielle. Les étiages s'aggravent néanmoins sur tous les bassins, avec des débits en forte baisse, des fréquences multipliées par 2 à 4, et une durée prolongée de plusieurs mois dans les scénarios les plus critiques

La vulnérabilité des **écosystèmes et de la qualité des eaux** est marquée sur tous les bassins versants, en particulier en montagne, où les écosystèmes fragiles sont fortement exposés à la hausse des températures, à la fonte précoce des neiges et à l'érosion des sols. Les cours médian et aval du Tech, de la Têt et de l'Agly, bien que plus robustes, subissent des dégradations liées à la pollution, à la baisse des débits et à des étiages accentués. Le Réart, déjà dégradé, voit sa vulnérabilité aggravée par une sensibilité extrême. Au global, la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques est élevée à maximale sur l'ensemble des bassins étudiés.

La **vulnérabilité des bassins versants liée au risque naturel « inondation » est forte** sur les territoires couverts par le Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) de Perpignan-Saint-Cyprien. Pour **l'ensemble des territoires**, et notamment **tous les secteurs urbains**, quelles que soient leurs localisations, la **vulnérabilité aux ruissellements sera aggravée** du fait de l'imperméabilisation et de la mise à nus des sols.

Impacts sur les usages

Pour **l'eau potable**, une moindre disponibilité de la ressource en période d'étiage, qui pourra être allongée et une dégradation de la qualité de l'eau par les pesticides et nitrates, et la salinisation accrue en bordure côtière, vont engendrer des tensions. Elles seront à la fois quantitatives et liées à la qualité de l'eau brute.

L'**agriculture** sera doublement impactée par les changements climatiques : les besoins en eau vont croître alors que les ressources seront moins disponibles à l'étiage, période où les besoins sont maximums. Les difficultés à satisfaire les besoins en eau des cultures actuellement présentes seront plus fréquentes, avec pour conséquence des baisses et pertes de rendement.

Les **tensions prévisibles sur l'approvisionnement en eau potable**, principal facteur limitant pour le secteur touristique, pourront avoir pour conséquences une **dégradation de l'attractivité** du territoire et des choix de développement **limitant les activités touristiques les plus consommatrices d'eau**.

Les **activités de loisirs liées aux cours d'eau et plans d'eau** (baignade, pêche) seront contraintes par les assèchs et baisses de niveau, l'augmentation de l'eutrophisation et la diminution de la qualité des eaux.

Pour le **tourisme de montagne** la diminution systématique de l'épaisseur de neige va engendrer une augmentation de la production de neige de culture et donc des besoins en eau plus importants. De plus la forte tension sur la production de neige de culture va diminuer les périodes d'ouverture des stations, pouvant aller jusqu'à la fermeture en basse altitude.

Etapes suivantes

La phase 3 d'Eau'rizon 2070 visera à **définir en co-construction** avec l'ensemble des acteurs du territoire différents scénarios pour retenir une **stratégie d'adaptation**, visant à **apporter des réponses** aux impacts des effets du changement climatique identifiés, et donc de **réduire la vulnérabilité** de ses bassins versants.