

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la
ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

**Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la
ressource en eau**

SUEZ CONSULTING

Délégation France Nord-Ouest
Parc de L'Île
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

FICHE CONTRÔLE QUALITE

| REFERENT MAITRE D'OUVRAGE | |
|----------------------------------|--|
| Destinataire du projet | Agence de l'Eau Artois Picardie |
| Site | Bassin Artois Picardie |
| Interlocuteurs | Karine VALLEE |
| Adresse | 200 rue Marceline - BP 80818 59508 DOUAI Cedex |
| Email | K.Vallee@eau-artois-picardie.fr |
| Téléphone | 03 27 99 90 52 |
| REFERENT INTERNE | |
| Interlocuteurs | RIZZA Jean-Philippe POSIADOL Guillaume |
| Adresse | Parc de L'Ile 15-27, Rue du Port 92022 NANTERRE CEDEX - France |
| Email | jean-philippe.rizza@suez.com guillaume.posiadol@suez.com |
| Téléphone | 01 46 14 73 89 02 32 08 18 82 |
| REFERENCE PROJET | |
| Numéro du projet | 19NRE026 |
| Intitulé du projet | Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie |
| Intitulé du document | Rapport synthèse de Phase 2 |
| Date | 08/04/2021 |

GESTION DES REVISIONS

| Version | Rédacteur NOM / Prénom | Vérificateur NOM / Prénom | Date d'envoi JJ/MM/AA | COMMENTAIRES |
|---------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|---|
| | | | | Documents de référence / Description des modifications essentielles |
| 1 | DE DREUZY Mathilde | RIZZA Jean-Philippe | 23 février 2021 | Version transmise aux maitres d'ouvrage |
| 2 | RIZZA Jean-Philippe | RIZZA Jean-Philippe | 8 avril 2021 | Version intégrant les remarques AEAP/DREAL |

Sommaire

| | | |
|--------|---|-----------|
| 1..... | Préambule..... | 5 |
| 2..... | Etape 4 – Détermination des scénarios climatiques à 2030 et 2050 - Rappels..... | 7 |
| 2.1 | Rappel de la présentation des deux modèles CNRM/IPSL..... | 7 |
| 2.2 | Scénarios sélectionnés et validés..... | 9 |
| 3..... | Etape 5 – Détermination des scénarios d'évolution des usages – Rappels..... | 11 |
| 4..... | Etape 6 – Détermination des territoires en tension d'ici 2030 et 2050..... | 13 |
| 4.1 | Calcul de la recharge..... | 13 |
| 4.1.1 | Rappel du calcul de recharge..... | 13 |
| 4.1.2 | Détermination des paramètres d'analyse..... | 14 |
| 4.1.3 | Résultats..... | 18 |
| 4.1.4 | Pertinence de nos résultats..... | 32 |
| 4.2 | Justification des hypothèses retenues..... | 37 |
| 4.2.1 | Choix de la correction de biais sur le calcul de la recharge..... | 37 |
| 4.2.2 | Etude pluviométrique..... | 42 |
| 4.2.3 | Détails cartographiques des modèles IPSL-RCP4.5 et CNRM-RCP8.5..... | 44 |
| 4.3 | Analyse des impacts aux horizons 2030 et 2050..... | 61 |
| 4.3.1 | Rappels sur les indicateurs d'impact..... | 61 |
| 4.3.2 | Paramètres d'analyse..... | 61 |
| 4.3.3 | Résultats..... | 68 |

Tables des illustrations

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Grille SAFRAN des données disponibles sur la plateforme DRIAS | 8 |
| Figure 2 : Evolution des paramètres pluviométrie et température sur la période 2006-2065, pour les scénarios IPSL4.5 et CNRM8.5..... | 9 |
| Figure 3 : Evolution des prélèvements domestiques, agricoles et industriels selon les scénarios climatiques et les scénarios d'usages (évolution et économie)..... | 12 |
| Figure 4 : Evolution des prélèvements destinés à l'alimentation des canaux selon les scénarios climatiques pour le scénario évolution des usages..... | 12 |
| Figure 5 : Coefficients culturaux moyens calculés pour l'année 2018..... | 14 |
| Figure 6 : Coefficients culturaux moyens estimés pour l'année 2030 | 14 |
| Figure 7 : Coefficients culturaux moyens estimés pour l'année 2050 | 14 |
| Figure 8 : Evolution des surfaces agricoles utiles entre 2018 et 2050 | 15 |
| Figure 9 : Localisation approximative des stations Météo France sur la grille SAFRAN | 16 |
| Figure 10 : Polygones de Voronoï associés aux stations pluviométriques (cf Rapport de phase 1)..... | 17 |
| Figure 11 : IPSL-RCP4.5, à l'horizon 2030..... | 21 |
| Figure 12 : IPSL-RCP4.5, à l'horizon 2050..... | 22 |
| Figure 13 : CNRM-RCP8.5, à l'horizon 2030..... | 23 |
| Figure 14 : CNRM-RCP8.5, à l'horizon 2050..... | 24 |
| Figure 15 : Cartes de variation en pourcent de la recharge annuelle moyenne pour les 7 modèles climatiques (Source : Etude Explore 2070) | 32 |
| Figure 16 : Ecart des précipitations hivernales pour le scénario RCP4.5 (à gauche) et le scénario RCP8.5 (à droite) par rapport à la période 1976-2005 (écart en mm/jour) | 34 |
| Figure 17 : Ecart des précipitations estivales pour le scénario RCP4.5 (à gauche) et le scénario RCP8.5 (à droite) par rapport à la période 1976-2005 (écart en mm/jour) | 34 |
| Figure 18: Evolution des précipitations à l'horizon 2100, pour le scénario A1B suivant la saison d'hiver (Décembre, Janvier, Février, en haut) et la saison d'été (Juin, Juillet, Août, en bas)..... | 35 |
| Figure 19 : Evolutions trimestrielles des précipitations sur le bassin Artois-Picardie (source : données DRIAS corrigées) | 36 |
| Figure 20 : Comparaison des données Météo France avec les données de précipitations extraites brutes de DRIAS .. | 39 |
| Figure 21 : Comparaison des données Météo France avec les données de précipitations extraites de DRIAS et corrigées..... | 39 |
| Figure 22 : Comparaison entre valeur brute et valeur corrigée pour chacun des SAGE | 41 |

Table des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Stations Météo France sélectionnées pour le suivi pluviométrique sur la période 1981-2010 | 15 |
| Tableau 2 : Recharges futures et comparaison à la recharge interannuelle 1981-2010 calculée au cours de la Phase 1 | 19 |
| Tableau 3 : Valeurs mensuelles de recharge et écarts à la période 1981-2010..... | 25 |
| Tableau 4 : Biais mensuels moyens calculés pour les deux modèles..... | 38 |
| Tableau 5 : Valeurs de recharge avant et après correction de biais | 40 |
| Tableau 6 : Comparaison des écarts à la recharge moyenne interannuelle 1981-2010..... | 42 |
| Tableau 7 : Comparaison de moyennes de pluviométrie pour les stations Abbeville et Amiens | 43 |
| Tableau 8 : Comparaison de moyennes de pluviométrie sur la période de recharge pour les stations Abbeville et Amiens | 43 |
| Tableau 9 : Synthèse des indicateurs utilisés pour estimer l'impact des prélèvements sur la ressource en eau | 61 |
| Tableau 10 : Estimation du débit d'étiage - IPSL-RCP4.5 - 2030 | 61 |
| Tableau 11 : Estimation du débit d'étiage - CNRM-RCP8.5 – 2050..... | 62 |
| Tableau 12 : Prélèvements estimés pour le scénario IPSL4.5 à l'horizon 2030 | 64 |
| Tableau 13 : Prélèvements estimés pour le scénario IPSL4.5 à l'horizon 2050 | 65 |
| Tableau 14 : Prélèvements estimés pour le scénario CNRM8.5 à l'horizon 2030 | 66 |
| Tableau 15 : Prélèvements estimés pour le scénario CNRM8.5 à l'horizon 2050 | 67 |
| Tableau 16 : Synthèse des scénarios d'usage | 70 |
| Tableau 17 : Synthèse des scénarios d'économie | 71 |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

| | |
|--|------------------------------------|
| Tableau 18 : Synthèse des conclusions du scénario d'usage | 72 |
| Tableau 19 : Synthèse des conclusions du scénario d'économie | Erreur ! Signet non défini. |
| Tableau 20 : Synthèse des conclusions | 78 |

Annexe 1 Tableaux de synthèse complémentaires

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

1 PREAMBULE

À la suite des décisions du comité de pilotage, le présent rapport de synthèse de la Phase 2 a pour objectifs :

- De présenter les calculs de recharge aux horizons 2030 et 2050 pour les deux scénarios retenus ; à savoir IPSL4.5 en optimiste et CNRM8.5 en pessimiste
- De conclure sur cette recharge en comparaison avec celle calculée lors de la Phase 1
- De déterminer les territoires potentiellement amenés à être en tension d'ici 2030 ou 2050 à l'aide d'un calcul d'indicateurs d'impact prenant en considération des scénarios de changement d'usages de la ressource et des scénarios d'économie d'eau.

Le présent rapport est structuré de la manière suivante :

- Rappel de l'Etape 4 – Détermination des scénarios climatiques à 2030 et 2050
- Rappel de l'Etape 5 – Détermination des scénarios d'évolution des usages
- Etape 6 – Détermination des territoires en tension d'ici 2030 à 2050. Cette partie intègre :
 - Un rappel du calcul de recharge réalisé, la mise à jour des paramètres nécessaires pour l'adapter aux horizons 2030 et 2050 et une analyse des résultats obtenus,
 - Un rappel des indicateurs d'impact et la mise à jour des paramètres nécessaires pour les adapter aux horizons 2030 et 2050 et une analyse des résultats obtenus
 - Une présentation de l'ensemble des hypothèses posées.

2 ETAPE 4 – DETERMINATION DES SCENARIOS CLIMATIQUES A 2030 ET 2050 - RAPPELS

2.1 Rappel de la présentation des deux modèles CNRM/IPSL

Sources : (DRIAS), (Boé J. , 2014), (DGEC/SCEE/Onerc, 2013), (GICC, 2011)

Le rapport de Phase 2 – Etape 4A présente de façon détaillée les différents modèles climatiques existants. Cette partie résume les informations disponibles pour les modèles CNRM et IPSL accessibles sur la plateforme DRIAS.

Ces deux modèles peuvent être utilisés en tant que modèles climatiques régionaux : modèles climatiques à résolution horizontale élevée (typiquement 10 – 50 km), obtenus par désagrégation¹ dynamique, statistique ou par une combinaison des deux méthodes, à partir de modèles climatiques globaux. Une correction de biais (s'apparentant à une méthode de désagrégation statistique) peut compléter cette approche. Ces modèles sont généralement appliqués à une région délimitée et les conditions à leurs limites sont déterminées à l'aide de modèle climatiques globaux.

Pour le rapport GIEC AR5, les simulations climatiques globales sont réalisées dans le cadre d'un projet CMIP5 coordonné au niveau international (Coupled Model Intercomparison Project, phase 5). Grâce à ce projet, les résultats des simulations du climat passé et futur sont rendus directement accessibles dans une base de données distribuée au niveau international :

<https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/projects/cmip5-ipsl/>

Parmi les modèles disponibles, deux sont développés et utilisés par la communauté scientifique française :

- CNRM-CM5 (Météo-France et CERFACS) : Les simulations du CNRM ont été réalisées sur la période continue de 1950-2100 dont les conditions aux limites latérales sont issues d'une précédente descente d'échelle dynamique entre le modèle couplé CNRM-CM5 à 1.4° de résolution (CMIP5) et ARPEGE-climat, de résolution 0.5° sur le globe. Trois scénarios sont modélisés : RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5 sur la période 2006-2100. Les simulations ALADIN-Climat mises à disposition sur le portail ont été projetées sur une grille de 8 km de côté, et corrigées de leurs biais par la méthode quantile-quantile à partir d'analyse de données d'observations SAFRAN. Ces simulations sont produites au pas de temps journalier.
- IPSL-CM5 (Institut Pierre Simon Laplace) : Les simulations de l'IPSL ont été réalisées sur la période continue de 1971-2100 dont les conditions aux limites latérales sont issues d'une simulation intermédiaire WRF-Europe elle-même forcée par le modèle couplé IPSL-CM4, de résolution respective 45km et ~300km. Deux scénarios sont modélisés : RCP4.5 et RCP8.5 sur la période 2006-2100. Les simulations WRF-France mises à disposition sur le portail ont été projetées sur une grille de 8 km de côté, et corrigées de leurs biais par la méthode quantile-quantile à partir d'analyse de données d'observations SAFRAN. Ces simulations sont produites au pas de temps journalier.

¹ Ou encore descente d'échelle ou régionalisation

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Les versions 2014 de ces modèles sont disponibles sur le portail internet Drias (CNRM2014 et IPSL2014).

Ce service, réalisé avec l'appui du programme GICC et de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), est opérationnel depuis le 24 juillet 2012. « DRIAS, les futurs du climat » permet aux utilisateurs de visualiser des projections et scénarios climatiques régionalisés sur la France, et de commander des données ciblées. Il est au fur et à mesure complété et mis à jour par les projections régionales issues des nouvelles simulations alimentant les travaux du GIEC ainsi que des simulations d'impacts comme, par exemple, la sécheresse des sols.

Concernant les simulations CNRM2014 et IPSL2014, la plateforme DRIAS contient les éléments suivants :

- Simulations journalières ou mensuelles sur la période de référence² : 1971-2005 (données IPSL2014) et 1950-2005 (données CNRM2014) ;
- Simulations journalières ou mensuelles sur la période de projection : 2006-2100.

Les extractions peuvent être réalisées au niveau des points de la grille SAFRAN, soit une maille de 8*8 km, conduisant à la sélection de 313 points de grille. La grille d'extraction est présentée à la figure suivante (En jaune : les points de la grille SAFRAN, en rouge les points de la zone d'étude).

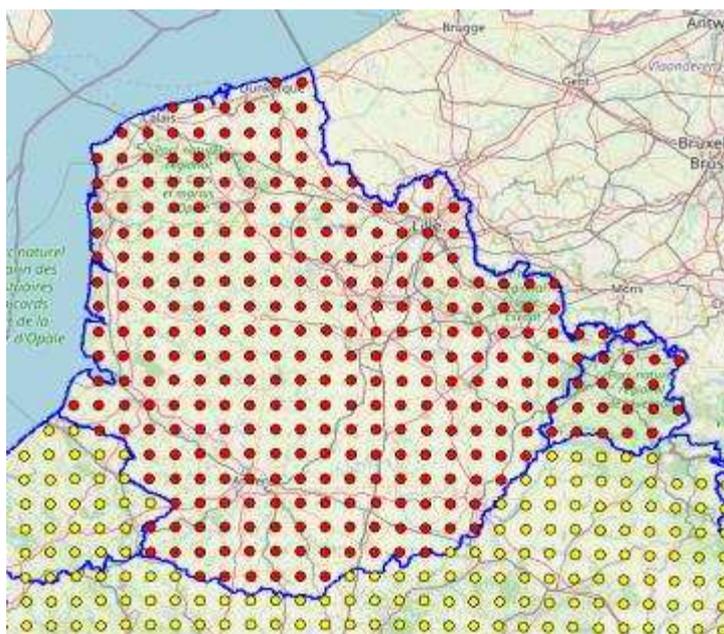


Figure 1 : Grille SAFRAN des données disponibles sur la plateforme DRIAS

En chacun de ces points de grille, il est possible d'extraire les variables d'intérêt sur des intervalles de temps choisis (par exemple 2015 – 2045 pour l'horizon 2030).

² Il est important de noter que les séries simulées sur la période de référence ne sont en aucun cas des observations. En revanche, les pluies et températures obtenues en sortie des différents modèles ont les mêmes caractéristiques statistiques que les observations réalisées sur la même période.

2.2 Scénarios sélectionnés et validés

Le rapport de Phase 2 – Etape 4B présente les caractéristiques ayant mené au choix des scénarios pour la suite de l'étude.

Après présentation en Comité Technique ainsi qu'en Comité de Pilotage, deux scénarios ont été sélectionnés :

- IPSL-RCP4.5 en tant que scénario optimiste,
- CNRM-RCP8.5 en tant que scénario pessimiste.

Une extraction des données de température (en °C) et de précipitations (en mm) a été réalisée pour les deux scénarios retenus sur l'ensemble de la période 2006-2065. Cette extraction permet une comparaison des évolutions des paramètres pluviométrie et température sur l'ensemble de la période souhaitée pour cette étude.

Afin d'obtenir des résultats plus parlants, une moyenne annuelle des précipitations a été représentée.

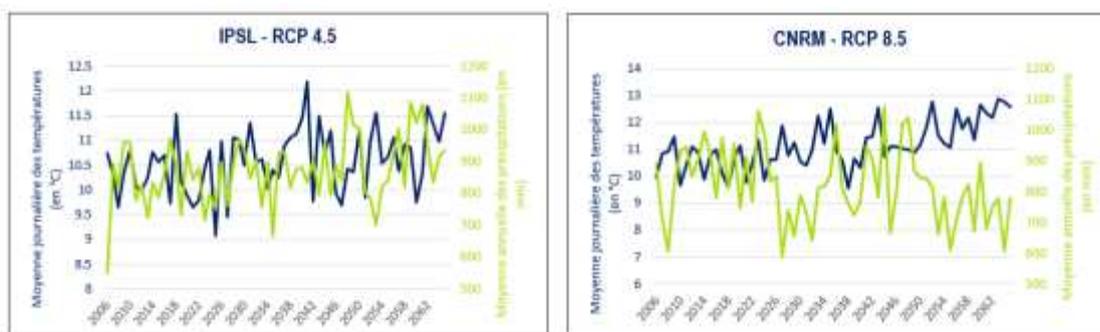


Figure 2 : Evolution des paramètres pluviométrie et température sur la période 2006-2065, pour les scénarios IPSL4.5 et CNRM8.5

Ces graphiques font ressortir les caractéristiques suivantes :

- CNRM – RCP8.5 : Ce scénario, plus pessimiste, met en évidence une augmentation de la température moyenne journalière ainsi qu'une baisse de la pluviométrie annuelle. Ces tendances se renforcent vers 2050.
- IPSL – RCP4.5 : ce scénario ne présente pas de tendance particulièrement marquée sur les soixante prochaines années. Une légère hausse des deux paramètres se fait toutefois sentir sur la fin de la période d'étude.

Ces scénarios s'accordent à dire que les variations interannuelles resteront très prononcées pour les paramètres pluviométrie et température. Les tendances sont donc à considérer dans leur globalité. Cette observation confirme donc les recommandations faites par le CNRS et Météo France concernant l'utilisation de données de 30 ans pour l'estimation des températures et précipitations aux horizons 2030 et 2050.

Rappelons également que la proximité temporelle des horizons choisis ne permet pas de distinguer de grandes tendances dans les évolutions climatiques.

3 ETAPE 5 – DETERMINATION DES SCENARIOS D'EVOLUTION DES USAGES – RAPPELS

*Une réflexion menée par Eco Logique Conseil a permis d'estimer des valeurs de prélèvements pour chacun des SAGE aux horizons 2030 et 2050 ; et ce pour les usages agricoles, alimentation en eau potable et industriels. Les hypothèses et résultats sont détaillés dans le rapport « Rapport Phase 2 Etape 5_VF » et le fichier Excel « Synthese usages_VF.xlsx »
Cette partie en résume les principales informations.*

Sur la base des scénarios climatiques retenus aux horizons 2030 et 2050, deux scénarios visant à estimer les volumes prélevés ont été construits : un scénario basé sur l'évolution des usages et un scénario intégrant des mesures d'économie d'eau. Ces deux scénarios ont été établis pour chaque usage identifié sur le bassin Artois-Picardie : alimentation en eau potable, agriculture, industrie, alimentation des canaux et énergie.

Le scénario d'évolution des usages prolonge les tendances observées ces dernières années tout en prenant en compte d'éventuels changements pouvant survenir via un changement de réglementation, des modifications de procédés, etc.

Le scénario économie d'eau repart des volumes du scénario d'évolution des usages et y associe des mesures pouvant être mises en place sur le bassin afin de réduire les volumes prélevés dans les milieux aquatiques.

L'estimation des volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable se base sur l'évolution de la population envisagée aux horizons 2030 et 2050, sur les tendances actuelles de consommation et sur les prévisions quant à la consommation des appareils électroménagers. Sont également pris en compte les volumes supplémentaires qui seront prélevés pour le remplissage des piscines et l'arrosage des jardins lors des épisodes caniculaires. La réduction des fuites via le développement de la gestion patrimoniale des réseaux permet d'estimer des taux de rendement des réseaux améliorés aux horizons 2030 et 2050. Afin de pouvoir estimer les volumes par territoire SAGE, l'analyse a été menée au préalable sur les volumes facturés car les transferts d'eau entre territoire sont importants sur le bassin Artois-Picardie. Les volumes prélevés sont ensuite estimés à partir de l'évolution envisagée par territoire SAGE des volumes facturés.

Les volumes destinés à l'agriculture visent deux usages : l'abreuvement du cheptel et l'irrigation des cultures. Les volumes dédiés au bétail ont été répartis selon leur provenance : réseau public quand les animaux sont dans les étables, et milieu naturel lorsqu'ils sont dans les prairies. Les volumes pris sur le réseau public sont comptabilisés dans les volumes destinés à l'alimentation en eau potable.

Pour estimer les volumes prélevés pour l'irrigation des cultures, une analyse a été menée sur l'évolution des cultures en fonction du comportement des consommateurs mais également des techniques industrielles utilisant des produits agricoles comme par exemple la méthanisation. Sur cette base et en fonction du type de culture, les volumes prélevés ont été estimés.

Pour l'industrie, l'analyse s'est basée sur l'évolution des filières actuellement présentes sur le bassin. Ont ensuite été intégrées à la réflexion, les projets d'installations et les fermetures envisagées sur chaque territoire SAGE afin d'identifier les besoins industriels aux horizons 2030 et 2050. Les projets d'économie d'eau ont également été pris en compte pour l'élaboration du scénario économie d'eau.

Le graphique suivant compare pour chaque scénario climatique le scénario évolution des usages au scénario économie d'eau pour les volumes prélevés à usage domestique, agricole et industriel. A horizon 2030, les volumes prélevés devraient diminuer de 5% entre les deux

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

scénarios, quel que soit le scénario climatique retenu. La réduction sera plus forte à l'horizon 2050 avec des prélèvements inférieurs de 12% pour les deux scénarios climatiques.

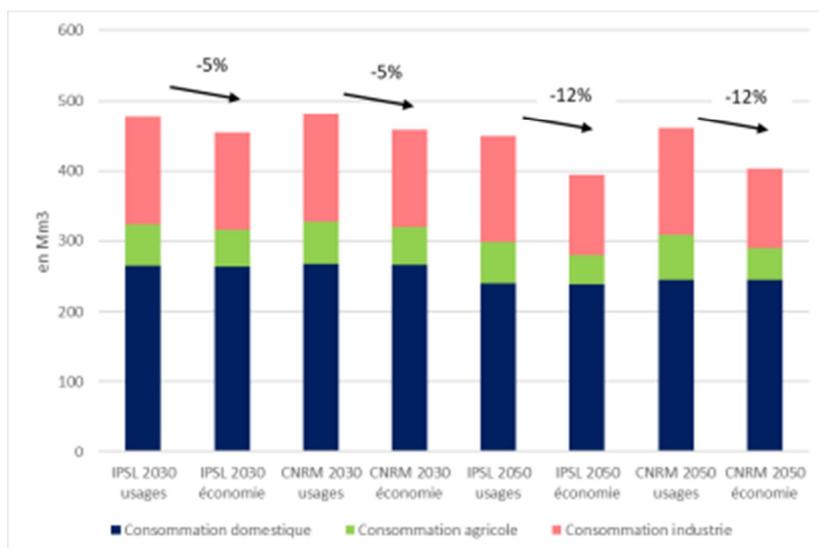


Figure 3 : Evolution des prélèvements domestiques, agricoles et industriels selon les scénarios climatiques et les scénarios d'usages (évolution et économie)

Les volumes destinés à l'énergie sont faibles au regard des autres usages (inférieurs à 1% des volumes totaux) et devraient rester stables aux horizons 2030 et 2050 car aucun projet n'est actuellement envisagé.

Les volumes prélevés pour l'alimentation des canaux devraient continuer à diminuer suite aux mesures mises en œuvre par VNF. Une réduction de 10% à horizon 2030 et de 15% à horizon 2050 est envisagée pour le scénario évolution des usages.

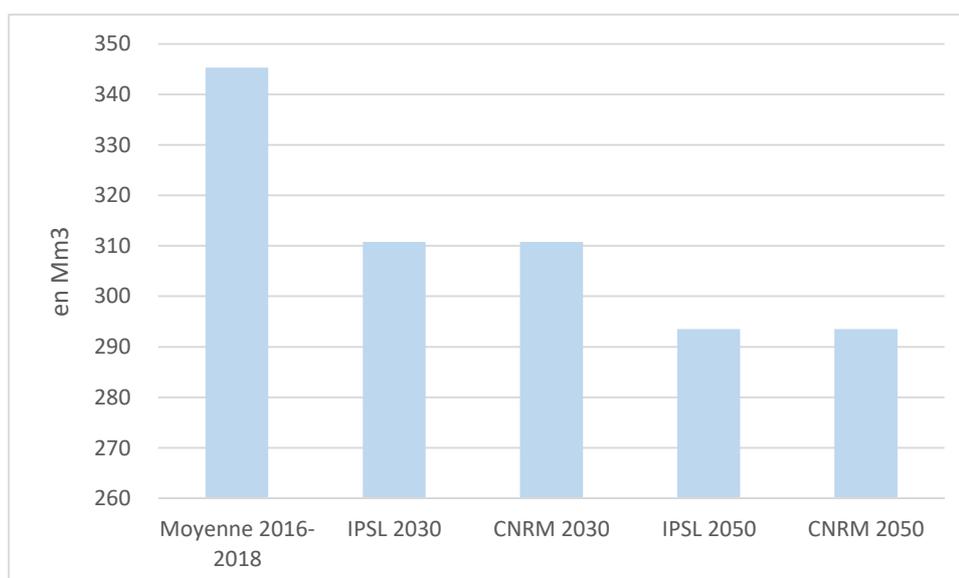


Figure 4 : Evolution des prélèvements destinés à l'alimentation des canaux selon les scénarios climatiques pour le scénario évolution des usages

4 ETAPE 6 – DETERMINATION DES TERRITOIRES EN TENSION D'ICI 2030 ET 2050

4.1 Calcul de la recharge

4.1.1 Rappel du calcul de recharge

La méthode de calcul de recharge utilisée est identique à celle mis en place lors de la phase 1 (Voir chapitre 4.1 du rapport de Phase 1). Ceci permet une comparaison des résultats obtenus.

Au droit du bassin Artois-Picardie, compte tenu de l'étendue du territoire à traiter, nous avons proposé une approche cartographique réalisée sous SIG, après discrétisation du bassin Artois-Picardie en un maillage de points de 250 x 250 m, soit 3.10^5 mailles sur l'ensemble du territoire étudié. La recharge est donc estimée par maille et une valeur de la lame d'eau infiltrée est affectée (mm/an) au centroïde de la maille (1 valeur pour 6,25 ha).

Au droit de chacune des mailles sont renseignés des critères environnementaux dont la superposition permet de déterminer par le calcul une valeur moyenne de la recharge.

Le calcul en lui-même s'appuie sur une formule de bilan hydrique permettant d'estimer la recharge des nappes libres :

$$Pe = P - R - ETR \text{ pour } \Delta t \text{ donné}$$

- Pe = Précipitations efficaces moyennes annuelles (mm)
- P = Précipitations moyennes annuelles (mm)
- R = Ruissellement superficiel (mm) = pluviométrie x coefficient de ruissellement
- ETR = Evapotranspiration réelle (mm)
- RFU = Réserve Facilement Utilisable des horizons pédologiques (mm)

La recharge tient donc compte des précipitations, de la part évacuée du système par ruissellement, de l'effet de la végétation qui ponctionne une part de la lame d'eau infiltrée. On considère que la fraction ruisselée sort du système et qu'elle ne se réinfiltré pas en aval (évacuation par les cours d'eau).

Nous introduisons également dans la formule de calcul, sans qu'elle n'apparaisse, la Réserve en eau Facilement Utilisable (RFU) par la végétation qui constitue une variable d'ajustement de la lame d'eau infiltrée au regard de la capacité du sol à contenir un volume d'eau dans les horizons superficiels (cf. chapitre suivant).

Les précipitations sont extraites de la plateforme DRIAS et l'ETP calculée à partir de la formule de Thornthwaite intégrant les températures également extraites de la plateforme et spécifiques aux scénarios retenus.

Lorsque l'occupation des sols correspond à des sols cultivés, un coefficient cultural est appliqué de la manière suivante :

$$ETM = Kc * ETP$$

Avec Kc le coefficient cultural moyen proposé

4.1.2 Détermination des paramètres d'analyse

4.1.2.1 Coefficients cultureux

Initialement, des coefficients mensuels par type de cultures nous avaient été fournis par la Chambre d'Agriculture via l'Agence de l'Eau Artois-Picardie en date du 13/03/2020. Ces coefficients ont été croisés avec le rapport surfacique de chaque grand type de cultures sur le territoire (source : AGRESTE 2018 Hauts-de-France) pour obtenir un seul coefficient pour chaque mois à appliquer sur l'ensemble des données ETP situées en zone cultivée.

Le même travail a été réalisé pour les horizons 2030 et 2050 en suivant la démarche suivante :

- Export des données de SAU départementales pour l'année 2018 (Source : Agreste) et calcul du pourcentage des départements concerné par chaque culture,
- Application des pourcentages de SAU déterminés pour chaque culture au niveau départemental à la SAU de chacune des communes situées sur ce département et faisant partie du Bassin Artois-Picardie,
- Obtention d'une surface en hectares par type de culture sur l'ensemble du bassin en 2018 et calcul des coefficients cultureux mensuels.

| 2018 | Culture | bassin (ha) | % | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---|------------|-------------|-----|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| | Betteraves | 133498 | 13% | | | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1 | 0.8 | |
| Pommes de terre | 100098 | 10% | | | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.05 | 1 | 0.8 | 0.4 | | | |
| Colza/Oléagineux | 75244 | 7% | 0.9 | 0.9 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1 |
| Blé/Céréales/Ensemble fourrages annuels | 721953 | 70% | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | | | 0.3 | | |
| Surface totale | 1030793 | | | | | | | | | | | | | | |
| Coefficient pondéré | | | | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |

Figure 5 : Coefficients cultureux moyens calculés pour l'année 2018

Ces coefficients cultureux ont été estimés pour les horizons 2030 et 2050 à partir d'hypothèses présentées dans le rapport d'Etape 5 « Rapport Phase 2 Etape 5_VF ».

| 2030 | Culture | bassin (ha) | % | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---|------------|-------------|-----|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| | Betteraves | 120148 | 12% | | | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1 | 0.8 | |
| Pommes de terre | 110108 | 11% | | | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.05 | 1 | 0.8 | 0.4 | | | |
| Colza/Oléagineux | 79006 | 8% | 0.9 | 0.9 | 1 | 1 | 0.8 | | | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1 | |
| Blé/Céréales/Ensemble fourrages annuels | 726496 | 70% | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | | 0.3 | | | |
| Surface totale | 1035758 | | | | | | | | | | | | | | |
| Coefficient pondéré | | | | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
| Différence à 2018 | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| 2050 | Culture | bassin (ha) | % | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---|------------|-------------|-----|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| | Betteraves | 108133 | 10% | | | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1 | 0.8 | |
| Pommes de terre | 113411 | 11% | | | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.05 | 1 | 0.8 | 0.4 | | | |
| Colza/Oléagineux | 82956 | 8% | 0.9 | 0.9 | 1 | 1 | 0.8 | | | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1 | |
| Blé/Céréales/Ensemble fourrages annuels | 743918 | 71% | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | | 0.3 | | | |
| Surface totale | 1048418 | | | | | | | | | | | | | | |
| Coefficient pondéré | | | | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
| Différence à 2018 | | | | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | -0.1 | 0 | 0 | 0 |

Figure 6 : Coefficients cultureux moyens estimés pour l'année 2030

Figure 7 : Coefficients cultureux moyens estimés pour l'année 2050

Les variations de SAU enregistrées sont donc faibles et engendrent peu de modifications concernant les coefficients cultureux mensuels moyens.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

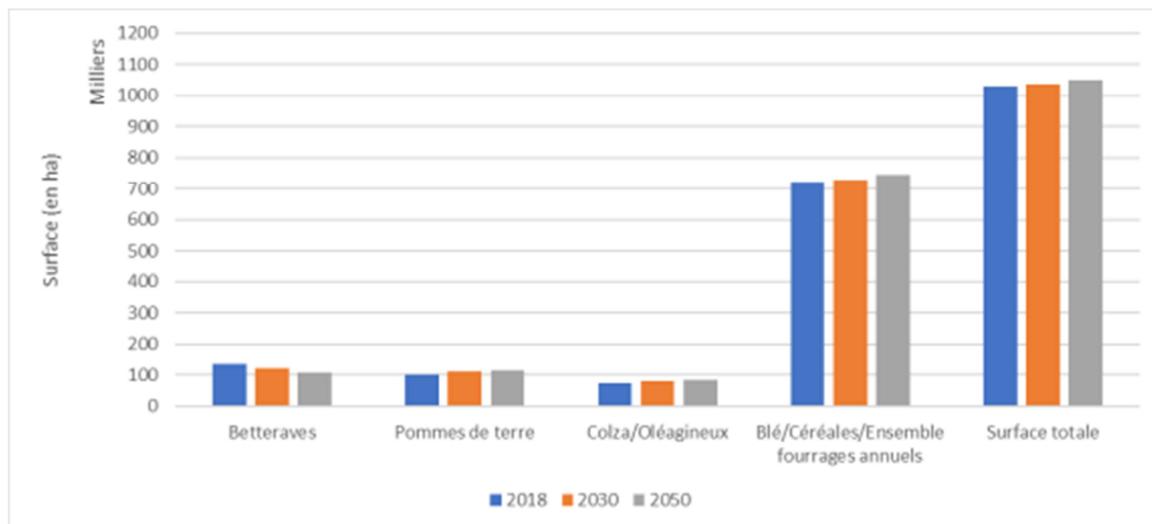


Figure 8 : Evolution des surfaces agricoles utiles entre 2018 et 2050

4.1.2.2 Précipitations moyennes mensuelles

4.1.2.2.1. Extraction des données DRIAS

Comme expliqué dans le chapitre 2.2, les scénarios IPSL – RCP4.5 et CNRM – RCP8.5 ont été sélectionnés en tant que scénarios respectivement optimiste et pessimiste pour les horizons 2030 et 2050.

Les données de pluviométrie et température mensuelles ont donc été extraites de la plateforme DRIAS pour l'ensemble des 313 mailles couvrant le territoire Artois-Picardie.

A noter que :

- La pluviométrie de l'année 2030 est moyennée à partir des données de 2015 à 2045 (moyenne sur 30 ans)
- La pluviométrie de l'année 2050 est moyennée à partir des données de 2035 à 2065 (moyenne sur 30 ans)

Il en va de même pour les données de température.

4.1.2.2.2. Cohérence avec la Phase 1

Au cours de la Phase 1, les données de précipitations mensuelles moyennes ont été fournies par Météo France : sélection de 20 stations réparties sur l'ensemble du territoire. Ces 20 stations sont rappelées ci-dessous :

Tableau 1 : Stations Météo France sélectionnées pour le suivi pluviométrique sur la période 1981-2010

| Code de la station | Nom de la station | Coordonnée X (L93) | Coordonnée Y (L93) |
|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 80001001 | ABBEVILLE | 616499.27 | 7004517.53 |
| 80379002 | AMIENS-GLISY | 655575.53 | 6974973.06 |
| 62873001 | ARRAS-WANCOURT | 690717.61 | 7017457.22 |
| 80086002 | BERNAVILLE | 641315.62 | 7004762.13 |
| 62160001 | BOULOGNE-SUR-MER | 600964.43 | 7071524.76 |
| 62548002 | CALAIS-MARCK | 626503.37 | 7096459.88 |
| 80271002 | EPEHY | 708611.52 | 6989061.55 |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

| Code de la station | Nom de la station | Coordonnée X (L93) | Coordonnée Y (L93) |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| 62826001 | LE TOUQUET-PARIS PLAGES | 602171.12 | 7047202.26 |
| 59343001 | LILLE-LESQUIN | 706918.47 | 7052543.08 |
| 59392001 | MAUBEUGE | 768879.56 | 7019726.66 |
| 59456001 | PECQUENCOURT | 715429.9 | 7032321.44 |
| 62685001 | RADINGHEM | 637057.51 | 7050478.15 |
| 62706001 | RICHEBOURG | 681439.89 | 7054797.98 |
| 2320001 | SAINT-QUENTIN – FONTAINE-LES-CLERCS | 714843.85 | 6968851.2 |
| 62784001 | SAULTY | 666894.99 | 7013834.46 |
| 59606004 | VALENCIENNES | 732797.65 | 7025712.66 |
| 80815002 | VRON | 611739.29 | 7024328.66 |
| 59647001 | WATTEN | 644472.44 | 7082161.56 |
| 60566001 | SAINT-ARNOULT | 612528.14 | 6947799.53 |
| 2298001 | ETREUX | 746418.16 | 6987760.65 |

Afin d'attribuer une valeur de pluviométrie à chacune des 300 000 mailles quadrillant le bassin Artois-Picardie pour le calcul de la recharge sous QGIS et de garder une homogénéité dans la précision des résultats entre les différents calculs de recharge, ces stations ont également servi de base pour les horizons 2030 et 2050.

La figure ci-dessous les localise approximativement sur la grille SAFRAN.

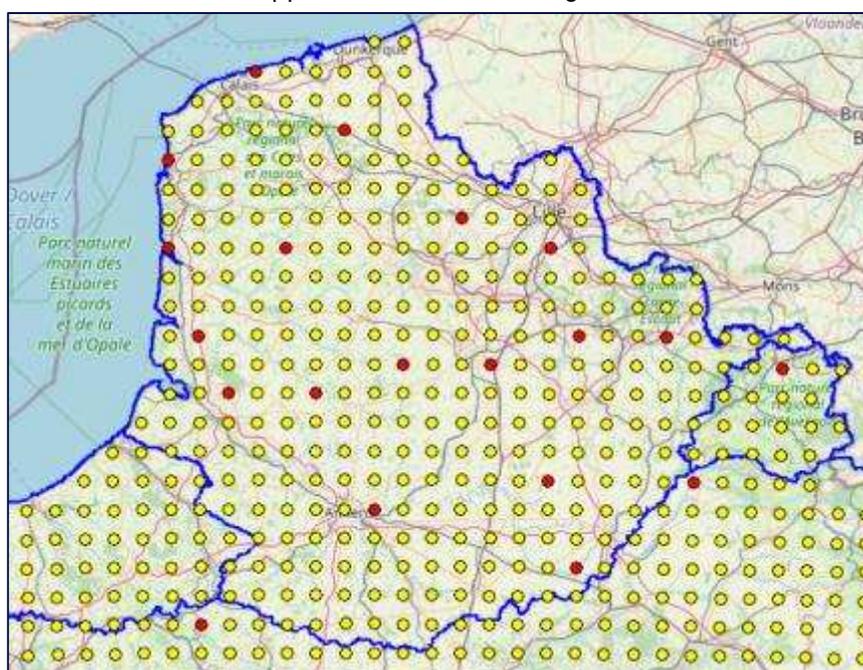


Figure 9 : Localisation approximative des stations Météo France sur la grille SAFRAN

Un croisement entre la grille SAFRAN ci-dessus et les polygones de Voronoï utilisés lors de la Phase 1 (voir ci-dessous) a permis de déterminer les mailles SAFRAN entrant dans la « sphère d'influence » de chacune des 20 stations. On calcule dès lors des moyennes mensuelles de pluviométrie pour les 20 stations Météo France, aux horizons 2030 et 2050 à partir des « lots de mailles » sélectionnées. Cette méthode permet d'exploiter l'ensemble des données DRIAS extraites.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

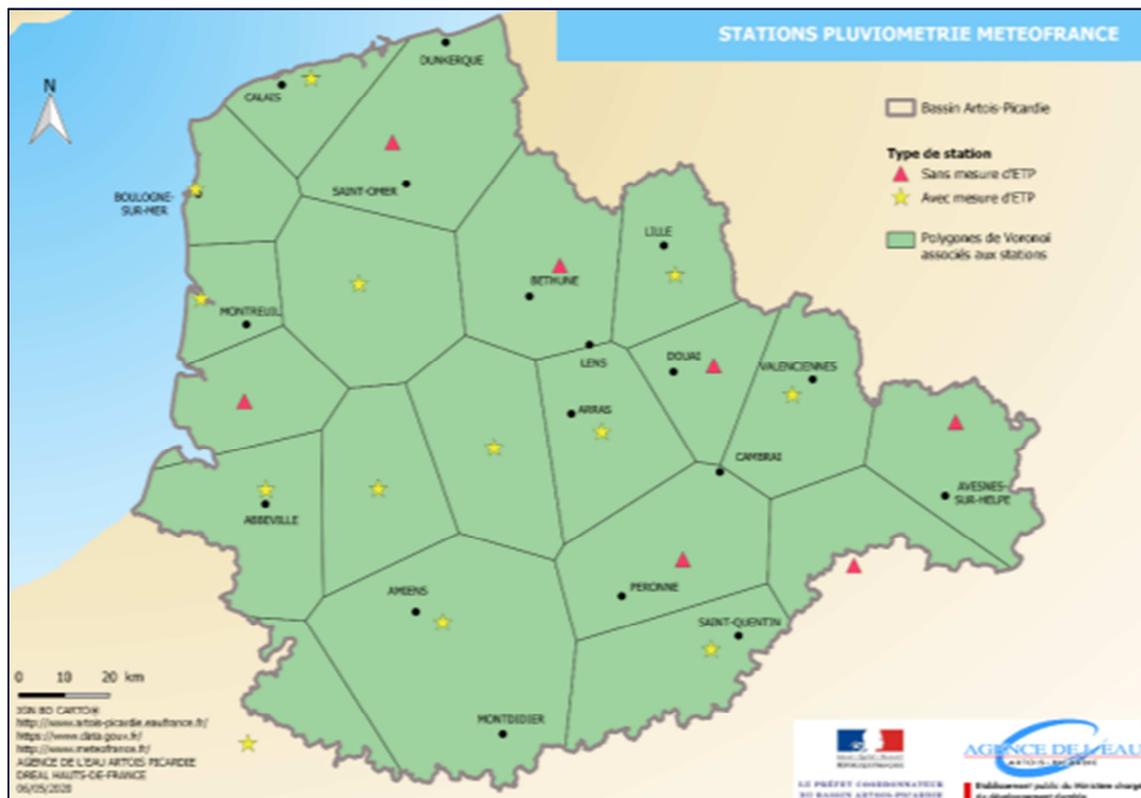


Figure 10 : Polygones de Voronoï associés aux stations pluviométriques (cf Rapport de phase 1)

Les 300 000 mailles QGIS utilisées pour le calcul de recharge se voient par la suite attribuées de valeurs de pluviométrie mensuelle selon le même découpage de polygones de Voronoï qu'au cours de la Phase 1.

Aucune correction de biais n'a été appliquée à ces valeurs de précipitations avant intégration dans le calcul de recharge.

4.1.2.3 Ruissellement superficiel

La méthode de calcul du ruissellement superficiel reste inchangée entre les phases 1 et 2 : méthode de Bussard (2005) s'appuyant sur **l'occupation des sols** (culture, zone urbaine ou bois-prairie), **la battance et la pente**.

Compte-tenu de la très faible variation supposée entre 2018, 2030 et 2050 pour ces trois paramètres à l'échelle du bassin, ceux-ci sont maintenus identiques pour les différents horizons.

4.1.2.4 Valeurs d'ETP mensuelles moyennes

4.1.2.4.1. Rappel sur le calcul d'ETP

L'ETP n'est pas une donnée disponible aux horizons 2030 et 2050 à partir des scénarios IPSL – RCP4.5 et CNRM – RCP8.5. Elle a donc dû être calculée.

Pour se faire, la formule de Thornthwaite a été sélectionnée (voir le rapport de Phase 2 – Etape 4B pour plus d'informations).

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Cette formule est souvent la plus utilisée, car ne dépendant que de données thermométriques. Elle est par ailleurs applicable à tout territoire car n'utilisant pas de coefficient régionaux ou cultureaux.

$$ETP = 16 \left(\frac{L}{12}\right) \left(\frac{N}{30}\right) \left(\frac{10T_a}{I}\right)^\alpha$$

Avec

$$\alpha = (6.75 * 10^{-7})I^3 - (7.71 * 10^{-5})I^2 + (1.792 * 10^{-2})I + 0.49239$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T_{ai}}{5}\right)^{1.514}$$

Et : ETP : potentiel estimé d'évaporation (mm/mois) ; Ta : moyenne quotidienne de température du mois calculé (en °C) ; N : nombre calculé de jours dans le mois ; L : la longueur moyenne en heures de la journée ; I : Indice de chaleur

4.1.2.4.1. Sélection des données de température et calcul de l'ETP

Les données de température ont été extraites de la plateforme DRIAS pour les périodes 2015-2045 et 2035-2065 pour chacun des scénarios.

Elles ont ensuite été exploitées selon les mêmes modalités que les données de pluviométrie, à savoir :

- Calcul des moyennes 2030 et 2050 à partir des plages de données 2015-2045 et 2035-2065,
- Calcul des moyennes au droit des 20 stations Météo France présentées dans le Tableau 2 par croisement des mailles SAFRAN (Figure 9) et des polygones de Voronoï (Figure 10).

Aucune correction de biais n'a été appliquée à ces valeurs de température avant intégration dans le calcul d'ETP.

L'ETP a par la suite pu être calculée pour chacune des stations, et chaque scénario, aux horizons 2030 et 2050.

Les valeurs d'ETP ainsi obtenue ont été attribuées à chacune des 300 000 mailles QGIS pour le calcul de la recharge (selon les polygones de Voronoï en vigueur).

Par ailleurs, pour chaque maille présentant une occupation des sols de type Culture, les ETP mensuelles ont été multipliées par les coefficients cultureux mensuels moyens présentés dans les Figure 6 et Figure 7.

4.1.3 Résultats

4.1.3.1 Rappel des corrections de biais

Une fois ces données intégrées, les calculs de recharge ont pu être lancés.

Rappelons que plusieurs possibilités de correction de biais avaient été évoquées lors du rapport de Phase 2 – Etape 4B :

- **Correction de biais après extraction des données de précipitation et température de la plateforme DRIAS** : comparaison des données mensuelles 1981-2010 enregistrées par Météo France au droit des 20 stations avec les données IPSL et CNRM pour cette même période de référence ; l'écart mensuel obtenu correspondant au biais était ensuite corrigé pour les périodes 2030 et 2050.
- **Correction de biais après calcul de l'ETP** en comparant également les périodes de référence.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

- **Correction de biais après calcul de la recharge.** Les calculs de recharge 2030 et 2050 sont réalisés à partir des données de pluviométrie et température extraites brutes de la plateforme DRAIS et moyennées au droit des stations (comme expliqué dans le chapitre 4.1.2.2). La recharge des périodes de référence IPSL et CNRM est calculée et, pour chacune des 300 000 mailles obtenues, une comparaison est réalisée avec la recharge interannuelle de la Phase 1 (1981-2010). L'écart obtenu pour chaque maille du territoire est ensuite corrigé sur les recharges futures 2030 et 2050.

Cette troisième solution a été retenue dans le cadre de cette étude et le chapitre 4.2 justifie ce choix.

4.1.3.2 Recharge annuelle future

Les résultats de recharge obtenus au droit de chaque SAGE sont dès lors les suivants :

Tableau 2 : Recharges futures et comparaison à la recharge interannuelle 1981-2010 calculée au cours de la Phase 1

| Audomarois | Authie | Bouloonnais | Canche | Delta de l'Aa | Escaut | Haute Somme | Lys | Marque Deule | Sambre | Scarpe amont | Scarpe aval | Sensée | Somme aval | Yser | Moyenne |
|---|--------|-------------|--------|---------------|--------|-------------|-----|--------------|--------|--------------|-------------|--------|------------|------|------------|
| RECHARGE MOYENNE INTERANNUELLE – DONNEES METEO France 1981-2010 (en mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 210 | 242 | 190 | 257 | 134 | 134 | 130 | 153 | 72 | 189 | 166 | 83 | 127 | 148 | 170 | 160 |
| RECHARGE MOYENNE 2017 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES METEO France 2017 (en mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 202 | 232 | 181 | 245 | 120 | 109 | 97 | 191 | 102 | 91 | 148 | 139 | 126 | 169 | 175 | 155 |
| -8 | -10 | -9 | -12 | -14 | -25 | -33 | 38 | 30 | -98 | -18 | 56 | -1 | 21 | 5 | -3 |
| -4% | -4% | -5% | -5% | -10% | -19% | -25% | 25% | 42% | -52% | -11% | 67% | -1% | 14% | 3% | -3% |
| RECHARGE IPSL4.5_2030 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2015-2045 (en mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 254 | 292 | 258 | 311 | 180 | 169 | 164 | 186 | 89 | 229 | 178 | 112 | 159 | 194 | 211 | 197 |
| 44 | 50 | 68 | 54 | 46 | 35 | 34 | 33 | 17 | 40 | 12 | 29 | 32 | 46 | 41 | 37 |
| 21% | 21% | 36% | 21% | 34% | 26% | 26% | 22% | 21% | 21% | 36% | 21% | 34% | 26% | 26% | 22% |
| RECHARGE CNRM8.5_2030 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2015-2045 (en mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 248 | 274 | 229 | 295 | 170 | 155 | 151 | 187 | 90 | 214 | 192 | 104 | 154 | 174 | 209 | 186 |
| 38 | 32 | 39 | 38 | 36 | 21 | 21 | 34 | 18 | 25 | 26 | 21 | 27 | 26 | 39 | 26 |
| 18% | 13% | 21% | 15% | 27% | 16% | 16% | 22% | 25% | 13% | 16% | 25% | 21% | 18% | 23% | 16% |
| RECHARGE IPSL4.5_2050 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2035-2065 (en mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 286 | 334 | 293 | 356 | 201 | 194 | 189 | 213 | 103 | 265 | 226 | 130 | 182 | 215 | 238 | 225 |
| 76 | 92 | 103 | 99 | 67 | 60 | 59 | 60 | 31 | 76 | 60 | 47 | 55 | 67 | 68 | 65 |
| 36% | 38% | 54% | 39% | 50% | 45% | 45% | 39% | 43% | 40% | 36% | 57% | 43% | 45% | 40% | 41% |
| RECHARGE CNRM8.5_2050 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2035-2065 (en mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 260 | 275 | 238 | 298 | 185 | 156 | 155 | 196 | 94 | 210 | 191 | 108 | 157 | 179 | 225 | 190 |
| 50 | 33 | 48 | 41 | 51 | 22 | 25 | 43 | 22 | 21 | 25 | 22 | 30 | 31 | 55 | 30 |
| 24% | 14% | 25% | 16% | 38% | 16% | 19% | 28% | 31% | 11% | 15% | 30% | 24% | 21% | 32% | 19% |

Rappelons que le scénario IPSL-RCP4.5 a été sélectionné en tant que scénario optimiste. Le CNRM-RCP8.5 constitue le scénario pessimiste.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Une tendance générale à la hausse des recharges sur le territoire est donc à retenir :

- Cette hausse est particulièrement marquée pour le modèle IPSL4.5, considéré comme optimiste : + 22% en moyenne pour l'horizon 2030 et + 41% pour l'horizon 2050
- Elle est plus stable pour le modèle CNRM8.5 : +16% en moyenne à l'horizon 2030 et +19% à l'horizon 2050.
- Les scénarios optimistes et pessimistes sont donc peu différenciants à l'horizon 2030. Des écarts notables commencent à apparaître à l'horizon 2050 (conformément aux attentes des experts climatiques interrogés au cours de l'Etape 4 – voir rapport de Phase 2-Etape4A).
- Notons également des pourcentages d'augmentation inter-SAGE variés, notamment concernant le modèle IPSL4.5 à horizon 2050.

Ces augmentations de recharge et variabilités inter-SAGE sont dues aux valeurs de pluviométrie futures calculées par les modèles IPSL et CNRM.

Il paraît également important de noter que des écarts plus marqués entre valeurs brutes et valeurs après correction apparaissent pour les SAGE localisés à l'Ouest ou sur les côtes. Ceci peut s'expliquer par une variabilité climatique plus importante.

Les planches ci-dessous donnent des informations pour chacun des scénarios : carte de recharge et graphiques illustrant la moyenne annuelle pour chaque SAGE. Ces graphiques permettent de comparer, pour chaque scénario et chaque horizon :

- La moyenne interannuelle 1981-2010 calculée au cours de la Phase 1,
- La période de référence du modèle (1971-2005),
- La recharge calculée à l'horizon choisi, sans correction de biais, dite « Valeurs brutes »,
- La recharge calculée à l'horizon choisi, avec application de la correction post calcul de la recharge, dite « Valeurs corrigées ».

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

IPSL-RCP4.5 – Horizon 2030

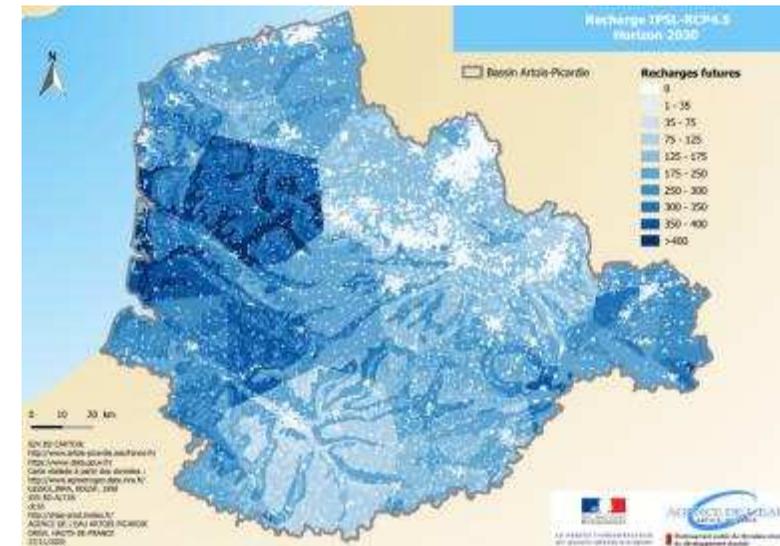
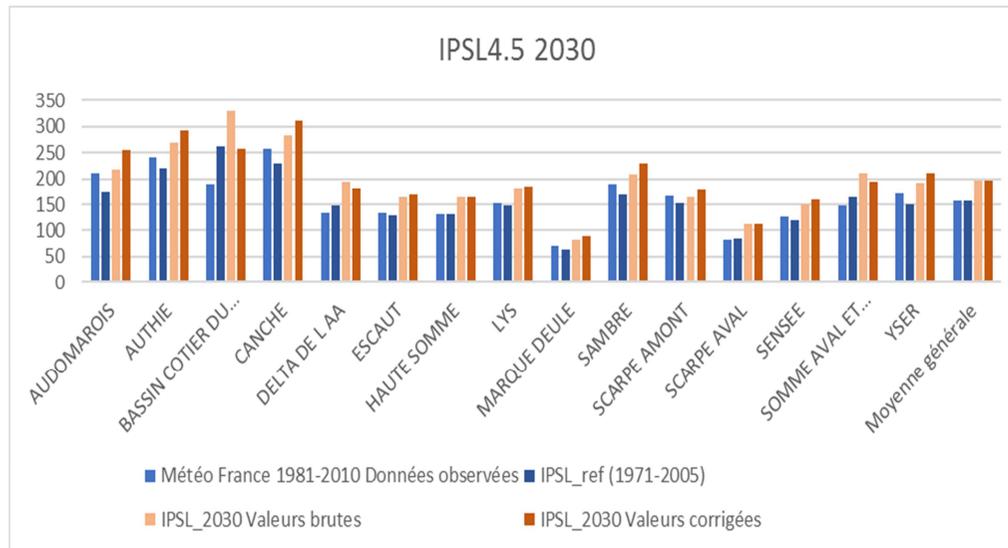


Figure 11 : IPSL-RCP4.5, à l'horizon 2030

IPSL-RCP4.5 – Horizon 2030

Ce premier graphique traduisant les résultats des calculs de recharge pour le scénario IPSL-RCP4.5 à l'horizon 2030 met en évidence les éléments suivants :

- Le SAGE Marque-Deûle présente la plus faible recharge : 89 mm contre 72 mm sur la période 1981-2010 et 102 mm en 2017. Pour rappel, cette faible recharge est due à la forte urbanisation du SAGE.
- Des recharges globalement plus importantes pour les SAGE côtiers, à l'exception du Delta de l'Aa

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

IPSL-RCP4.5 – Horizon 2050

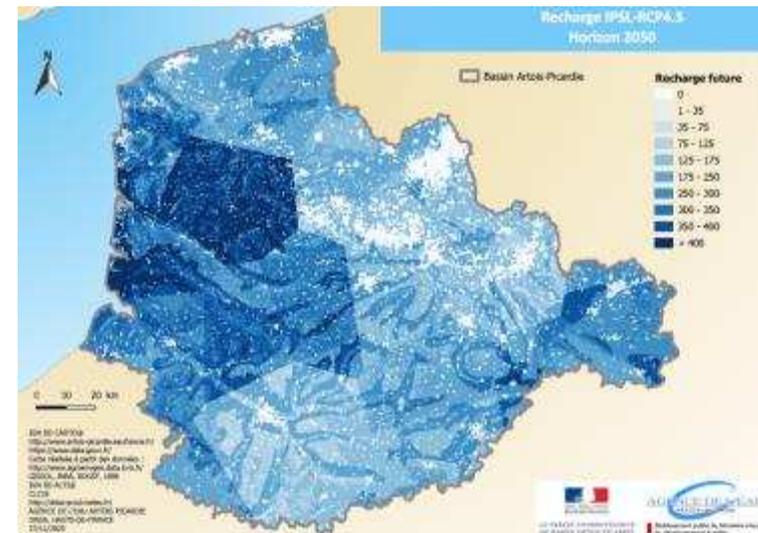
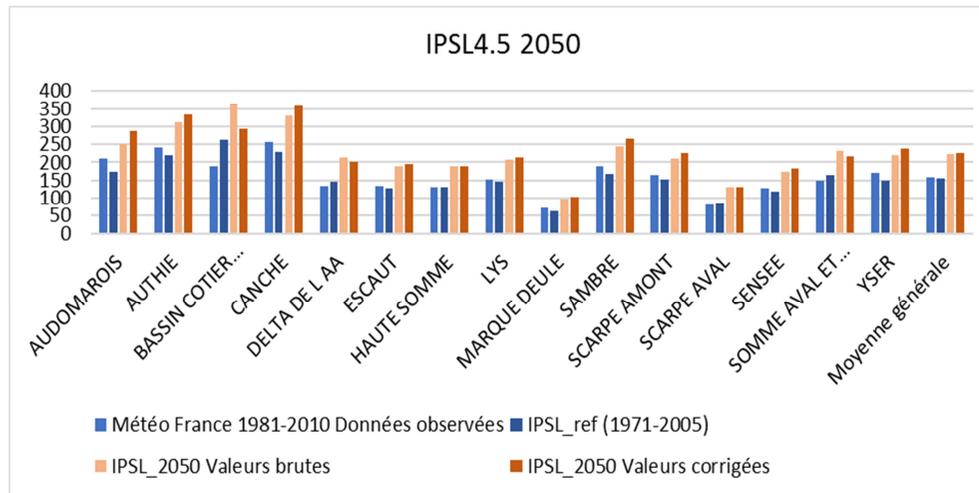


Figure 12 : IPSL-RCP4.5, à l'horizon 2050

IPSL-RCP4.5 – Horizon 2050

Ce graphique traduisant les résultats des calculs de recharge pour le scénario IPSL-RCP4.5 à l'horizon 2050 met en évidence les éléments suivants :

- Le SAGE Marque-Deûle présente la plus faible recharge : 103 mm contre 72 mm sur la période 1981-2010, 102 mm en 2017 et 89 mm estimé pour le même scénario à l'horizon 2030. Pour rappel, cette faible recharge est due à la forte urbanisation du SAGE.
- L'augmentation de la recharge est généralisée par rapport à 2030 (+ 14 % en moyenne) et la répartition semble identique entre les deux horizons : recharges globalement plus importantes pour les SAGE côtiers, à l'exception du Delta de l'Aa

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

CNRM-RCP8.5 – Horizon 2030

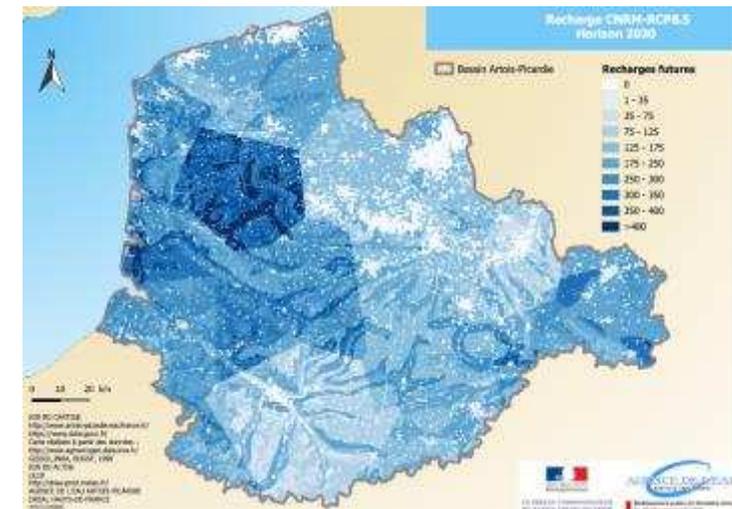
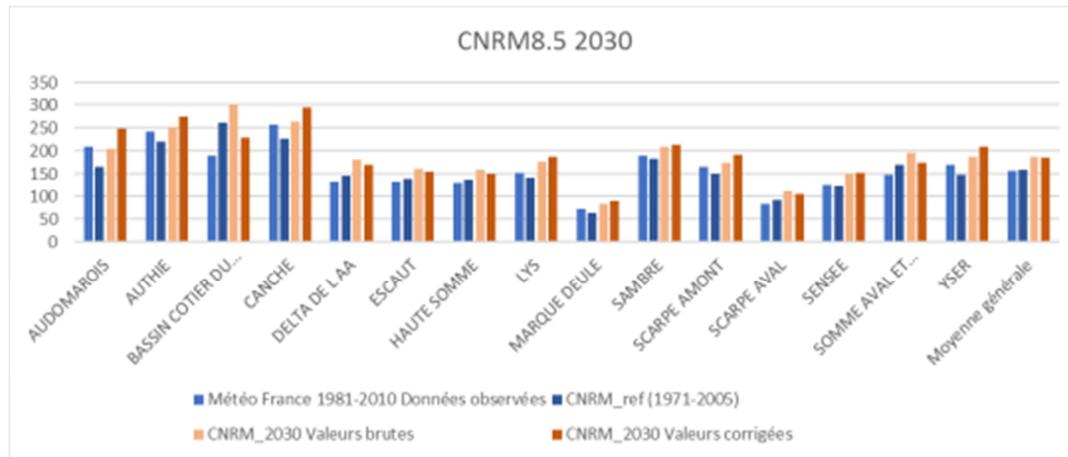


Figure 13 : CNRM-RCP8.5, à l'horizon 2030

CNRM-RCP8.5 – Horizon 2030

Ce graphique traduisant les résultats des calculs de recharge pour le scénario CNRM-RCP8.5 à l'horizon 2030 met en évidence les éléments suivants :

- Le SAGE Marque-Deûle présente la plus faible recharge : 90 mm (équivalente à la recharge de 89 mm pour le scénario IPSL4.5 sur la même période) contre 72 mm sur la période 1981-2010 et 102 mm en 2017. Pour rappel, cette faible recharge est due à la forte urbanisation du SAGE.
- La répartition des recharges semble identique à celle du scénario IPSL.
- Les ordres de grandeurs sont globalement similaires entre IPSL4.5 – 2030 et CNRM8.5 – 2030. Ceci est dû est la proximité temporelle du scénario envisagé.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

CNRM-RCP8.5 – Horizon 2050

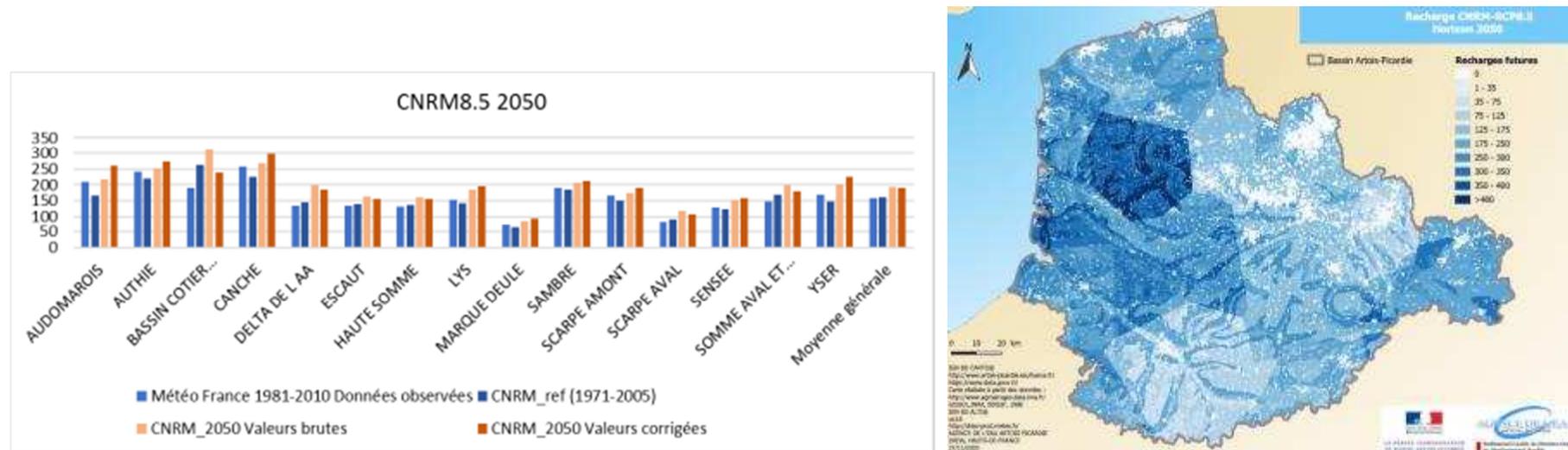


Figure 14 : CNRM-RCP8.5, à l'horizon 2050

CNRM-RCP8.5 – Horizon 2050

Ce graphique traduisant les résultats des calculs de recharge pour le scénario CNRM-RCP8.5 à l'horizon 2050 met en évidence les éléments suivants :

- Le SAGE Marque-Deûle présente la plus faible recharge : 94 mm (soit 4 mm de plus qu'en 2030) contre 72 mm sur la période 1981-2010 et 102 mm en 2017. Pour rappel, sur la même période, le scénario IPSL4.5 estimait une recharge de 103 mm.
- La répartition des recharges semble identique à celle du scénario IPSL4.5.
- Les ordres de grandeurs sont globalement similaires entre CNRM8.5 – 2030 et CNRM8.5 – 2050. Ce scénario pessimiste présente une hausse moins marquée des précipitations dans le temps : moyenne générale de 190 mm en 2050 contre 186 en 2030 (+2 %) là où le scénario IPSL4.5 envisage une hausse de 14 %.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

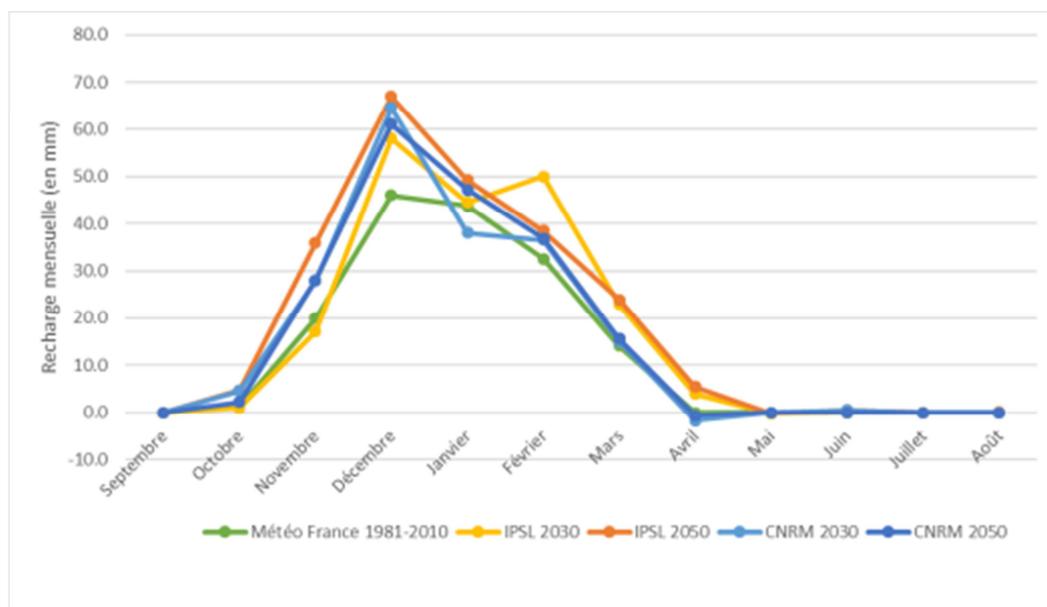
4.1.3.3 Recharge mensuelle future

Cette partie présente les variations mensuelles de chaque modèle sur l'ensemble du territoire.

Tableau 3 : Valeurs mensuelles de recharge et écarts à la période 1981-2010

| Septembre | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août |
|--|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|
| RECHARGE MOYENNE INTERANNUELLE – DONNEES METEO France 1981-2010 (en mm) | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 1.3 | 19.9 | 46.0 | 43.7 | 32.6 | 14.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| RECHARGE IPSL4.5_2030 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2015-2045 (en mm) | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 1.1 | 17.1 | 58.1 | 44.5 | 50.0 | 23.0 | 3.9 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0 | -0.2 | -2.8 | 12.1 | 0.8 | 17.5 | 8.8 | 3.9 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| RECHARGE IPSL4.5_2050 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2035-2065 (en mm) | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 4.7 | 35.8 | 66.9 | 49.3 | 38.5 | 23.9 | 5.5 | -0.2 | 0.5 | 0.0 | 0.1 |
| 0.0 | 3.4 | 15.9 | 20.9 | 5.6 | 5.9 | 9.8 | 5.5 | -0.2 | 0.5 | 0.0 | 0.1 |
| RECHARGE CNRM8.5_2030 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2015-2045 (en mm) | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 4.6 | 27.9 | 64.6 | 38.1 | 36.6 | 15.1 | -1.7 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0 | 3.3 | 8.0 | 18.6 | -5.6 | 4.0 | 1.0 | -1.7 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.0 |
| RECHARGE CNRM8.5_2050 et différence à la moyenne interannuelle – DONNEES DRIAS 2035-2065 (en mm) | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 2.3 | 28.0 | 61.2 | 47.2 | 36.8 | 15.6 | -0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0 | 1.0 | 8.1 | 15.2 | 3.5 | 4.2 | 1.4 | -0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Pour information, les valeurs de recharge négatives sont issues de la correction de biais appliquée et ne remettent pas en cause le calcul de la recharge en lui-même. Une valeur de recharge négative peut-être remplacée par 0 mm.



Les valeurs de recharge sont donc globalement toujours supérieures aux données mensuelles Météo France pour la période 1981-2010 exceptions faites des mois d'octobre et novembre pour le scénario IPSL4.5 – 2030 et du mois de janvier pour le scénario CNRM8.5 – 2030.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Les tendances observables sont identiques entre les mois de mai à décembre :

- Absence de recharge entre mai et septembre
- Forte hausse de septembre à décembre avec un différentiel existant selon les scénarios.
- Atteinte d'un pic de recharge en décembre pour les quatre scénarios

La variabilité de la recharge apparaît donc sur les mois de janvier à mai (baisse plus prononcée en janvier pour le scénario CNRM8.5-2030 et deuxième pic observable en février pour IPSL4.5-2030)

Par ailleurs, si une distinction peut être faite entre les deux horizons du scénario IPSL4.5, il n'en va pas de même pour les CNRM8.5. Les moyennes de recharge sur l'ensemble du bassin sont d'ailleurs très proches : 186 mm à l'horizon 2030 et 190 mm à l'horizon 2050. Le seul point de divergence réside au niveau du mois de janvier avec un décrochement observable pour 2030.



Ce qu'il faut retenir...

Ces estimations annuelles et mensuelles n'indiquent donc à priori pas de problème de recharge future. Elles sont fortement dépendantes des valeurs de pluviométrie extraites de la plateforme DRIAS et spécifiques aux modèles IPSL et CNRM.

Les répartitions mensuelles restent globalement identiques avec un pic de recharge atteint pour le mois de décembre.

Le chapitre 4.1.4 présente les choix de sélection ainsi que les hypothèses posées pour déterminer ces recharges.

4.1.3.4 Recharge trimestrielle

Afin de favoriser une vision plus globale des résultats obtenus, une étude par SAGE de la recharge trimestrielle a été réalisée. Les périodes suivantes ont été considérées :

- Novembre/Décembre/Janvier : période de recharge importante
- Février/Mars/Avril : Période de recharge faible
- Mai/Juin/Juillet : Période de recharge faible à nulle selon les scénarios (forte ETP)
- Août/Septembre/Octobre : Période de recharge faible à nulle selon les scénarios (Re-saturation des réserves du sol)



Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux ci-dessous et traduits sous forme de graphique pour chacun des SAGE.

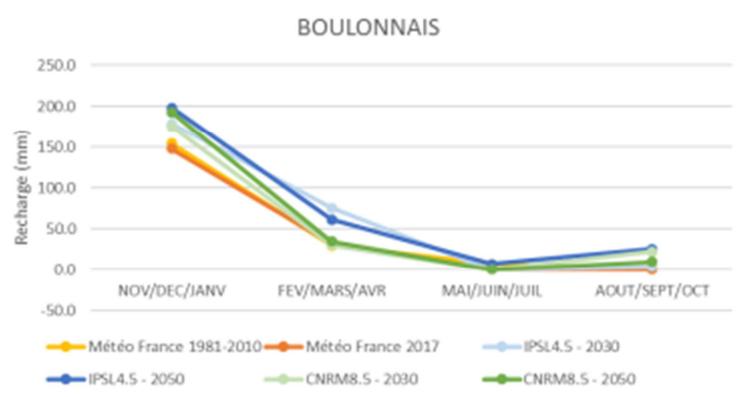
Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| BASSIN CÔTIER DU BOULONNAIS | Météo France 1981-2010 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| | CNRM8.5 - 2050 |

L'Audomarois suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois.

- Novembre/Décembre/Janvier : Période de recharge importante
- Février/Mars/Avril : Période de recharge importante
- Mai/Juin/Juillet : Période de recharge importante
- Août/Septembre/Octobre : Période de recharge importante (réserves du sol)

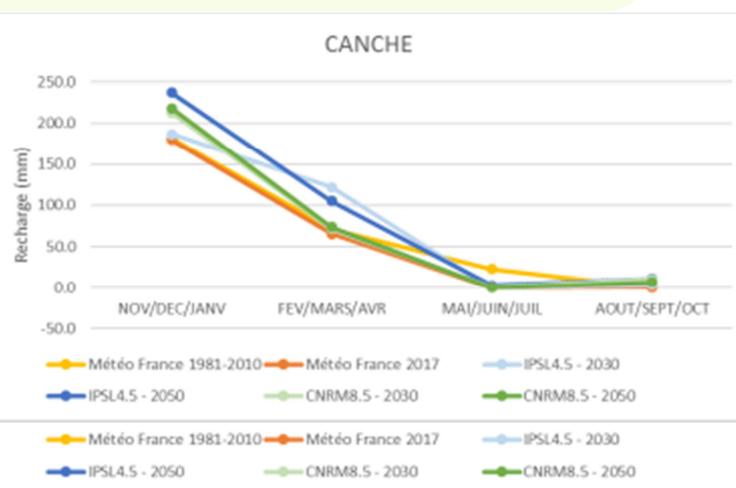
Notons toutefois une recharge sur le premier trimestre et pour le scénario IPSL4.5-2030 plus faible que les autres scénarios. Celle-ci semble se compenser sur le trimestre suivant (de février à avril).



| | |
|---------------|------------------------|
| AUTHIE | Météo France 1981-2010 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| | CNRM8.5 - 2050 |

L'Authie suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois. Les scénarios sont toutefois plus marqués de recharge importante.

Le scénario de référence Météo France 2017 pour la période de mai à juillet.



| | | NOV/DEC/JANV | FEV/MARS/AVR | MAI/JUIN/JUIL | AOÛT/SEPT/OCT |
|---------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| CANCHE | Météo France 1981-2010 | 181.3 | 71.1 | 22.8 | 0.0 |
| | Météo France 2017 | 179.8 | 65.3 | 0.0 | 0.3 |
| | IPSL4.5 - 2030 | 186.7 | 121.6 | 0.0 | 3.1 |
| | IPSL4.5 - 2050 | 237.4 | 104.9 | 2.8 | 10.4 |
| | CNRM8.5 - 2030 | 212.8 | 71.4 | 0.5 | 10.0 |
| | CNRM8.5 - 2050 | 218.2 | 73.7 | 0.0 | 6.1 |

Le Bassin Côtier du Boulonnais suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois. Les écarts entre scénarios sont toutefois plus marqués sans prédominance d'un scénario sur le trimestre de recharge importante (IPSL4.5-2050 et CNRM8.5-2050 équivalents).

Les scénarios CNRM8.5 semblent globalement suivre les évaluations de la Phase 1 de février à octobre. Contrairement à l'Audomarois et l'Authie, une recharge est enregistrée pour les mois d'août à septembre traduisant un comblement de la RU plus rapide et donc potentiellement de pluies plus importantes.

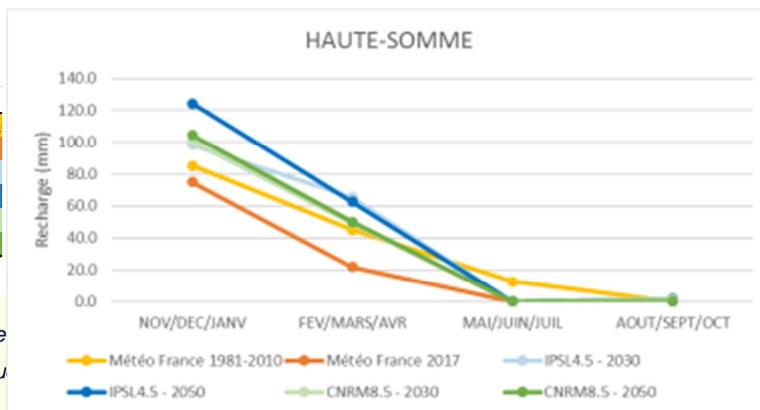
La Canche suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois. Les écarts entre scénarios sont toutefois plus marqués avec une prédominance du scénario IPSL4.5-2050 sur le trimestre de recharge importante.

Les scénarios CNRM8.5 semblent globalement suivre les évaluations de la Phase 1 de février à octobre. Notons également une recharge sur le premier trimestre et pour le scénario IPSL4.5-2030 plus faible que les autres scénarios et proche de Météo France. Celle-ci est compensée sur le trimestre suivant (de février à avril).

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

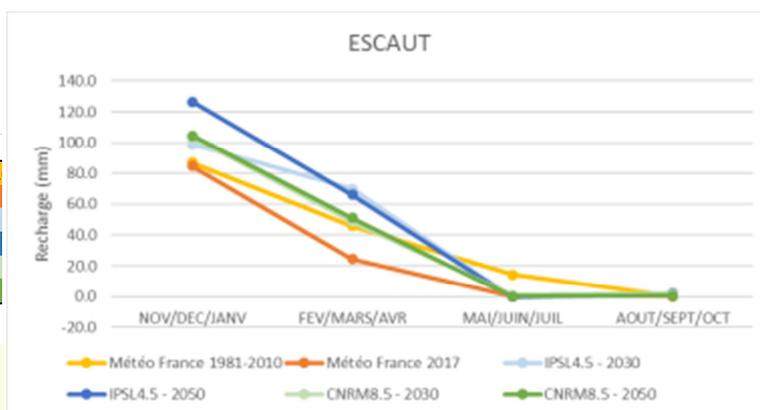
| | |
|----------------------|------------------------|
| DELTA DE L'AA | Météo France 1981-2010 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| | CNRM8.5 - 2050 |

Le Delta de l'Aa suit pour l'ensemble des scénarios sont largement plus marqués plus variable.



| | |
|---------------|------------------------|
| ESCAUT | Météo France 1981-2010 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| | CNRM8.5 - 2050 |

L'Escaut suit pour l'ensemble des scénarios sont cependant largement plus marqués sur l'ensemble de l'année avec une prédominance du scénario IPSL4.5-2050.



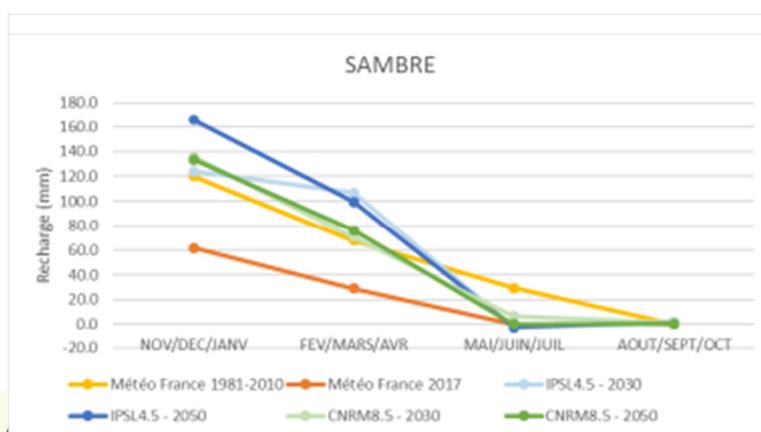
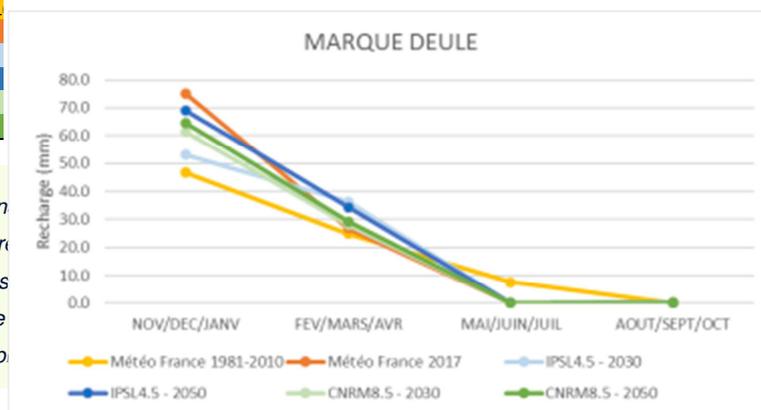
| | | NOV/DEC/JANV | FEV/MARS/AVR | MAI/JUIN/JUIL | AOÛT/SEPT/OCT |
|--------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| HAUTE-SOMME | Météo France 1981-2010 | 85.2 | 45.1 | 12.6 | 0.0 |
| | Météo France 2017 | 74.9 | 21.9 | 0.0 | 0.0 |
| | IPSL4.5 - 2030 | 98.2 | 65.4 | 0.0 | 0.1 |
| | IPSL4.5 - 2050 | 124.4 | 62.7 | 0.0 | 1.6 |
| | CNRM8.5 - 2030 | 100.4 | 49.1 | 0.0 | 1.4 |
| | CNRM8.5 - 2050 | 104.5 | 50.1 | 0.0 | 0.1 |

La Haute-Somme suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois. Les écarts entre scénarios sont cependant plus marqués sur l'ensemble de l'année.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

| | |
|------------|-----------------------|
| LYS | Météo France 1981-201 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| | CNRM8.5 - 2050 |

La Lys suit pour l'ensemble des scén Notons qu'en 2017, la recharge en correspond aux recharges estimées scénario IPSL4.5-2030 présente une La recharge 2017 est par ailleurs rep



Marque-Deule suit pour l'ensemble recharge sont dans leur ensemble largement plus faibles que les autres SAGE (forte urbanisation). L'année 2017 semble avoir été plus propice à la recharge que ne le seront les années futures d'après les différents scénarios.

| | | NOV/DEC/JANV | FEV/MARS/AVR | MAI/JUIN/JUIL | AOÛT/SEPT/OCT |
|---------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| MARQUE-DEULE | Météo France 1981-2010 | 46.6 | 24.9 | 7.5 | 0.0 |
| | Météo France 2017 | 75.0 | 26.8 | 0.0 | 0.0 |
| | IPSL4.5 - 2030 | 53.0 | 36.2 | 0.0 | 0.0 |
| | IPSL4.5 - 2050 | 68.9 | 34.4 | 0.0 | 0.2 |
| | CNRM8.5 - 2030 | 61.3 | 28.1 | 0.0 | 0.3 |
| | CNRM8.5 - 2050 | 64.4 | 29.2 | 0.0 | 0.0 |

| | | NOV/DEC/JANV | FEV/MARS/AVR | MAI/JUIN/JUIL | AOÛT/SEPT/OCT |
|---------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| SAMBRE | Météo France 1981-2010 | 120.2 | 68.2 | 29.3 | 0.0 |
| | Météo France 2017 | 61.9 | 28.8 | 0.0 | 0.0 |
| | IPSL4.5 - 2030 | 124.0 | 106.8 | -2.6 | 0.8 |
| | IPSL4.5 - 2050 | 165.9 | 99.6 | -2.6 | 1.8 |
| | CNRM8.5 - 2030 | 135.8 | 70.9 | 6.4 | 1.3 |
| | CNRM8.5 - 2050 | 133.7 | 76.3 | 0.0 | 0.5 |

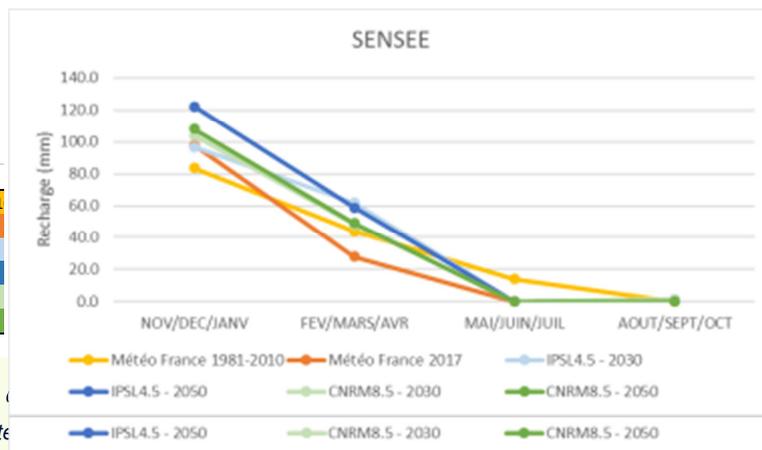
La Sambre suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois à l'exception du scénario IPSL4.5-2030 qui présente de fortes recharges deux trimestres de suite. Les écarts entre scénarios sont également largement plus marqués sur l'ensemble de l'année avec une prédominance du scénario IPSL4.5-2050.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

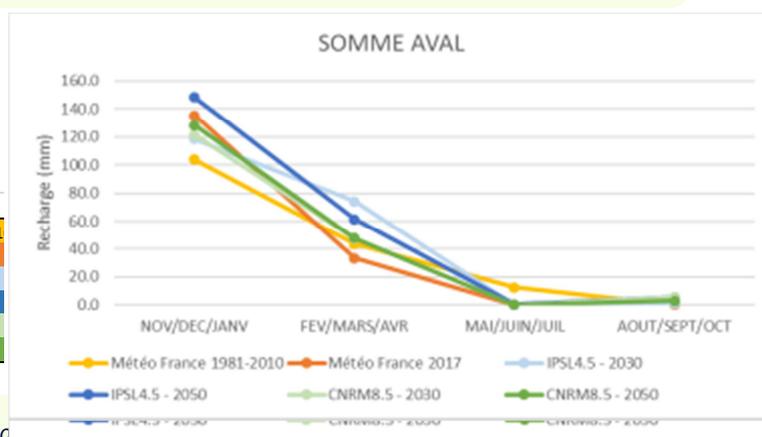
| | |
|---------------------|------------------------|
| SCARPE AMONT | Météo France 1981-2010 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| CNRM8.5 - 2050 | |

Scarpe amont suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois (recharge particulièrement élevée entre novembre et janvier et relativement élevée le trimestre suivant).



| | |
|--------------------|------------------------|
| SCARPE AVAL | Météo France 1981-2010 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| CNRM8.5 - 2050 | |

Scarpe aval suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois (recharge particulièrement élevée concentrée sur le trimestre NOV/DEC/JANV. L'ensemble des scénarios semble plutôt équivalent).



| | | NOV/DEC/JANV | FEV/MARS/AVR | MAI/JUIN/JUIL | AOÛT/SEPT/OCT |
|---------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| SENSEE | Météo France 1981-2010 | 83.6 | 43.6 | 14.0 | 0.0 |
| | Météo France 2017 | 97.8 | 27.8 | 0.0 | 0.0 |
| | IPSL4.5 - 2030 | 96.6 | 61.9 | 0.0 | 0.1 |
| | IPSL4.5 - 2050 | 122.2 | 58.8 | 0.0 | 1.2 |
| | CNRM8.5 - 2030 | 104.0 | 48.2 | 0.0 | 1.5 |
| | CNRM8.5 - 2050 | 108.2 | 49.0 | 0.0 | 0.1 |

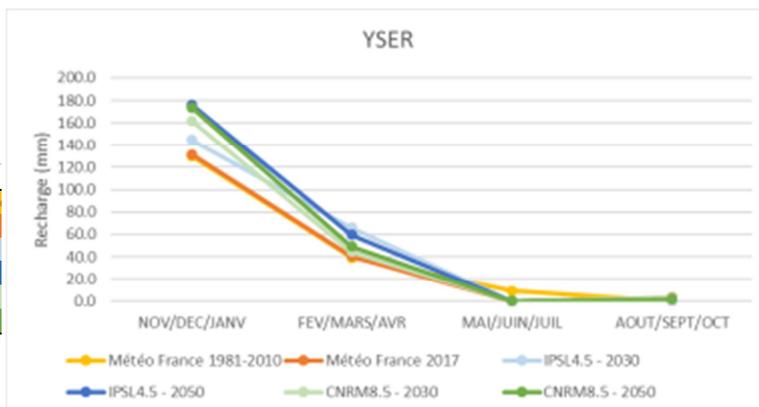
La Sensée suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois.

| | | NOV/DEC/JANV | FEV/MARS/AVR | MAI/JUIN/JUIL | AOÛT/SEPT/OCT |
|--|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| SOMME AVAL ET COURS D'EAU COTIERS | Météo France 1981-2010 | 103.7 | 43.7 | 12.4 | 0.0 |
| | Météo France 2017 | 135.2 | 33.5 | 0.0 | 0.0 |
| | IPSL4.5 - 2030 | 118.3 | 74.3 | 0.0 | 1.1 |
| | IPSL4.5 - 2050 | 148.3 | 61.5 | 0.2 | 5.3 |
| | CNRM8.5 - 2030 | 121.4 | 47.5 | 0.0 | 5.5 |
| | CNRM8.5 - 2050 | 128.3 | 47.6 | 0.0 | 2.7 |

La Sensée suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois. La répartition est proche de celle de la Sensée.

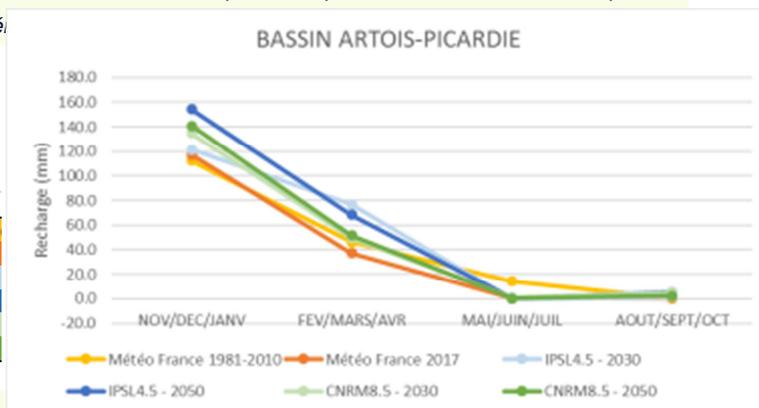
Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

| | |
|----------------|-----------------------|
| YSER | Météo France 1981-201 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| CNRM8.5 - 2050 | |



L'Yser suit pour l'ensemble des scénarios la même répartition que l'Audomarois. Il existe peu de différenciation entre les différents scénarios.

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| BASSIN ARTOIS-PICARDIE | Météo France 1981-201 |
| | Météo France 2017 |
| | IPSL4.5 - 2030 |
| | IPSL4.5 - 2050 |
| | CNRM8.5 - 2030 |
| CNRM8.5 - 2050 | |



La répartition trimestrielle de la recharge sur le bassin suit l'ordre d'idée général avec une recharge plus importante sur le période NOV/DEC/JANV et une prédominance du scénario IPSL4.5-2050.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

4.1.4 Pertinence de nos résultats

4.1.4.1 Etude Explore 2070

L'étude Explore 2070, datant de 2012, établit pour le bassin de la Somme, une baisse de recharge d'environ -19% d'ici 2065. Ce résultat s'appuie sur le croisement de 7 modèles climatiques dont les nôtres ne font pas partie. Une disparité existe toutefois entre l'ensemble de ces modèles : baisse de -30.4% pour le modèle ARPV3 le plus pessimiste et baisse de -5.6% pour le modèle GISS.

Notons également que deux modèles (CFDL-CM2.1 et GISS-MODEL-ER) prévoient une stabilisation voire une légère augmentation de la recharge moyenne annuelle dans certains sous-bassins de la Somme Aval.

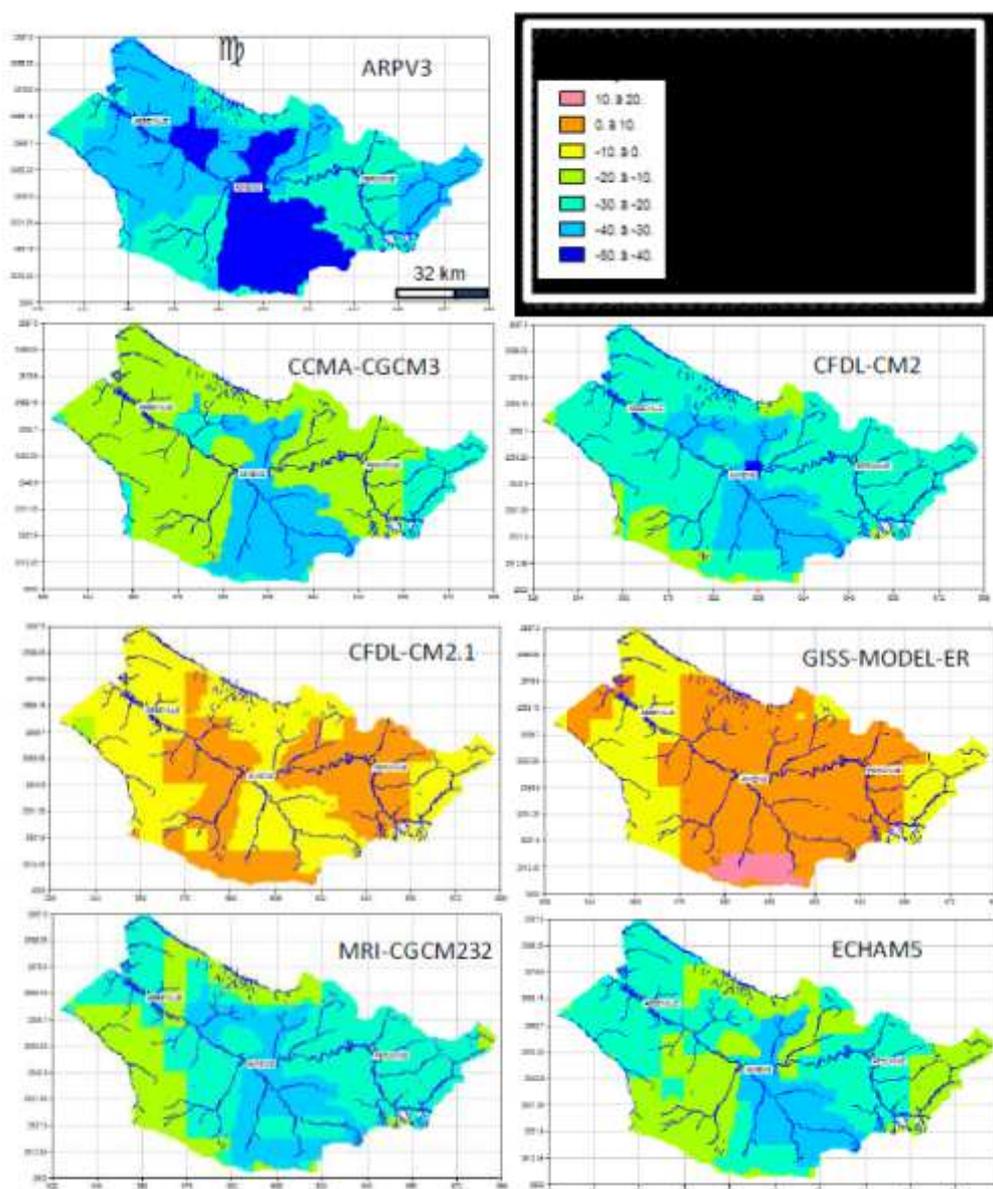


Figure 15 : Cartes de variation en pourcent de la recharge annuelle moyenne pour les 7 modèles climatiques (Source : Etude Explore 2070)

Comme souligné au cours de ce rapport, la recharge dépend fortement des valeurs de pluviométrie et donc des modèles climatiques utilisés. Ainsi, concernant l'étude Explore 2070, une baisse moyenne de -17% est estimée à l'horizon 2065 (variations comprises entre -29% pour le modèle CFDL-CM2.1 et -6% pour le modèle MRI-CGCM232).

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

A titre de comparaison, les modèles IPSL et CNRM couplés aux scénarios RCP4.5 et RCP8.5 enregistrent, à l'horizon 2050, une hausse des précipitations comprise entre +12% et 21% pour la station Abbeville et +20% et 22% pour la station d'Amiens.

L'étude Explore 2070 s'intéresse également aux variations de piézométrie des nappes souterraines. Ici encore, les estimations varient selon les modèles utilisés. Un rabattement de nappe plus important est à noter au niveau des plateaux (entre 2 et 10 m selon les modèles) en comparaison des vallées humides (entre 0.2 et 0.5 m).

Ces rabattements de nappes auraient dès lors un impact sur les débits de cours d'eau, fortement variables selon les modèles : entre -8.5 % et -44% pour le débit à l'étiage).

4.1.4.2 Le climat de la France au XXI^e siècle

Le volume 4 de l'étude « Le climat de la France au XXI^e siècle », intitulé « Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer » vise à fournir une analyse du changement climatique en France au XXI^e siècle à l'aide d'évolutions temporelles d'anomalies de précipitations et température en moyennes estivales et hivernales simulées par deux modèles climatiques régionaux mis en œuvre au CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France) et à l'IPSL (Institut Pierre Simon Laplace) en collaboration avec l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques).

Les simulations s'appuient sur trois des quatre scénarios considérés dans le dernier rapport du GIEC (2013-2014). De manière à prendre en considération les incertitudes inhérentes à la modélisation climatique, les résultats des deux modèles particuliers sont situés dans un ensemble de résultats de simulations produites au niveau international et européen.

Si ce rapport ne présente pas d'évaluation de la recharge aux horizons nous intéressant, il permet de souligner les caractéristiques des scénarios RCP4.5 et RCP-8.5 que nous avons sélectionnés pour cette étude.

Les modèles étudiés sont Aladin-Climat et WRF et les conclusions sont les suivantes :

- A l'horizon 2021-2050 : Une légère hausse des précipitations moyennes, en été comme en hiver, comprise entre 0 et 0,42 [-0,49/+0,41] mm/jour en moyenne sur la France, avec une forte incertitude sur la distribution géographique de ce changement,
- A l'horizon 2071-2100 : Une hausse des précipitations hivernales, de 0,1 à 0,85 [-0,19/+0,54] mm/jour selon les modèles et les scénarios (équivalent à un excédent de 9 à 76 mm en moyenne hivernale). Pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5, le modèle Aladin-Climat simule une diminution en été comprise entre -0,16 et -0,38 [-0,7/0] mm/jour en moyenne sur le territoire métropolitain (soit environ 15 à 35 mm de moins en moyenne estivale). Pour ces mêmes scénarios, le modèle WRF simule une augmentation des précipitations de 0,15 à 0,32 mm/jour.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Les figures ci-après illustrent ces propos :

○ En hiver

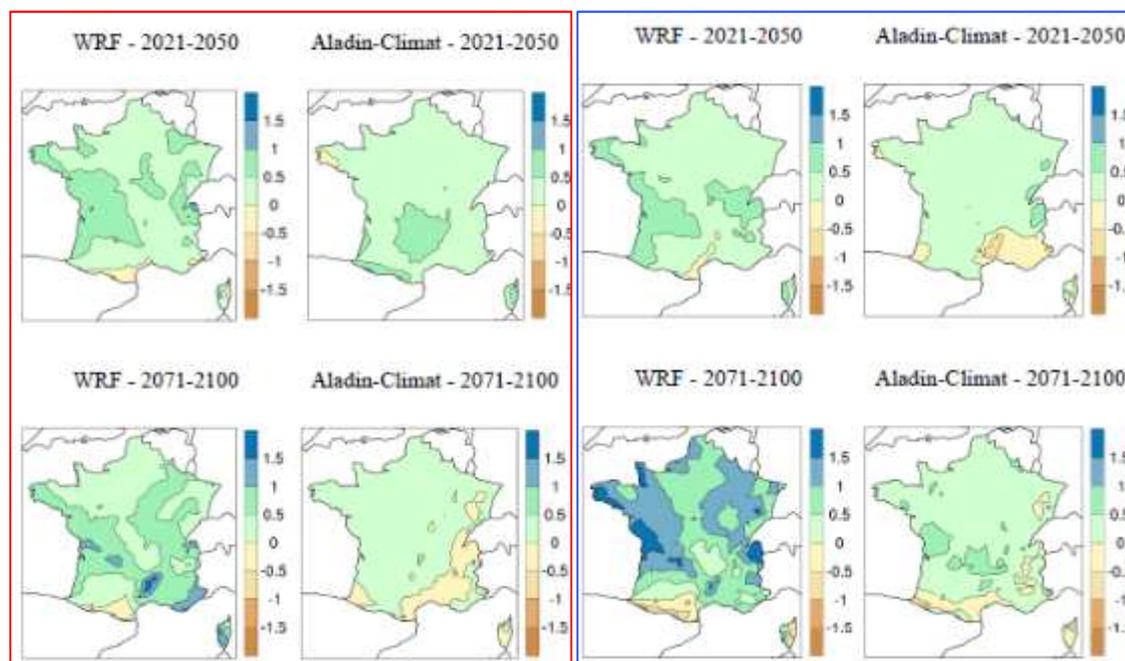


Figure 16 : Ecart des précipitations hivernales pour le scénario RCP4.5 (à gauche) et le scénario RCP8.5 (à droite) par rapport à la période 1976-2005 (écart en mm/jour)

L'augmentation des précipitations semble généralisée sur le bassin Artois-Picardie (+0.5 à +1 mm en moyenne).

○ En été

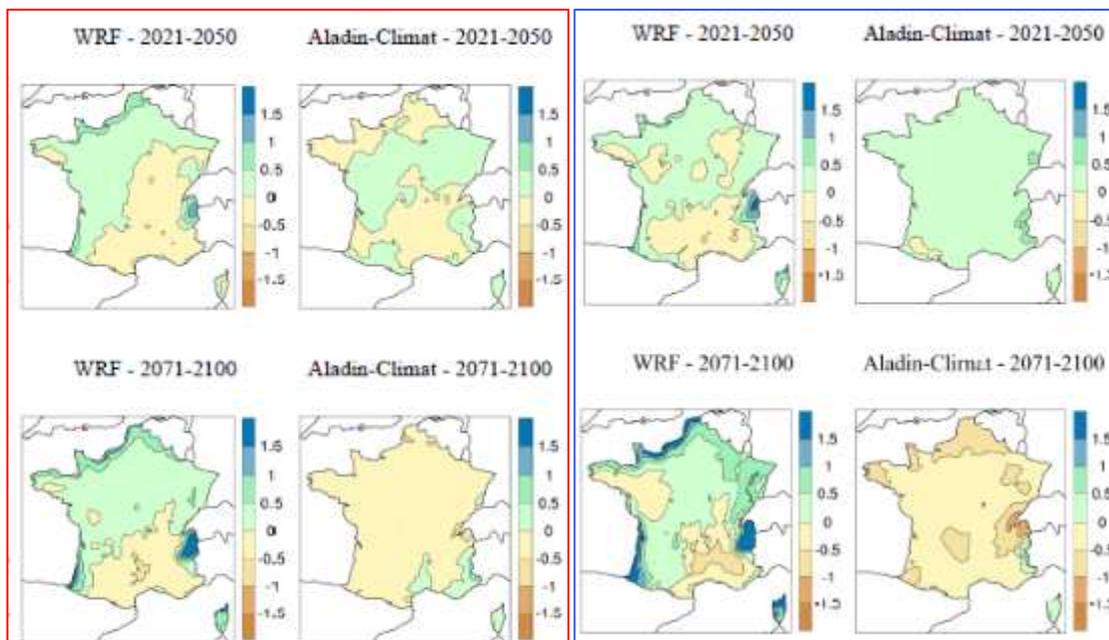


Figure 17 : Ecart des précipitations estivales pour le scénario RCP4.5 (à gauche) et le scénario RCP8.5 (à droite) par rapport à la période 1976-2005 (écart en mm/jour)

On ne peut à priori pas dégager de tendance particulière en période estivale compte-tenu de la divergence des deux modèles.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

De manière générale, une hausse des précipitations hivernales (comme estimée à travers ces deux modèles et pour les deux scénarios étudiés dans le cadre de cette étude sur le bassin Artois-Picardie) pourra être à l'origine de valeurs de recharge plus élevées. Cette observation va donc dans le sens des résultats obtenus et présentés dans les parties précédentes.

4.1.4.3 Etude SAFEGE sur le bassin Artois-Picardie de 2008

Le bureau d'étude SAFEGE a réalisé en 2008 un rapport à destination de l'AEAP intitulé « *Prise en compte du changement climatique dans la gestion des ressources en eau du bassin Artois-Picardie : Quels impacts ? Quelles prises en compte dans les politiques publiques ? Quelles opportunités pour de nouvelles techniques ou approches durables ?* »

Selon cette étude s'appuyant sur d'autres scénarios climatiques que IPSL-RCP4.5 et CNRM-RCP8.5, les tendances futures seraient :

- Une hausse des températures comprise entre 1.5 et 4°C
- **Une augmentation des précipitations en hiver (de 5 à plus de 30%) et une diminution en été (jusqu'à -50%)**

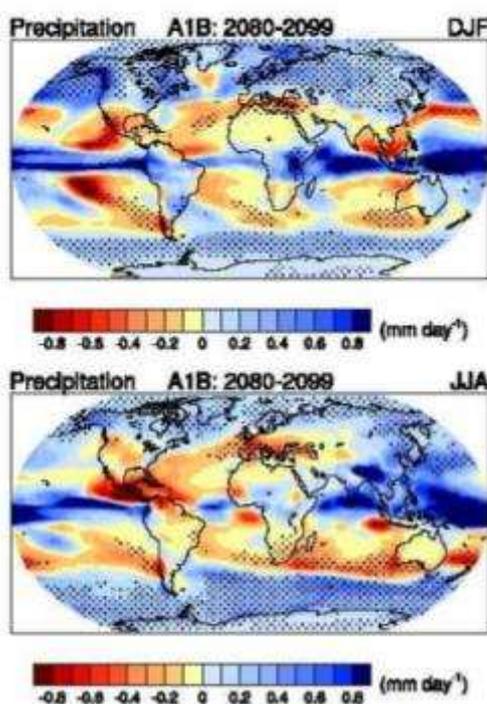


Figure 18: Evolution des précipitations à l'horizon 2100, pour le scénario A1B suivant la saison d'hiver (Décembre, Janvier, Février, en haut) et la saison d'été (Juin, Juillet, Août, en bas)

A titre d'information, les données de pluviométrie extraites de la plateforme DRIAS (corrigées par suite de la comparaison de périodes de référence scénario du GIEC/Observation Météo France) et utilisées au cours de l'Etape 5 sont réparties à l'échelle du bassin comme suit :

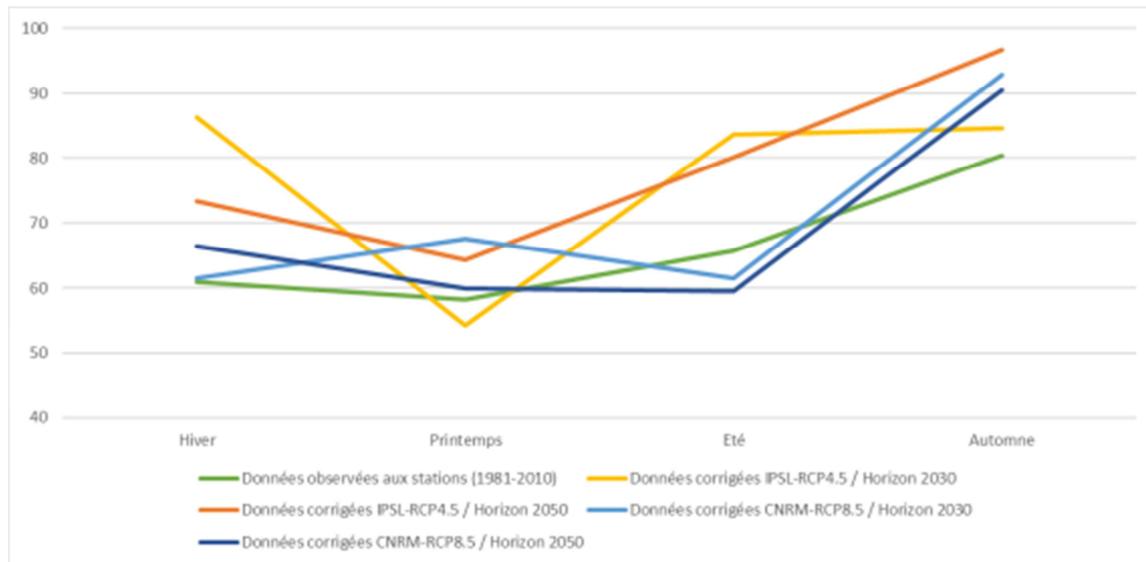


Figure 19 : Evolutions trimestrielles des précipitations sur le bassin Artois-Picardie (source : données DRIAS corrigées)

Les scénarios IPSL, optimistes, estiment à la hausse les précipitations futures sur l'ensemble de l'année (exception faite du printemps IPSL-RCP4.5 2030).

Les scénarios CNRM quant à eux, semblent reproduire les estimations de hausse des précipitations hivernales et de baisse des précipitations estivales.

- Une augmentation des inondations en hiver (débits de pointe supérieurs de 4 à 28%)
- Une accentuation des sécheresses et vagues de chaleur en été
- **Une baisse des débits d'étiage** (de 50% dans le pire des scénarios)

4.1.4.4 Projet Extrémoscope

Soutenu par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, et réalisé entre 2013 et 2016 par Météo-France et l'Institut Pierre-Simon Laplace, le projet EXTREMOSCOPE avait pour objectif d'analyser les événements climatiques extrêmes récents et déterminer l'influence du changement climatique sur ces événements.

- **Record de chaleur de décembre 2015** : le mois de décembre 2015 est considéré comme particulièrement chaud en France (anomalie de 3.9°C par rapport à la moyenne de référence 1949-2015 utilisée pour cette étude). L'analyse de ce phénomène a conduit aux conclusions suivantes : « *ce type d'événement est donc extrêmement peu probable dans un climat sans influence humaine, mais deviendra de plus en plus probable au cours du XXIème siècle sans réduction d'émission de gaz à effet de serre* ».
- **Pluies extrêmes du printemps 2016** : A la fin du mois de mai 2016, de nombreuses régions du Nord de la France ont connu des cumuls de précipitations particulièrement importants, dans certains cas exceptionnels. Les simulations réalisées dans le cadre du projet Extrémoscope montrent que les activités humaines ont probablement généré une augmentation de la probabilité d'événements comme celui-ci. Ces observations sont toutefois à nuancer du fait de la variabilité du climat.

4.2 Justification des hypothèses retenues

Cette partie présente les choix réalisés lors des calculs de recharge future :

- Choix de la correction de biais à appliquer
- Choix d'une pluviométrie moyennée sur plus ou moins 15 ans pour estimer les moyennes aux horizons 2030 et 2050
- Justification des valeurs de recharges futures plus élevées à partir des données DRIAS.

4.2.1 Choix de la correction de biais sur le calcul de la recharge

Comme présenté dans le rapport de Phase 2 – Etape 4B, trois corrections de biais sont possibles :

- Approche 1 : Correction sur les valeurs de pluviométrie et température extraites directement extraites de la plateforme DRIAS ;
- Approche 1b : Correction sur les valeurs d'ETP calculées à partir de la formule de Thornthwaite. Cette correction, écartée rapidement car nécessitant d'être couplée avec la première, n'est pas présentée ci-dessous ;
- Approche 2 : Correction à l'issue du calcul de la recharge.

4.2.1.1 Approche 1 : Correction sur les valeurs de pluviométrie et température

4.3.1.1.1. Rappel de la correction de biais sur les données climatiques

Les périodes de référence des modèles climatiques disponibles sur la plateforme DRIAS s'étendent de 1950 à 2005 (modèle CNRM) ou 1971-2005 (modèle IPSL). Au-delà de 2005, les données disponibles sont des « scénarios », intégrant un forçage radiatif.

- Pour chacun des deux modèles nous pouvons calculer les moyennes de précipitations et températures mensuelles sur la période **1981-2005** aux points de grilles les plus proches des stations essentielles du bassin Artois-Picardie.
- Chaque valeur est alors comparée mois par mois avec la moyenne correspondante issue de la fiche climatique Météo France sur la période 1981-2010. Mois par mois, on peut donc calculer un **biais mensuel moyen (ou anomalie)** du modèle considéré :
 - $\text{Biais}(T)_{(\text{Mois}, \text{modèle})} = T_{\text{modèle}}(\text{Mois}, \text{modèle}) - T_{\text{observée}}(\text{Mois})$
 - $\text{Biais}(P)_{(\text{Mois}, \text{modèle})} = P_{\text{modèle}}(\text{Mois}, \text{modèle}) - P_{\text{observée}}(\text{Mois})$
 - Exemple : « l'anomalie moyenne de température du modèle X au mois de janvier est -0.5°C » signifie que le modèle X a tendance à sous-estimer les températures du mois de janvier de 0.5°C en moyenne.
 - Les biais calculés pour les données de pluviométrie et température sont les suivants :

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

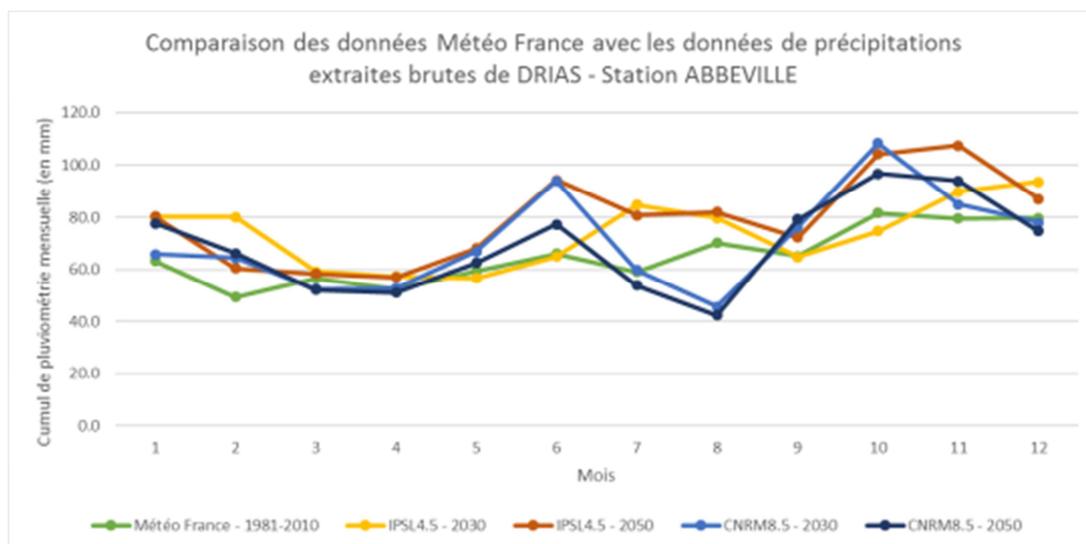
Tableau 4 : Biases mensuelles moyennes calculées pour les deux modèles

| | CNRM | | IPSL | |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | Biais de Température (en °C) | Biais de Précipitation (en mm) | Biais de Température (en °C) | Biais de Précipitation (en mm) |
| Janvier | -0.96 | 6.1 | -1.04 | 2.7 |
| Février | -1.05 | -0.3 | -1.47 | -9.0 |
| Mars | -0.71 | -9.0 | -0.89 | -13.5 |
| Avril | -0.65 | -1.3 | -0.54 | 0.1 |
| Mai | -1.32 | 1.5 | -1.77 | 4.8 |
| Juin | -0.53 | 15.4 | -1.63 | 13.1 |
| Juillet | -0.84 | -2.7 | -0.55 | -3.9 |
| Août | -0.60 | -15.8 | -0.78 | -18.7 |
| Septembre | -0.62 | 8.8 | -0.59 | -3.1 |
| Octobre | -0.66 | 6.5 | -1.04 | -3.0 |
| Novembre | -0.08 | -5.8 | 0.06 | 8.8 |
| Décembre | -0.16 | -19.8 | 0.17 | -11.1 |

- Correction de biais des séries climatiques mensuelles :
 - On part du principe que le biais moyen d'un modèle constaté sur la période d'observation est stable dans le futur.
 - On peut alors corriger les séries mensuelles DRIAS extraites sur les périodes 2015-2045 et 2035-2065 pour diminuer l'influence du biais de modèle. On considère pour ce faire :
 - ▷ $T_{\text{corrigée}}(\text{mois, modèle}) = T_{\text{DRIAS}}(\text{mois, modèle}) - \text{Biais}(T)_{(\text{Mois, modèle})}$
 - ▷ $P_{\text{corrigée}}(\text{mois, modèle}) = P_{\text{DRIAS}}(\text{mois, modèle}) - \text{Biais}(P)_{(\text{Mois, modèle})}$

4.3.1.1.2. Application à la phase 2 de l'étude

Les graphiques ci-dessous permettent de comparer de façon visuelle les écarts creusés ou non par l'application d'une correction de biais pour la station Abbeville.



Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Figure 20 : Comparaison des données Météo France avec les données de précipitations extraites brutes de DRIAS

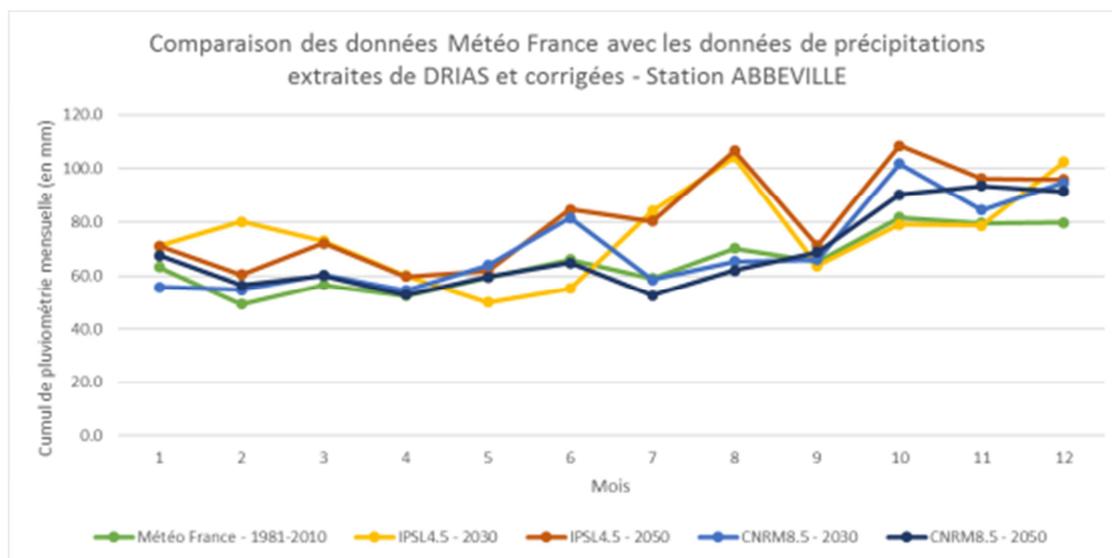
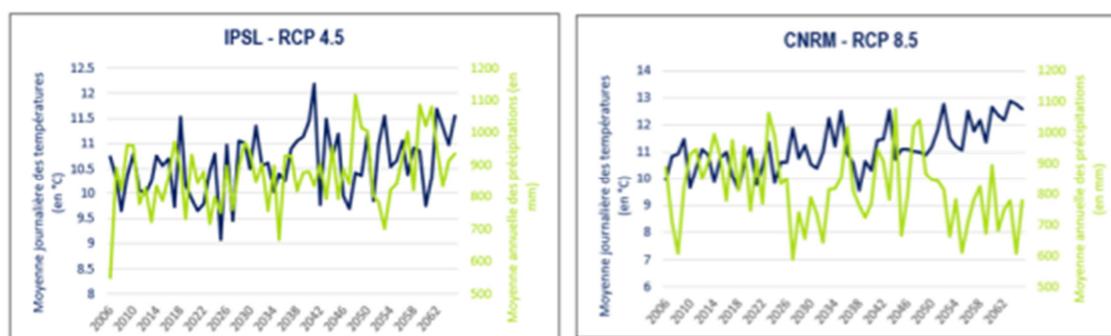


Figure 21 : Comparaison des données Météo France avec les données de précipitations extraites de DRIAS et corrigées

On constate donc que l'hypothèse « le biais moyen d'un modèle constaté sur la période d'observation est stable dans le futur » peut être remis en question. En effet, les variations interannuelles peuvent être fortes comme le montrent les graphiques ci-dessous extraits du rapport de Phase 2 – Etape 4B.



Appliquer une correction de biais sur les données de précipitations et températures pourrait donc engendrer un biais encore plus important, pouvant poser problème, notamment en période de recharge.

Ainsi, concernant la station Abbeville, la correction de biais appliquée réhausse la valeur du mois de décembre entre 10 et 20 mm selon le scénario. La recharge calculée ressort donc très élevée par rapport aux valeurs actuelles obtenues au cours de la Phase 1.

4.2.1.2 Approche 2 : Correction à l'issue du calcul de recharge

4.3.1.2.1. Rappel sur la méthode de correction

La seconde méthode possible consiste à corriger les valeurs de recharge à l'issue de l'ensemble des calculs, à savoir :

- Extraction des données P et T sur la plateforme DRIAS pour les 313 mailles de la grille SAFRAN (périodes 2015-2030 et 2035-2065)
- Utilisation des polygones de Voronoï de la Phase 1 pour calculer des moyennes futures au droit des mêmes territoires définis par les stations Météo France de la Phase 1 (20 polygones).

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

- Calcul de l'ETP de Thornthwaite à partir des valeurs de température pour chaque polygone de Voronoï et application d'un coefficient cultural moyenné
- Calcul des recharges IPSL_ref, CNRM_ref (période 1981-2005) et recharges futures à partir de ces données de précipitation et température « brutes »
- Détermination du biais entre les modèles IPSL_ref, CNRM_ref et la recharge interannuelle 1981-2010 de la Phase 1 (calcul réalisé sur chacune des 300 000 mailles QGIS)
 - ▷ $Biais(R)_{(modèle)} = R_{modèle} - R_{météo\ France}$
 - ▷ Exemple : « l'anomalie moyenne de recharge du modèle X est 13 mm » signifie que le modèle X a tendance à surestimer la recharge sur sa période de référence »
- Correction des recharges futures au droit de chaque maille à partir du biais déterminé.
 - ▷ $R_{corrigée(modèle)} = R_{brute(modèle)} - Biais(R)_{(modèle)}$

4.3.1.2.2. Application à la phase 2 de l'étude

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs de recharge avant et après correction de biais

Tableau 5 : Valeurs de recharge avant et après correction de biais

| Recharge (en mm) | CORRECTION SUR LES MAILLES POST RECHARGE | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|----------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|-------------------|
| | Météo France 1981-2010 | Météo France 2017 | CNRM_ref (1971-2005) | CNRM_2030 | | CNRM_2050 | | IPSL_ref (1971- | IPSL_2030 | | IPSL_2050 | |
| | Données observées | Données observées | | Valeurs brutes | Valeurs corrigées | Valeurs brutes | Valeurs corrigées | | Valeurs brutes | Valeurs corrigée | Valeurs brutes | Valeurs corrigées |
| AUDOMAROIS | 210 | 202 | 166 | 204 | 248 | 216 | 260 | 173 | 217 | 254 | 249 | 286 |
| AUTHIE | 242 | 232 | 219 | 252 | 274 | 252 | 275 | 219 | 270 | 292 | 311 | 334 |
| BASSIN COTIER DU BOULONNAIS | 190 | 181 | 263 | 301 | 229 | 311 | 238 | 262 | 331 | 258 | 365 | 293 |
| CANCHE | 257 | 245 | 226 | 264 | 295 | 267 | 298 | 230 | 284 | 311 | 329 | 356 |
| DELTA DE L'AA | 134 | 120 | 146 | 182 | 170 | 197 | 185 | 147 | 194 | 180 | 215 | 201 |
| ESCAUT | 134 | 109 | 140 | 161 | 155 | 162 | 156 | 129 | 164 | 169 | 190 | 194 |
| HAUTE SOMME | 130 | 97 | 138 | 158 | 151 | 162 | 155 | 130 | 164 | 164 | 189 | 189 |
| LYS | 153 | 191 | 142 | 177 | 187 | 186 | 196 | 147 | 180 | 186 | 207 | 213 |
| MARQUE DEULE | 72 | 102 | 64 | 82 | 90 | 86 | 94 | 64 | 81 | 89 | 96 | 103 |
| SAMBRE | 189 | 91 | 184 | 209 | 214 | 205 | 210 | 168 | 208 | 229 | 244 | 265 |
| SCARPE AMONT | 166 | 148 | 149 | 175 | 192 | 174 | 191 | 151 | 163 | 178 | 212 | 226 |
| SCARPE AVAL | 83 | 139 | 91 | 112 | 104 | 116 | 108 | 84 | 113 | 112 | 132 | 130 |
| SENSEE | 127 | 126 | 124 | 150 | 154 | 154 | 157 | 119 | 150 | 159 | 174 | 182 |
| SOMME AVAL ET COURS D'EAU COTIERS | 148 | 169 | 169 | 195 | 174 | 199 | 179 | 165 | 210 | 194 | 232 | 215 |
| YSER | 170 | 175 | 147 | 187 | 209 | 202 | 225 | 150 | 192 | 211 | 218 | 238 |
| Moyenne générale | 158 | 155 | 160 | 188 | 186 | 192 | 190 | 157 | 197 | 197 | 224 | 225 |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

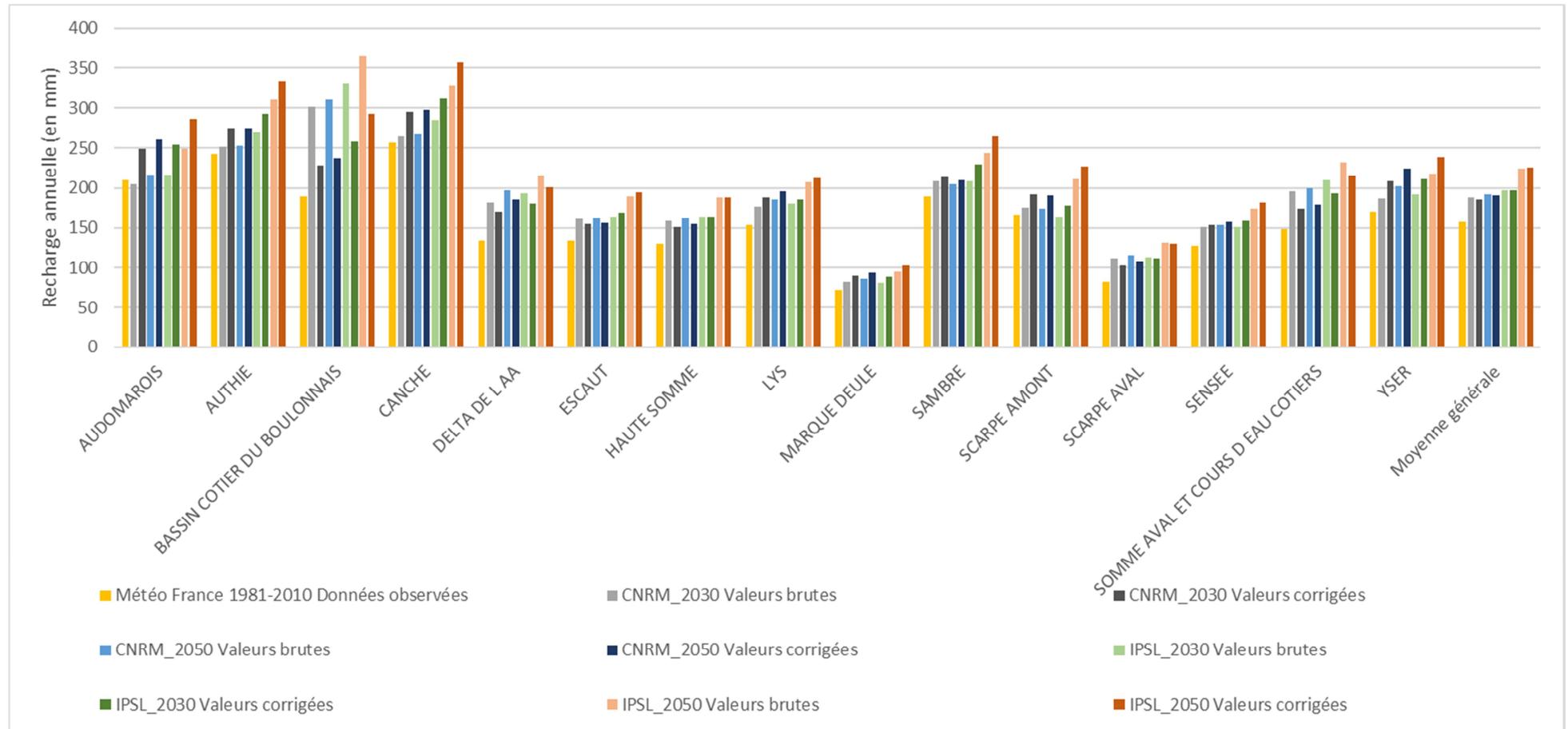


Figure 22 : Comparaison entre valeur brute et valeur corrigée pour chacun des SAGE

4.2.1.3 Conclusion sur le choix de la correction de biais

L'application d'une correction de biais sur les valeurs de précipitations et températures a tendance à augmenter les écarts à la recharge interannuelle calculée pour la Phase 1 sur la période 1981-2010.

Tableau 6 : Comparaison des écarts à la recharge moyenne interannuelle 1981-2010

| Météo France 1981-2010 | IPSL RCP4.5 | | | | CNRM RCP8.5 | | | |
|--|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 2030 | | 2050 | | 2030 | | 2050 | |
| | Correction sur P et T | Correction post recharge | Correction sur P et T | Correction post recharge | Correction sur P et T | Correction post recharge | Correction sur P et T | Correction post recharge |
| Recharge annuelle moyenne (en mm) | | | | | | | | |
| 160 | 219 | 197 | 240 | 225 | 202 | 186 | 208 | 190 |
| Ecart à la moyenne interannuelle Météo France (en mm) | | | | | | | | |
| - | 59 | 37 | 80 | 65 | 42 | 26 | 48 | 30 |
| Pourcentage d'écart à la moyenne interannuelle Météo France (en %) | | | | | | | | |
| - | 37% | 22% | 50% | 41% | 26% | 16% | 30% | 19% |

Afin d'éviter l'utilisation d'une correction de biais quelque peu aléatoire et pouvant accroître les déséquilibres inter-SAGE, **notre choix s'est donc porté sur la correction post calcul de la recharge**. Outre des valeurs finales de recharges moins élevées, cette correction possède également les avantages suivants :

- Correction intégrée du biais issu du calcul de l'ETP à partir de la formule de Thornthwaite
- Correction à l'échelle plus précise puisqu'appliquée au droit de chacune des 300 000 mailles du territoire (contrairement à l'autre option qui agit au droit des 20 stations de pluviométrie).

4.2.2 Etude pluviométrique

Le choix de moyennes aux horizons 2030 et 2050 calculées sur des données de plus ou moins 15 ans correspond aux recommandations des experts climatiques interrogés dans le cadre de cette étude (voir rapport de Phase 2 – Etape 4A).

Les résultats de recharge élevés obtenus font cependant poser la question de la pertinence de cette méthode. Pour cela, nous avons réalisé une analyse pluviométrique rapide afin de déterminer si une autre sélection de données pouvait s'avérer moins impactante sur le résultat final.

Les stations d'Amiens et d'Abbeville ont été sélectionnées car caractérisant le bassin de la Somme étudié lors de l'étude Explore 2070 réalisée en 2012.

Le tableau ci-dessous regroupe différentes plages de valeurs utilisées pour moyenner les précipitations aux horizons 2030 et 2050.

Tableau 7 : Comparaison de moyennes de pluviométrie pour les stations Abbeville et Amiens

| | ABBEVILLE | | | | AMIENS | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----|
| | +/- 0 an | +/- 2 ans | +/- 5 ans | +/- 15 ans | +/- 0 an | +/- 2 ans | +/- 5 ans | +/- 15 ans | |
| Météo France 1981-2010 | 783 | | | | 631 | | | | |
| Météo France 2017 | 930 | | | | 567 | | | | |
| Référence 1971-2005 | CNRM8.5 | 790 | | | 703 | | | | |
| | IPSL4.5 | 767 | | | 684 | | | | |
| 2030 | CNRM8.5 | 786 | 717 | 767 | 850 | 646 | 617 | 672 | 741 |
| | IPSL4.5 | 980 | 958 | 896 | 886 | 833 | 792 | 733 | 747 |
| 2050 | CNRM8.5 | 827 | 875 | 826 | 828 | 784 | 784 | 740 | 729 |
| | IPSL4.5 | 1095 | 1032 | 939 | 953 | 924 | 868 | 778 | 788 |

La moyenne sur plus ou moins 15 ans induit généralement une baisse de la pluviométrie (à l'exception du scénario CNRM8.5). Elle permet donc un nivellement des fortes variations interannuelles. Ce nivellement permet donc l'obtention de valeurs de recharge plus faible qu'en considérant la valeur directement extraite de DRIAS pour l'année 2030.

Notons par ailleurs que, peu importe la méthode de calcul, les valeurs de pluviométrie future seront en général toujours supérieures aux données Météo France observées pour 1981-2010. Les données extraites de la plateforme DRIAS pour les modèles IPSL et CNRM estiment donc des précipitations à la hausse d'ici à 2050 et les fortes valeurs de recharge obtenues tiennent donc de ces modèles.

Le même travail a été réalisé, à titre d'information, sur la période de recharge d'octobre à mars et confirme ces conclusions.

Tableau 8 : Comparaison de moyennes de pluviométrie sur la période de recharge pour les stations Abbeville et Amiens

| | ABBEVILLE | | | | AMIENS | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----|
| | +/- 0 an | +/- 2 ans | +/- 5 ans | +/- 15 ans | +/- 0 an | +/- 2 ans | +/- 5 ans | +/- 15 ans | |
| Météo France 1981-2010 | 410 | | | | 322 | | | | |
| Météo France 2017 | 500 | | | | 312 | | | | |
| Référence 1971-2005 | CNRM8.5 | 413 | | | 353 | | | | |
| | IPSL4.5 | 404 | | | 347 | | | | |
| 2030 | CNRM8.5 | 312 | 354 | 431 | 454 | 273 | 297 | 360 | 380 |
| | IPSL4.5 | 482 | 479 | 450 | 478 | 416 | 393 | 376 | 391 |
| 2050 | CNRM8.5 | 472 | 503 | 461 | 462 | 401 | 423 | 391 | 388 |
| | IPSL4.5 | 544 | 532 | 501 | 498 | 487 | 458 | 423 | 414 |

4.2.3 **Détails cartographiques des modèles IPSL-RCP4.5 et CNRM-RCP8.5**

Cette partie présente des extractions cartographiques des modèles IPSL-RCP4.5 et CNRM-RCP8.5 utilisés pour cette étude prospective.

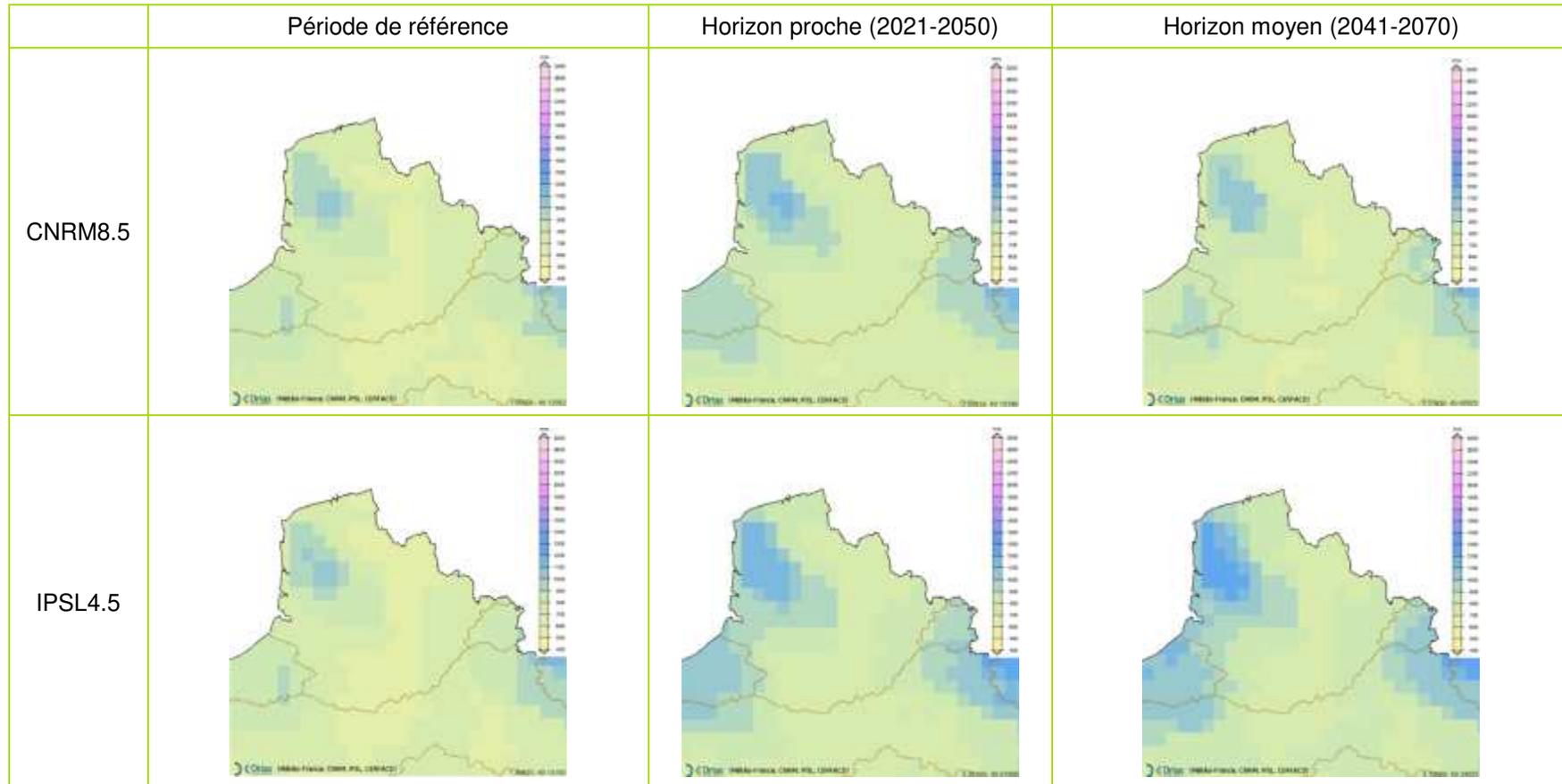
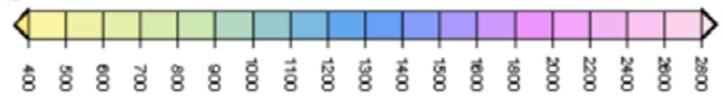
Ces cartographies sont disponibles sur la plateforme DRIAS et portent, pour le bassin Artois-Picardie, sur :

- Le cumul des précipitations
- Le nombre de jours de sécheresse consécutifs
- Le nombre de jours de pluie (> 1 mm)

Une déclinaison est faite pour chaque scénario par trimestre mais également selon 3 horizons (période de référence, horizon proche et horizon éloigné).

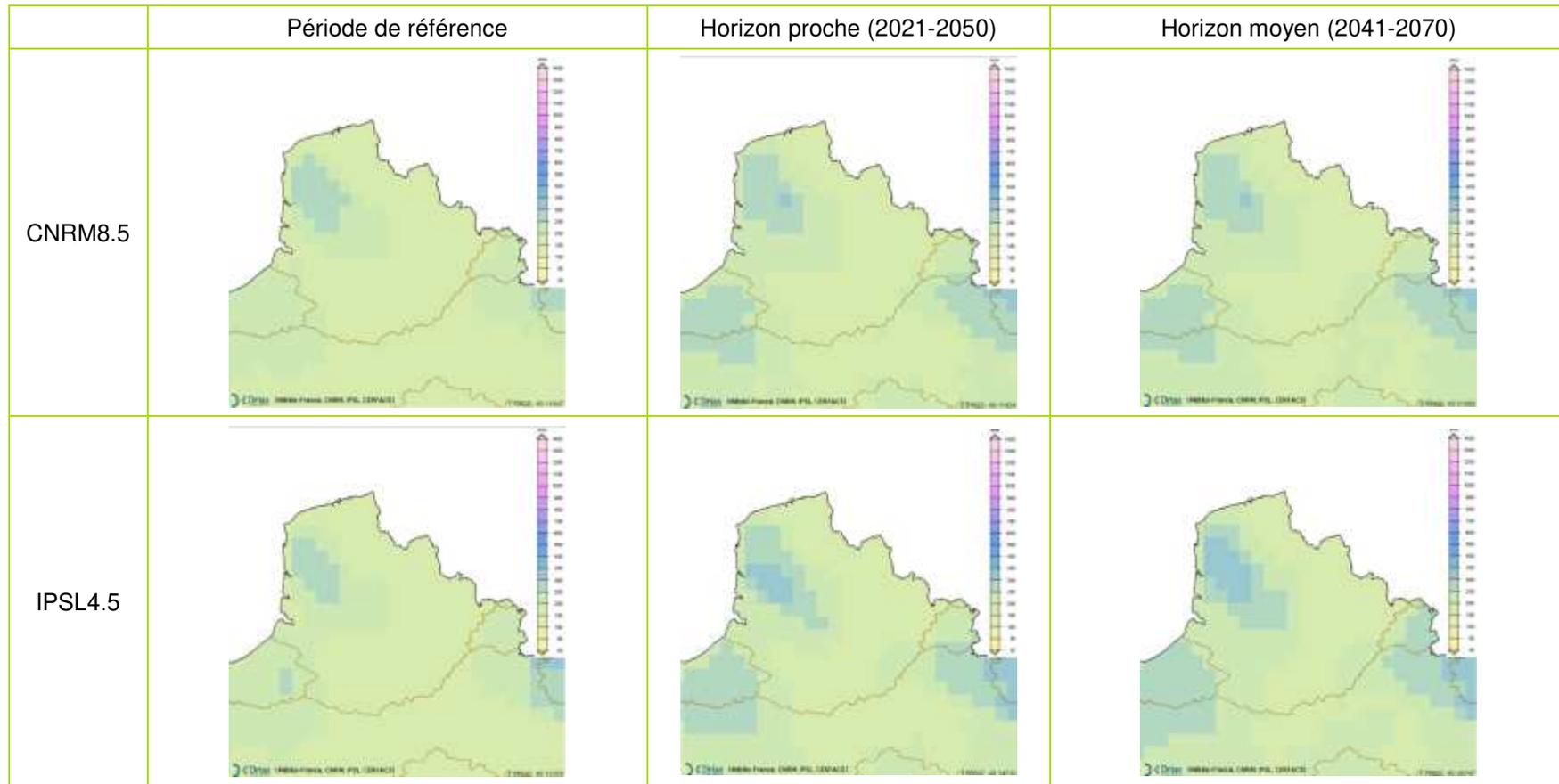
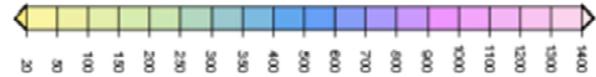
4.2.3.1 **Cumul des précipitations**

ANNEE – Cumul des précipitations



Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

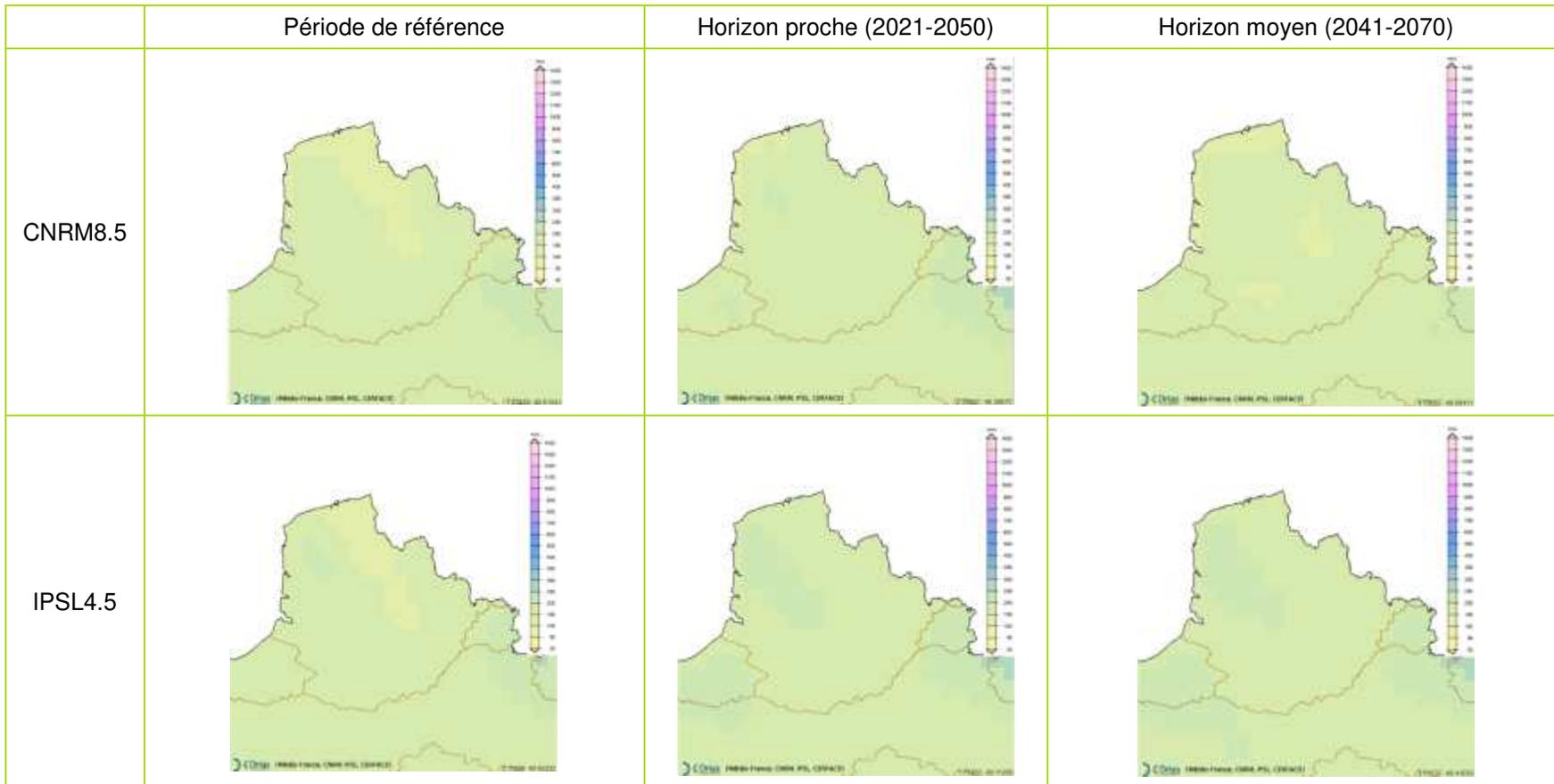
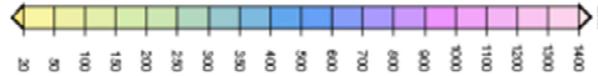
HIVER – Cumul des précipitations



- Intensification des précipitations sur l'ouest du bassin

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

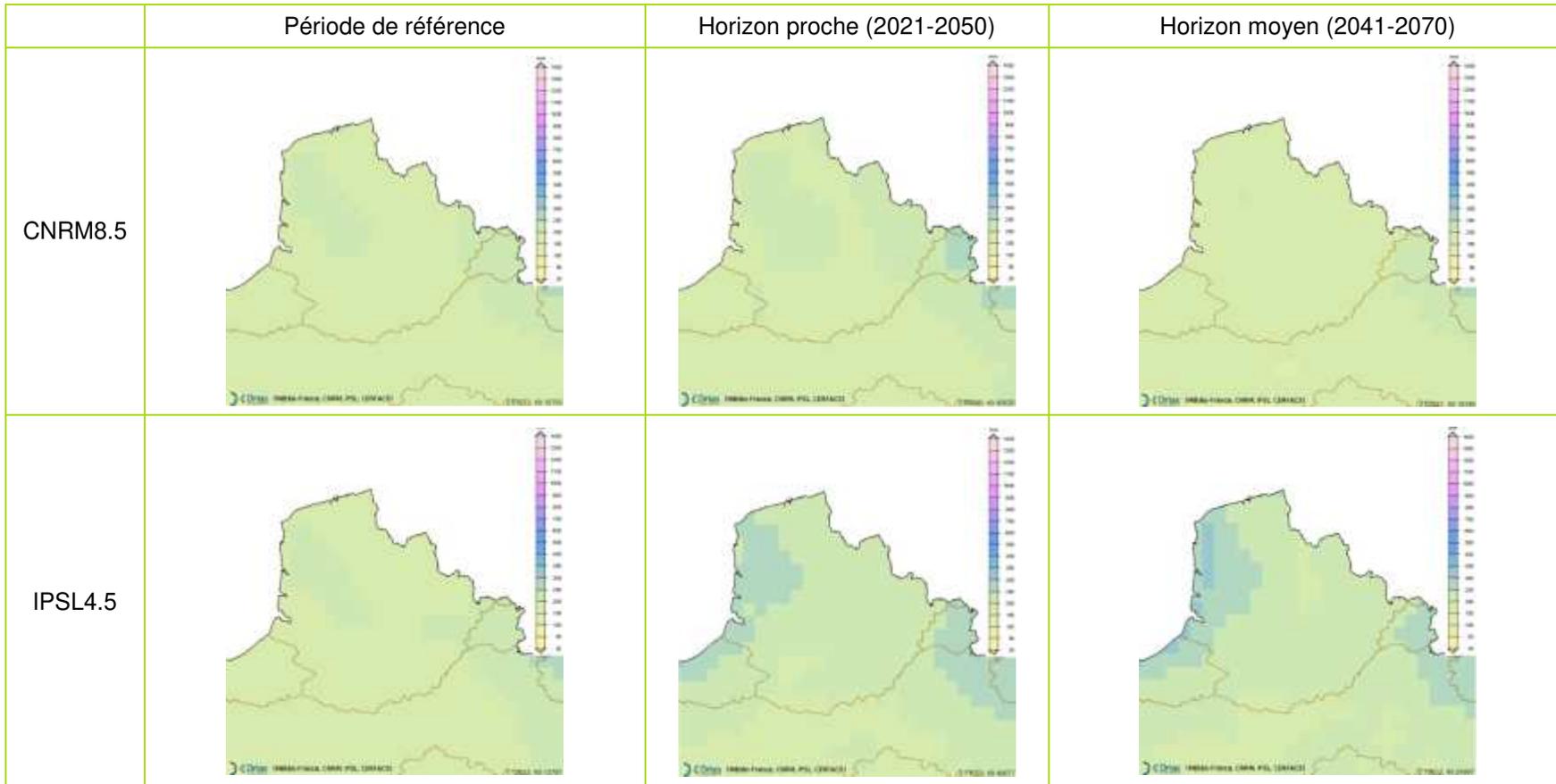
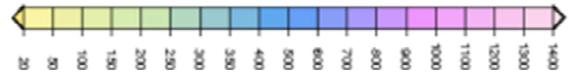
PRINTEMPS – Cumul des précipitations



○ C
hang
emen
ts
néglig
eable
s

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

ETE – Cumul des précipitations

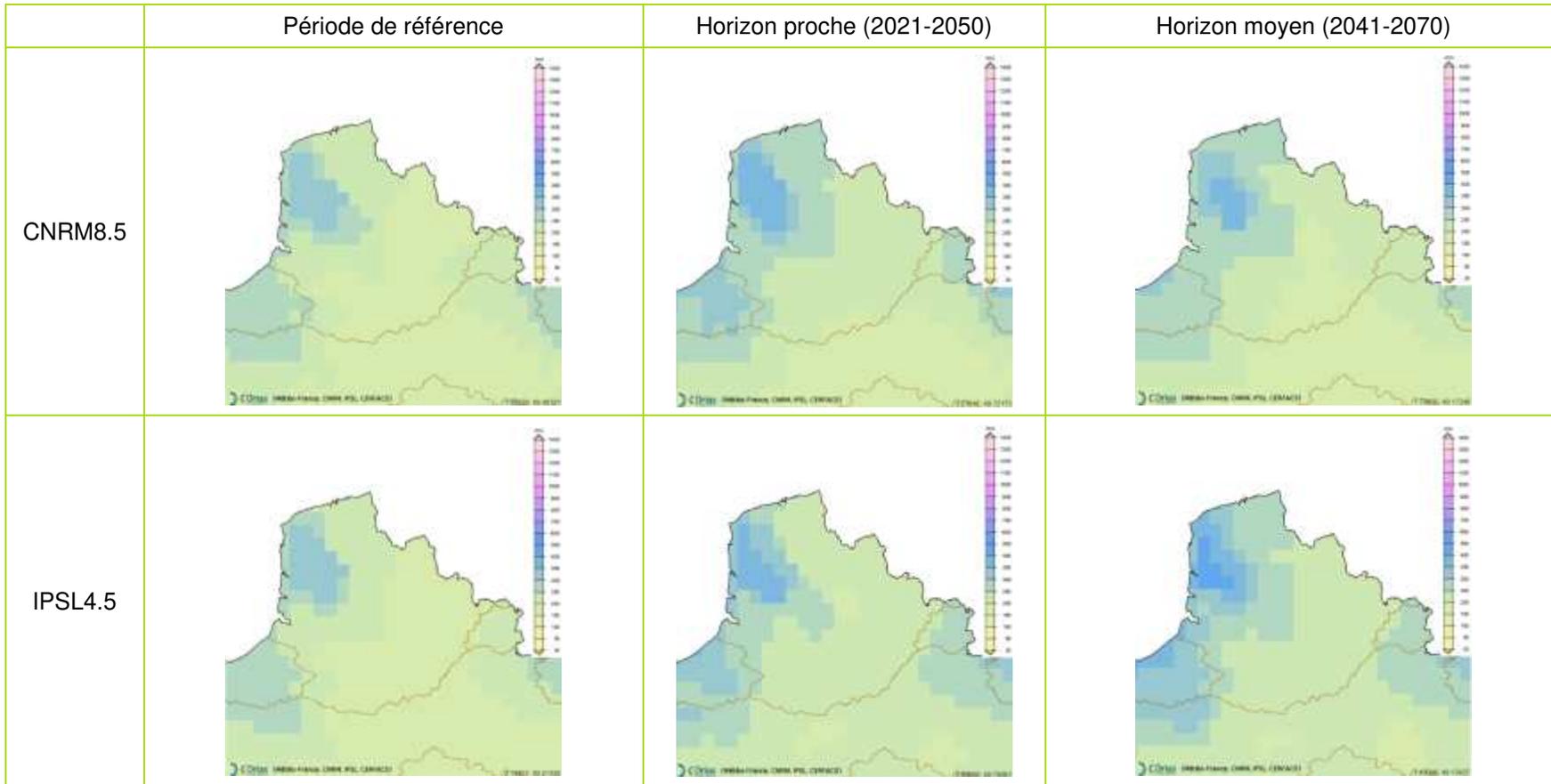
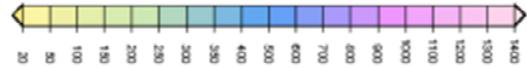


○ C
NRM
8.5 :
légère
baisse

○ I
PSL4
.5 :
Intensification
en bordure
de côte
et sur la
Sambre

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

AUTOMNE – Cumul des précipitations



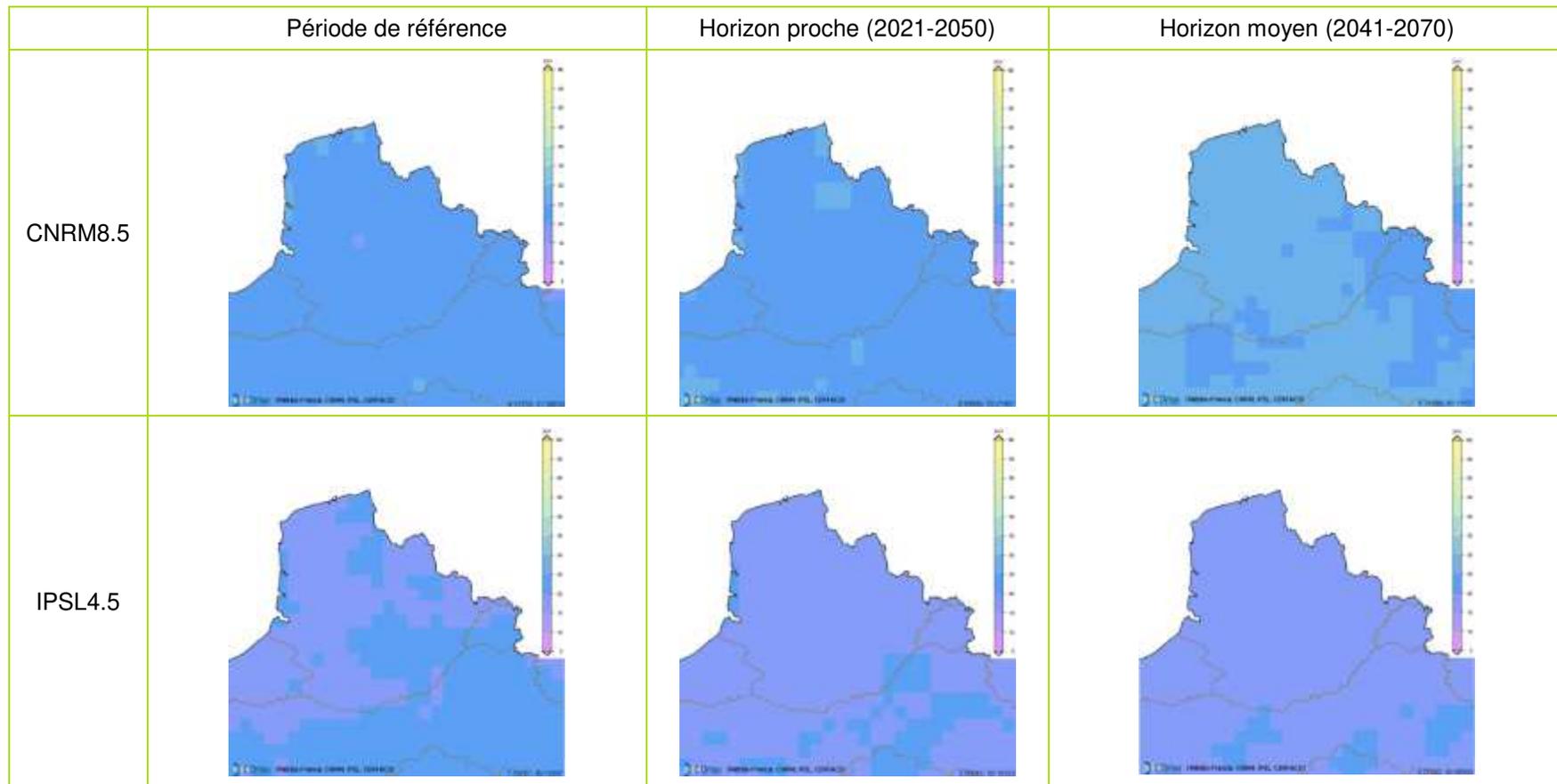
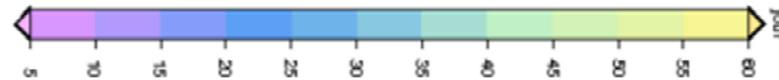
○ C
NRM
8.5 :
hausse à horizon proche et baisse vers 2050

○ I
PSL4.5 :
intensification des précipitations

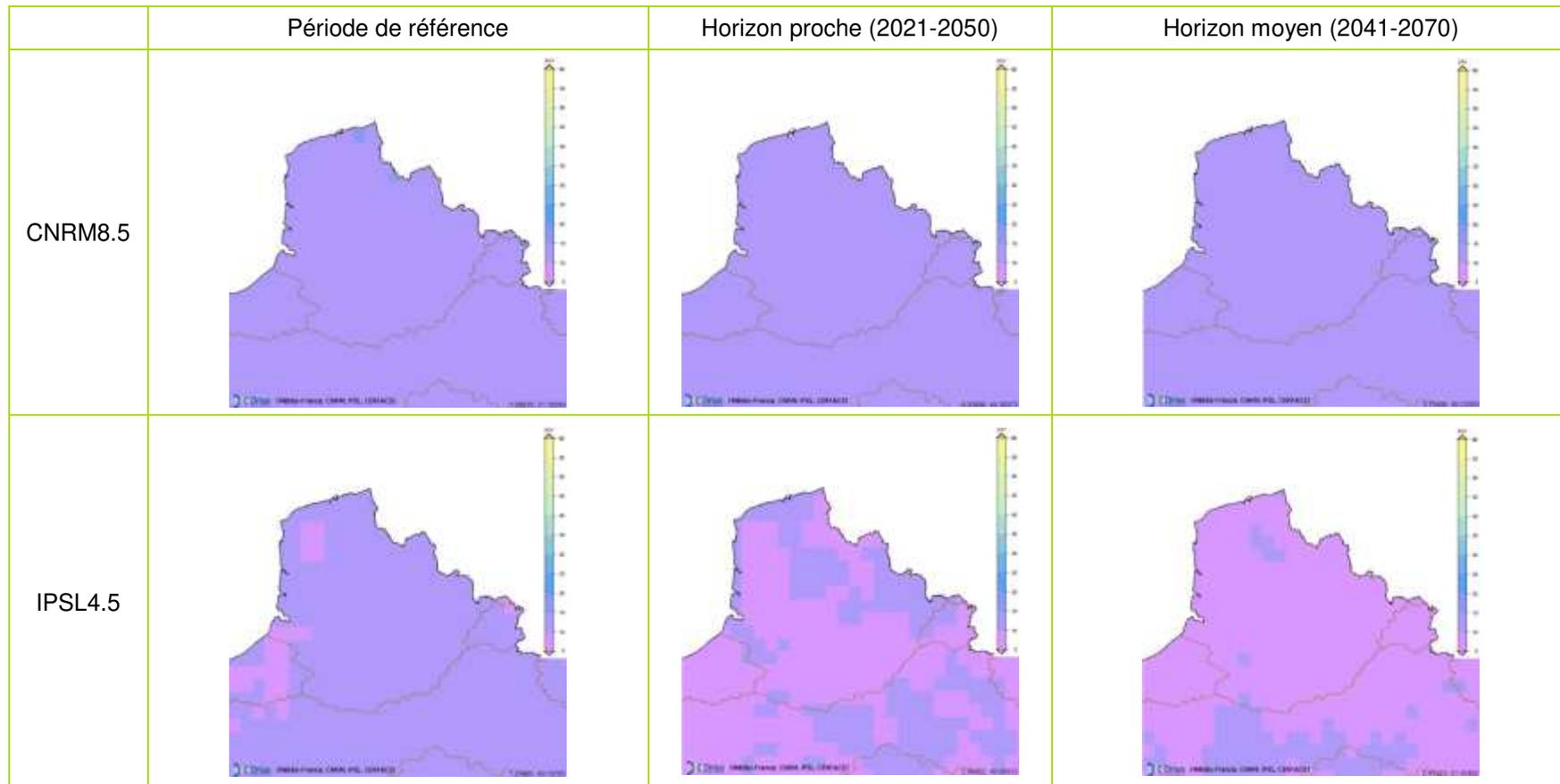
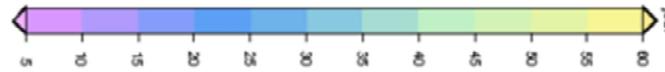
Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

4.2.3.2 Périodes de sécheresse

ANNEE – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



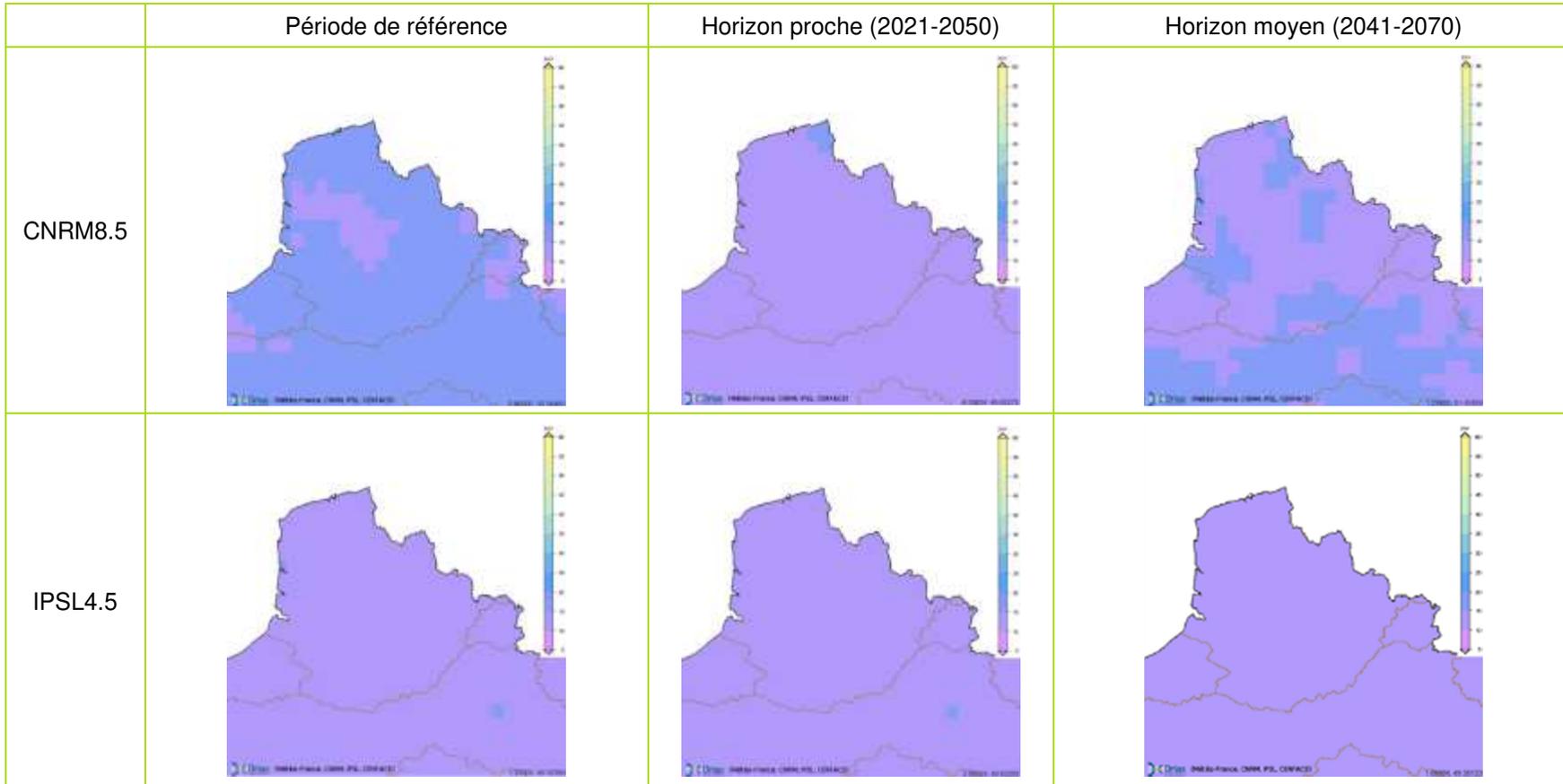
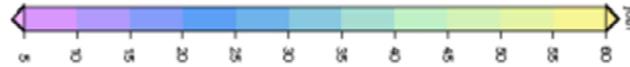
HIVER – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



- CNRM8.5 : peu de changement
- IPSL4.5 : période de sécheresse plus courtes

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

PRINTEMPS – Nombre de jours de sécheresse consécutifs

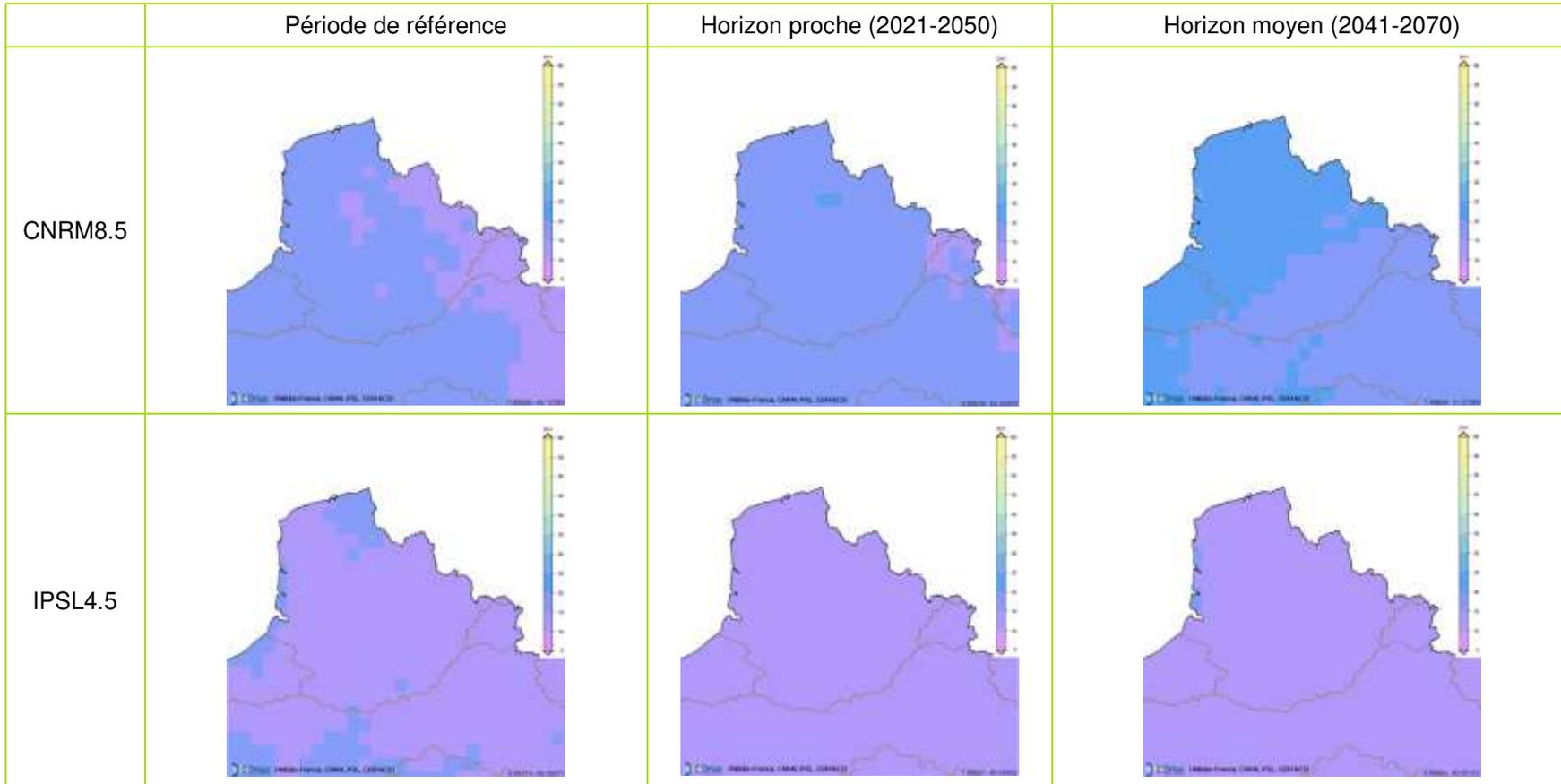
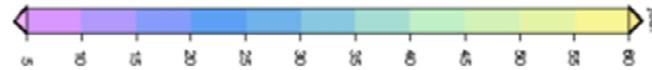


○ C
NRM
8.5 :
corrél
ation
avec
les pré
cipita
tions →
sèche
resse
s plus
court
es
d'ici
2030
puis
augm
entati
on
vers
2050
○ I
PSL4

.5 : constance des sécheresses

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

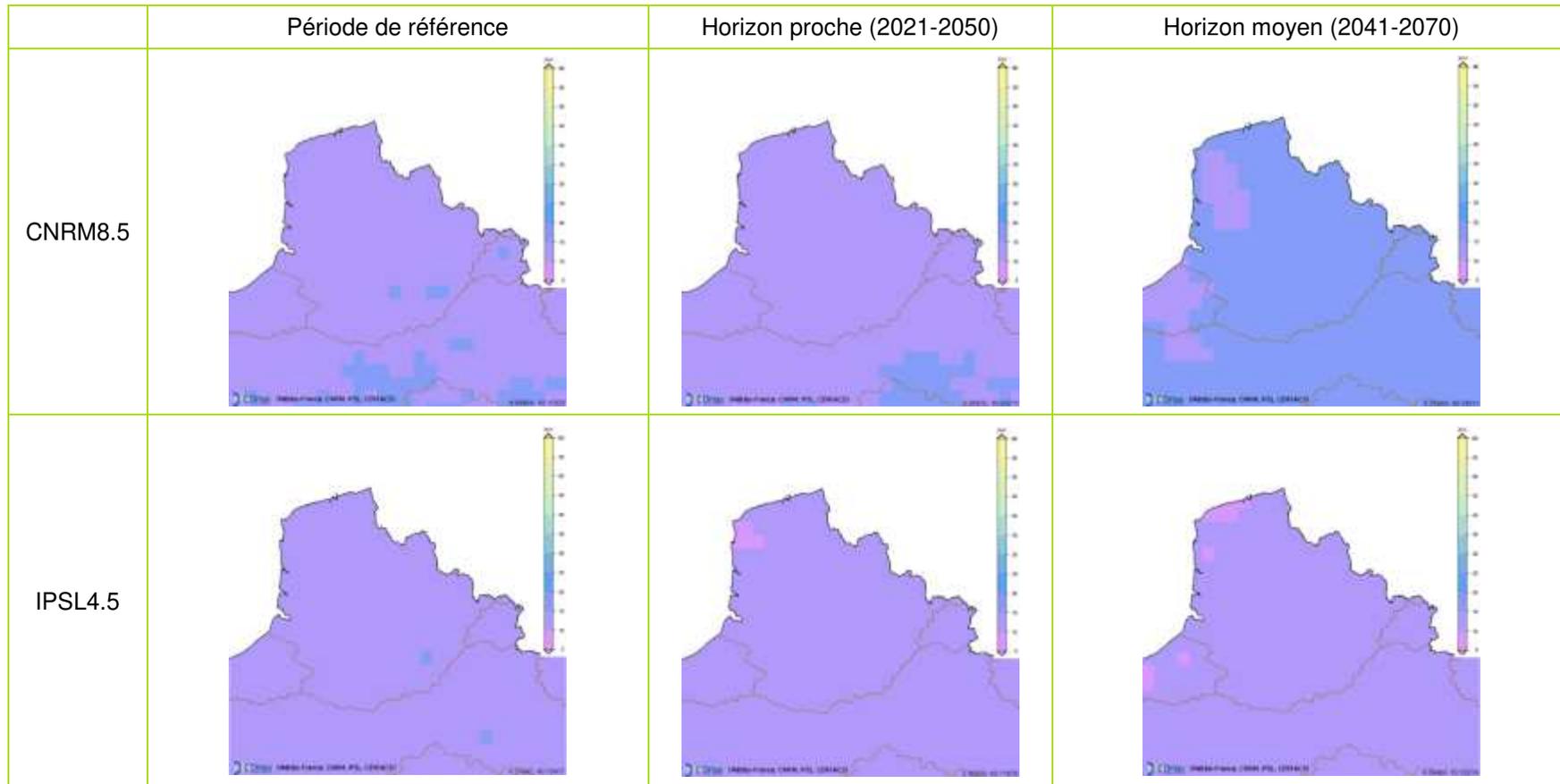
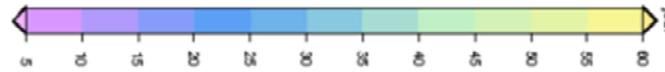
ETE – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



○ C
NRM
8.5 :
augm
entati
on
des
pério
des
de
sèche
resse
en
2050

○ I
PSL4
.5 :
stabi
lié

AUTOMNE – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



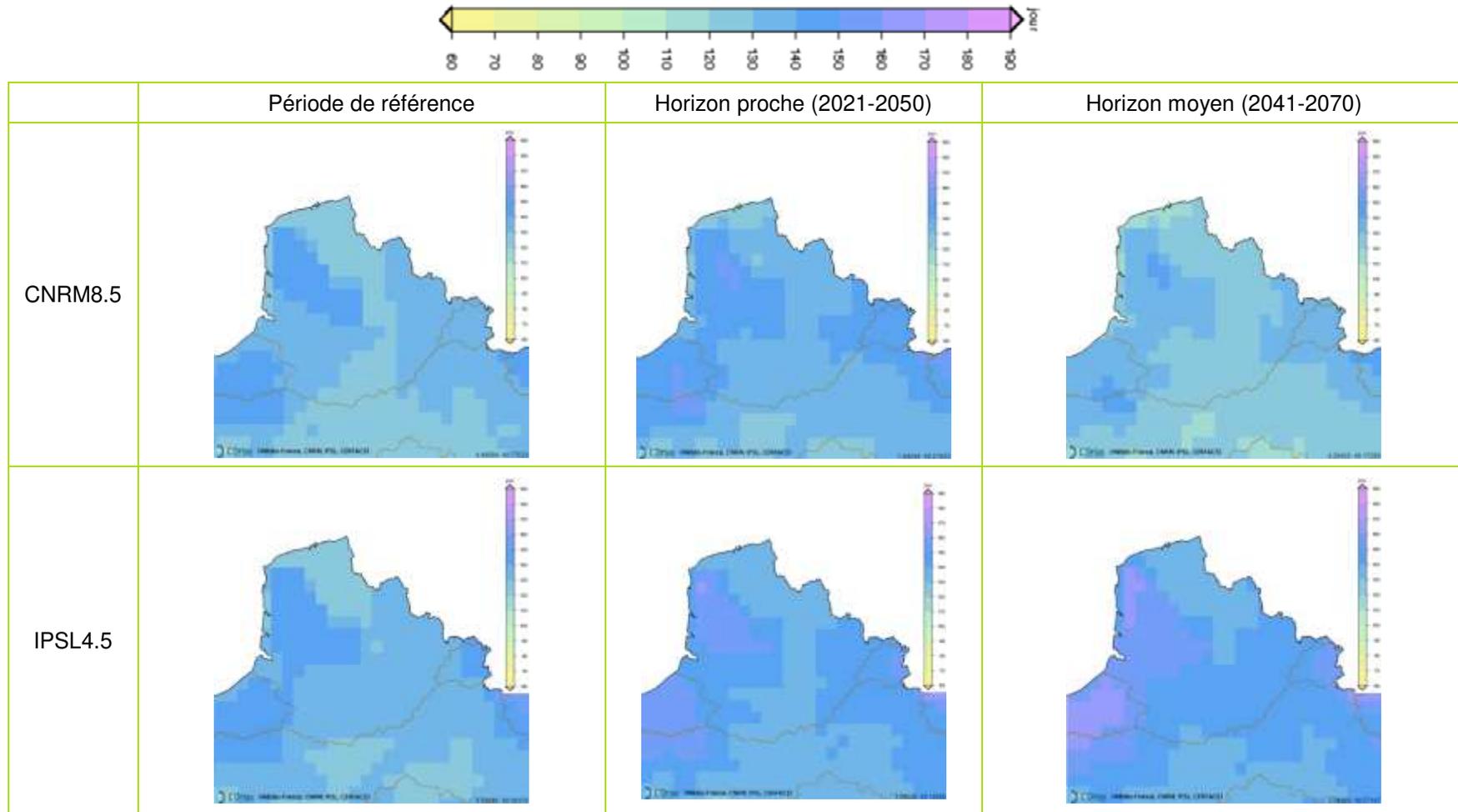
○ C
NRM
8.5 :
hausse à
horizon
2050

○ I
PSL4
.5 :
stabilité

4.2.3.3 N
ombre de
jours de
pluie
(> 1
mm)
AN
NE

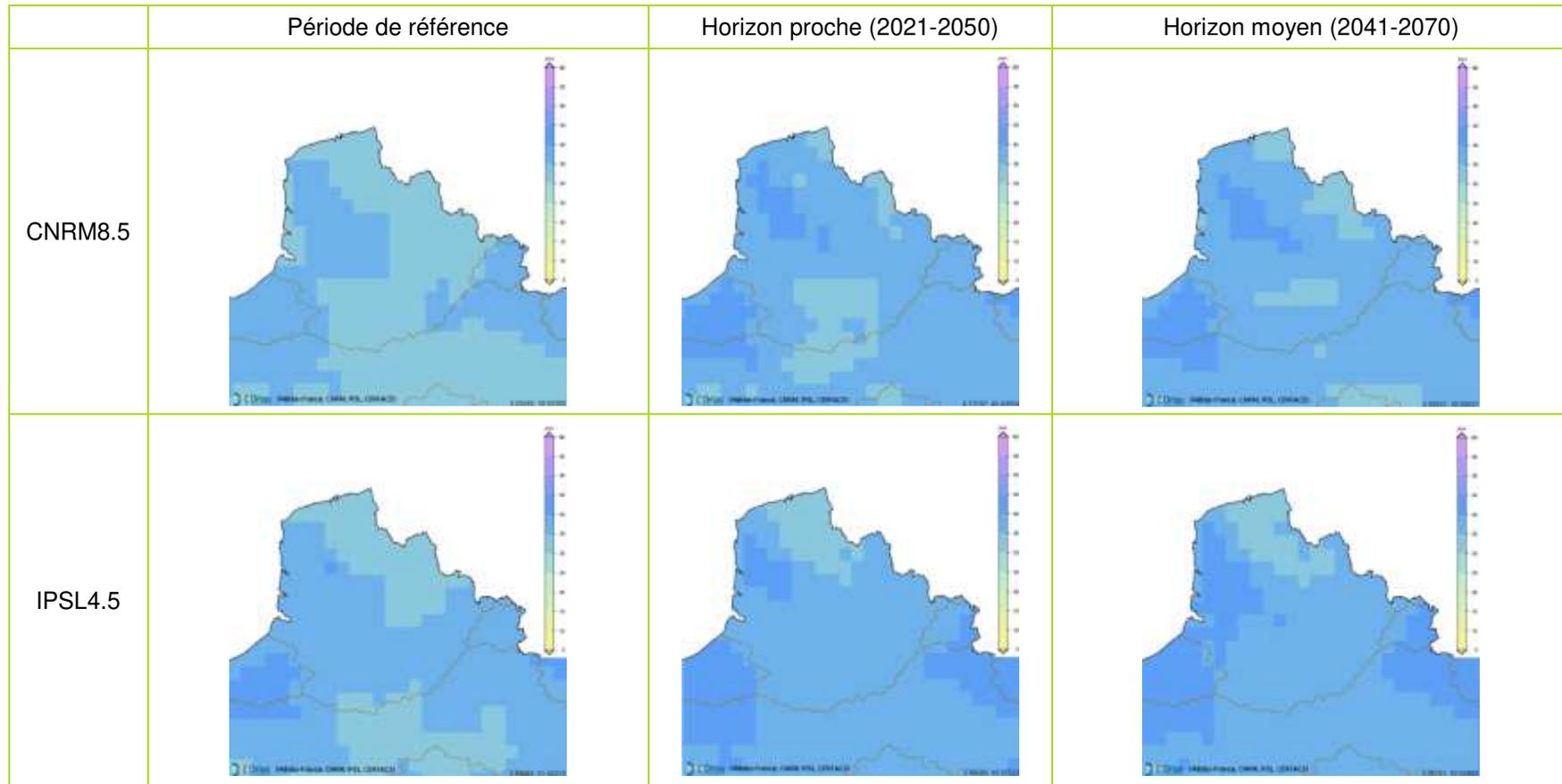
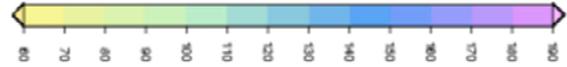
E – Nombre de jours de pluie

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie



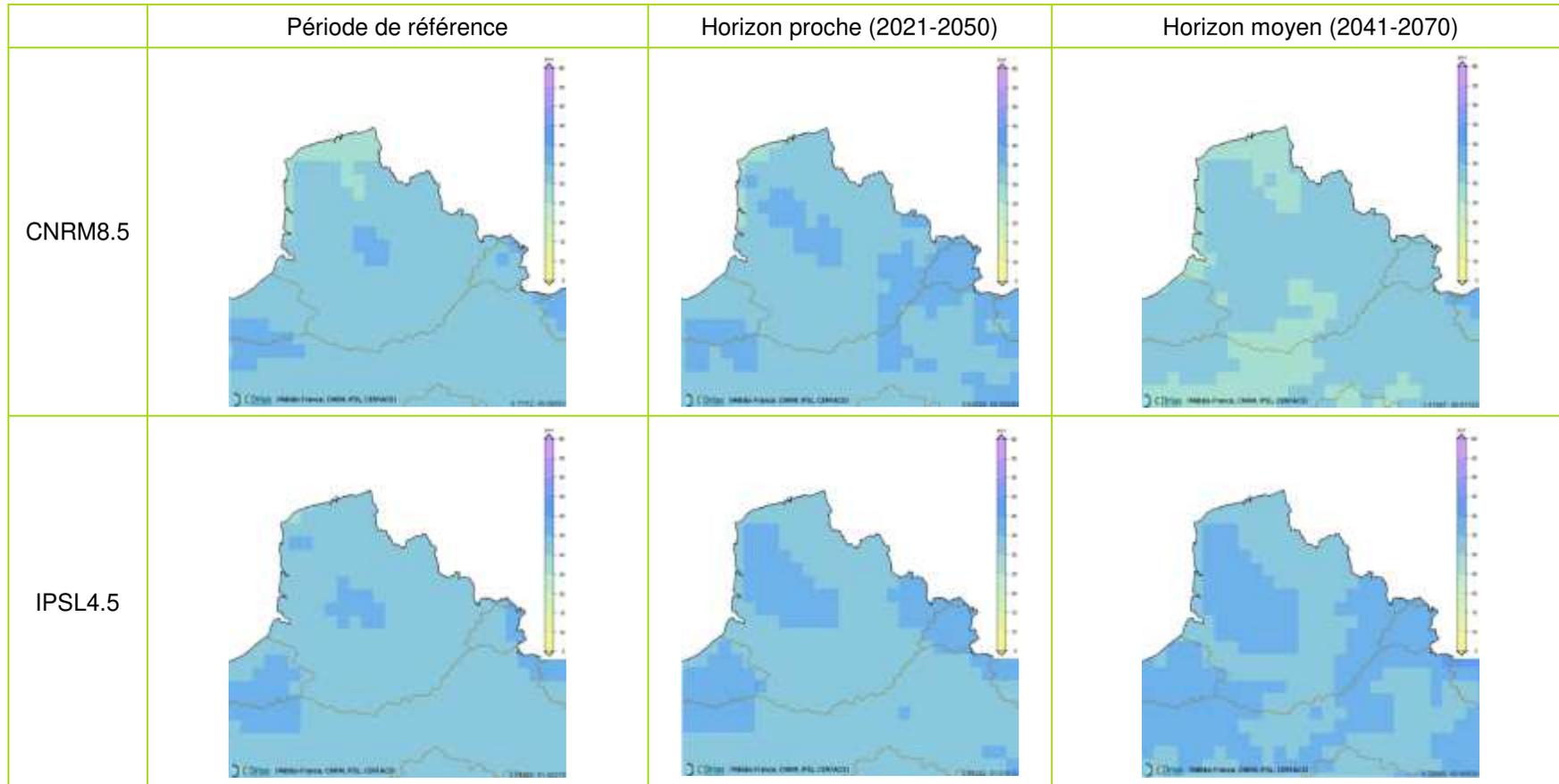
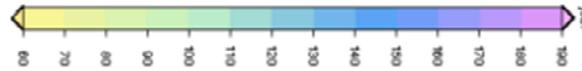
Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

HIVER – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



- CNRM8.5 : légère augmentation
- IPSL4.5 : légère augmentation

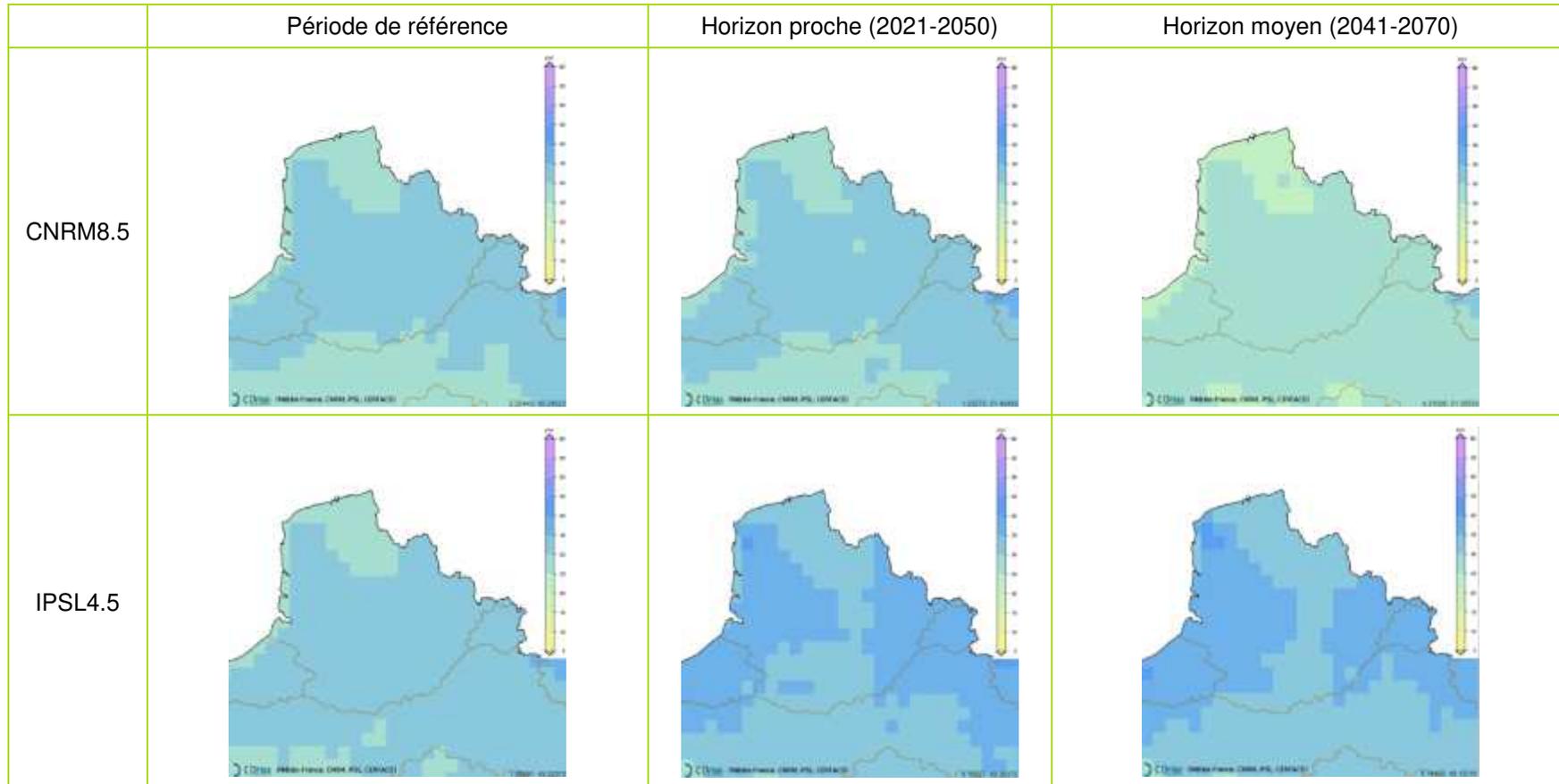
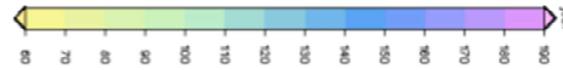
PRINTEMPS – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



○ C
NRM
8.5 :
légère
diminution

○ I
PSL4
.5 :
légère
augmentation

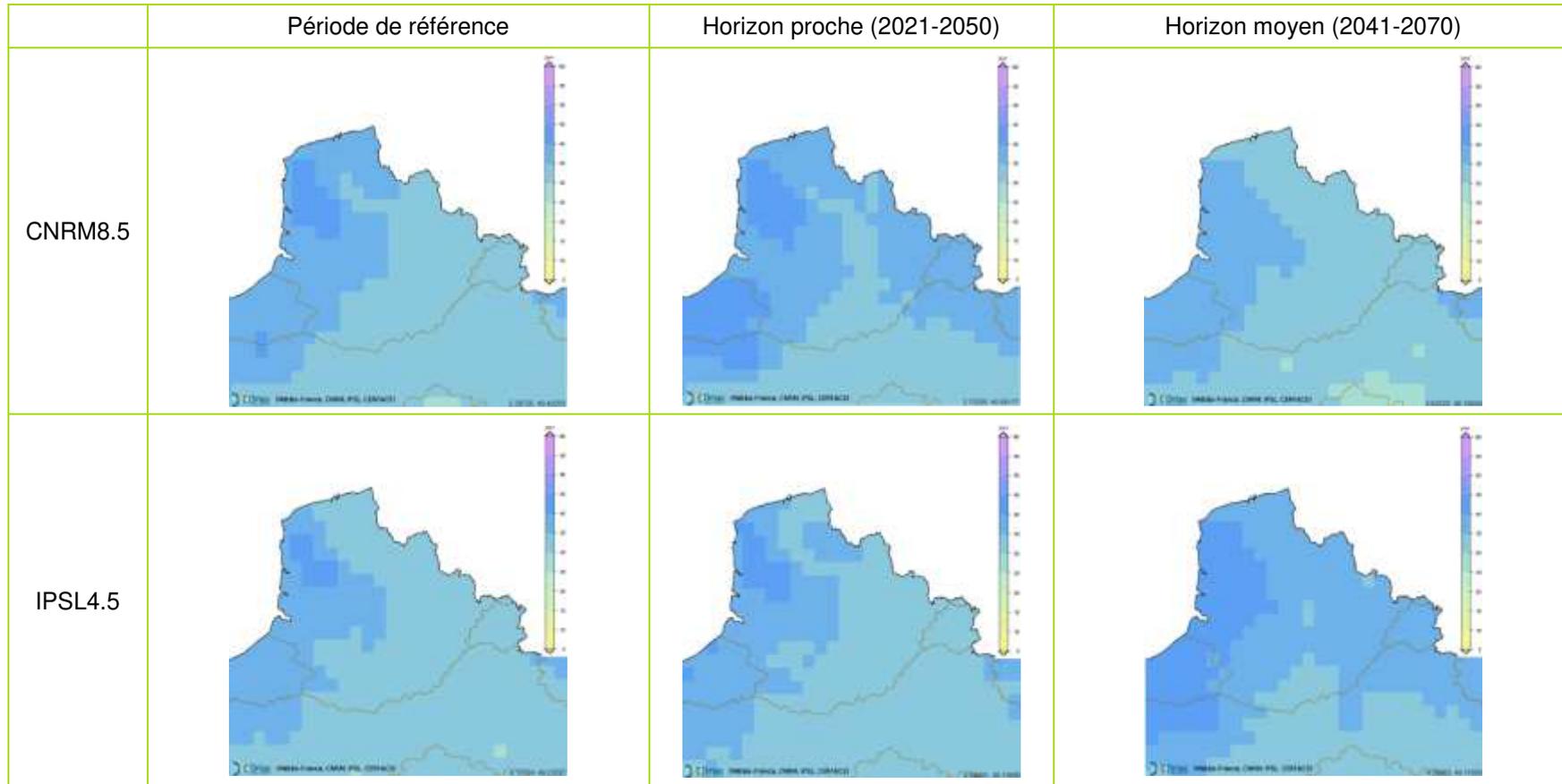
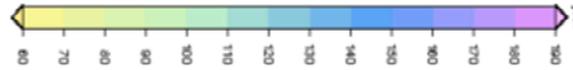
ETE – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



○ C
NRM
8.5 :
baiss
e d'ici
2050

○ I
PSL4
.5 :
augm
entati
on
entre
la
pério
de de
réfère
nce
et
2030

AUTOMNE – Nombre de jours de sécheresse consécutifs



- C
NRM 8.5 : baisse sur la partie est du bassin à horizon 2050
- I
PSL4.5 : augmentation des jours de plu

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

4.3 Analyse des impacts aux horizons 2030 et 2050

4.3.1 Rappels sur les indicateurs d'impact

Cinq indicateurs ont été présentés au cours de la phase 1 afin de déterminer l'impact des prélèvements aux horizons 2030 et 2050. Toutefois, seuls deux ont réellement été pris en compte et sont utilisés pour cette phase 2 :

Tableau 9 : Synthèse des indicateurs utilisés pour estimer l'impact des prélèvements sur la ressource en eau

| Indicateur | Définition | Objectif |
|--------------|---|--|
| Indicateur 2 | P / R | Quantifier l'impact anthropique des prélèvements par rapport aux capacités de recharge naturelle des territoires |
| Indicateur 5 | $\Delta = P_{\text{estival}} / Q_{\text{étiage}}$ | Estimer la pression de prélèvement estivale au cours de la période d'étiage (approche critique) |

4.3.2 Paramètres d'analyse

4.3.2.1 Estimation des débits de cours d'eau aux horizons 2030 et 2050

Dans le cadre d'une hypothèse très simplificatrice, nous considérerons que le QMNA5 varie dans les proportions inverses de celle du stress hydrique annuel (diminution de x% du QMNA5 lorsque le stress hydrique augmente de x% entre la période 1981-2010 et l'horizon considéré, sauf si celui-ci diminue, auquel cas on conserve l'hypothèse de stabilité).

Le stress hydrique annuel est calculé de la façon suivante ;

$$\text{Stress hydrique} = \sum ETP \text{ mensuelles} - \sum ETR \text{ mensuelles}$$

Les résultats obtenus sont les suivants :

○ IPSL-RCP4.5 – 2030

Tableau 10 : Estimation du débit d'étiage - IPSL-RCP4.5 - 2030

| SAGE | Stress hydrique 1981-2010 (en mm) | Stress hydrique IPSL-2030 (en mm) | Ecart (en %) | Ecart du débit estival (en %) | QMNA5 (en m3/s) | Débit d'étiage IPSL-2030 (en m3/s) |
|---------------|---|---|-----------------|-------------------------------------|--------------------|--|
| AUDOMAROIS | 154.3 | 114.2 | -26% | 0% | 2.25 | 2.3 |
| AUTHIE | 143.7 | 87.5 | -39% | 0% | 4.92 | 4.9 |
| BOULONNAIS | 204.5 | 95.4 | -53% | 0% | 0.077 | 0.1 |
| CANCHE | 140.6 | 87.1 | -38% | 0% | 7.99 | 8.0 |
| DELTA DE L'AA | 206.8 | 117.8 | -43% | 0% | 0.323 | 0.3 |
| ESCAUT | 209.1 | 129.0 | -38% | 0% | 11.2 | 11.2 |
| HAUTE-SOMME | 207.1 | 123.6 | -40% | 0% | 3.22 | 3.2 |
| LYS | 168.8 | 132.2 | -22% | 0% | 8.29 | 8.3 |
| MARQUE-DEULE | 282.2 | 205.2 | -27% | 0% | 8.29 | 8.3 |
| SAMBRE | 171.8 | 117.1 | -32% | 0% | 2.49 | 2.5 |
| SCARPE AMONT | 164.0 | 118.7 | -28% | 0% | 11.2 | 11.2 |
| SCARPE AVAL | 239.6 | 157.8 | -34% | 0% | 11.2 | 11.2 |
| SENSEE | 174.8 | 119.3 | -32% | 0% | 11.2 | 11.2 |
| SOMME AVAL | 195.2 | 107.4 | -10% | 0% | 20.1 | 20.1 |
| YSER | 173.8 | 94.1 | -17% | 0% | 0.1 | 0.1 |

Les débits d'étiage sont considérés inchangé entre la période actuelle et le scénario IPSL-RCP4.5 – 2030.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Il en va de même pour les scénarios IPSL-RCP4.5 – 2050 et CNRM-RCP8.5 – 2030.

Ceci s'explique par la proximité des horizons considérés mais également par la situation optimiste se dégageant du scénario IPSL-RCP4.5.

○ **CNRM-RCP8.5 – 2050**

Seul le scénario CNRM-RCP8.5 – 2050, pessimiste, met en évidence une augmentation du débit d'étiage au droit de certains SAGE. Ceci s'explique par une augmentation des températures et une baisse des précipitations comme le montre Figure 2.

Tableau 11 : Estimation du débit d'étiage - CNRM-RCP8.5 – 2050

| SAGE | Stress hydrique 1981-2010 (en mm) | Stress hydrique CNRM-2050 (en mm) | Ecart (en %) | Ecart du débit estival (en %) | QMNA5 (en m3/s) | Débit d'étiage CNRM-2050 (en m3/s) |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| AUDOMAROIS | 154.3 | 167.5 | 9% | -9% | 2.25 | 2.1 |
| AUTHIE | 143.7 | 165.1 | 15% | -15% | 4.92 | 4.2 |
| BOULONNAIS | 204.5 | 172.4 | -16% | 0% | 0.077 | 0.1 |
| CANCHE | 140.6 | 162.0 | 15% | -15% | 7.99 | 6.8 |
| DELTA DE L'AA | 206.8 | 169.5 | -18% | 0% | 0.323 | 0.3 |
| ESCAUT | 209.1 | 205.6 | -2% | 0% | 11.2 | 11.2 |
| HAUTE-SOMME | 207.1 | 183.0 | -12% | 0% | 3.22 | 3.2 |
| LYS | 168.8 | 186.1 | 10% | -10% | 8.29 | 7.4 |
| MARQUE-DEULE | 282.2 | 265.9 | -6% | 0% | 8.29 | 8.3 |
| SAMBRE | 171.8 | 204.2 | 19% | -19% | 2.49 | 2.0 |
| SCARPE AMONT | 164.0 | 188.9 | 15% | -15% | 11.2 | 9.5 |
| SCARPE AVAL | 239.6 | 231.7 | -3% | 0% | 11.2 | 11.2 |
| SENSEE | 174.8 | 189.5 | 8% | -8% | 11.2 | 10.3 |
| SOMME AVAL | 195.2 | 178.3 | -9% | 0% | 20.1 | 20.1 |
| YSER | 173.8 | 147.5 | -15% | 0% | 0.1 | 0.1 |

Les SAGE présentant les baisses de débits d'étiage les plus marquées sont la Sambre, l'Authie, la Canche et Scarpe amont.

4.3.2.2 Estimation des prélèvements aux horizons 2030 et 2050

Les prélèvements futurs ont été estimés par Eco Logique Conseil à partir des hypothèses présentées dans le rapport « Rapport Phase 2 Etape 5_VF ».

Ces prélèvements comptabilisés concernent l'alimentation en eau potable, l'industrie, l'irrigation et les cheptels.

Attention : les prélèvements pour l'abreuvement des cheptels sont répartis entre prélèvements AEP (majoritairement à l'étable) ou prélèvements dans le milieu. Ces prélèvements dans le milieu ont été supposés répartis entre souterrains et superficiels selon la même orientation que les prélèvements pour irrigation.

Les prélèvements estivaux nécessaires au calcul de l'indicateur 5 ont été estimés selon la même méthode que lors de la Phase 1 à quelques exceptions près :

- Prélèvements AEP estimés répartis équitablement sur l'ensemble de l'année. Ils sont donc divisés par 3 pour obtenir un volume sur les mois de mai à août.
- Idem pour les prélèvements pour l'industrie.
- Prélèvements pour l'irrigation supposés répartis en quasi-totalité sur les 4 mois estivaux. Une part estimée à 10% à toutefois été retirée dans l'hypothèse d'un début d'irrigation au printemps (avril).

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

- Prélèvements dans le milieu pour l'abreuvement du cheptel supposés répartis sur les 4 mois estivaux. De même que pour l'irrigation, une part estimée à 10% à toutefois été retirée dans l'hypothèse d'un début d'irrigation au printemps (avril).

Les indicateurs ont été calculés pour les prélèvements annuels totaux (souterrains et superficiels sans canaux) d'une part et les prélèvements souterrains d'autres part.

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 12 : Prélèvements estimés pour le scénario IPSL4.5 à l'horizon 2030

| SAGE | IPSL-RCP4.5 - 2030 | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|--|--|
| | Scénarios d'usages | | | | Scénarios d'économie | | | |
| | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) |
| AUDOMAROIS | 29 270 788 | 26 267 744 | 10 134 292 | 9 083 455 | 28 540 556 | 25 801 043 | 9 885 003 | 8 922 010 |
| AUTHIE | 6 131 125 | 6 104 725 | 3 915 261 | 3 793 936 | 6 055 508 | 6 029 653 | 3 853 422 | 3 732 588 |
| BASSIN COTIER DU BOULONNAIS | 10 818 194 | 7 868 003 | 3 997 818 | 2 963 127 | 10 572 948 | 7 760 303 | 3 914 575 | 2 925 733 |
| CANCHE | 12 291 800 | 11 986 039 | 5 148 740 | 4 939 038 | 12 083 402 | 11 808 217 | 5 069 286 | 4 869 777 |
| DELTA DE L'AA | 44 696 693 | 12 292 746 | 15 629 961 | 4 736 871 | 41 405 225 | 12 241 673 | 14 529 228 | 4 716 269 |
| ESCAUT | 24 913 149 | 23 017 627 | 9 754 828 | 8 978 297 | 24 367 752 | 22 661 782 | 9 558 454 | 8 845 106 |
| HAUTE SOMME | 40 791 112 | 40 614 497 | 24 508 490 | 24 258 155 | 32 887 701 | 32 748 715 | 18 175 675 | 17 953 845 |
| LYS | 65 678 307 | 26 660 150 | 23 832 117 | 9 782 611 | 63 153 226 | 26 063 256 | 22 959 849 | 9 568 440 |
| MARQUE DEULE | 103 972 909 | 80 025 093 | 35 774 380 | 27 681 664 | 100 237 952 | 78 681 341 | 34 513 099 | 27 217 832 |
| SAMBRE | 25 650 048 | 24 602 672 | 9 129 564 | 8 694 150 | 24 393 332 | 23 450 693 | 8 710 530 | 8 310 028 |
| SCARPE AMONT | 17 975 746 | 11 061 050 | 6 781 879 | 4 435 312 | 17 132 426 | 10 909 199 | 6 485 407 | 4 369 330 |
| SCARPE AVAL | 18 805 972 | 18 557 036 | 6 689 230 | 6 559 061 | 18 612 076 | 18 388 034 | 6 621 419 | 6 499 548 |
| SENSÉE | 20 541 891 | 20 516 099 | 9 924 084 | 9 838 443 | 20 266 484 | 20 241 715 | 9 752 993 | 9 668 008 |
| SOMME AVAL ET COURS D'EAU COTIERS | 55 898 539 | 55 287 455 | 29 015 799 | 28 444 921 | 54 537 951 | 53 987 635 | 28 323 711 | 27 773 149 |
| YSER | 496 065 | 479 075 | 473 676 | 426 203 | 490 224 | 473 407 | 468 916 | 421 599 |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 13 : Prélèvements estimés pour le scénario IPSL4.5 à l'horizon 2050

| SAGE | IPSL-RCP4.5 - 2050 | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|--|--|
| | Scénarios d'usages | | | | Scénarios d'économie | | | |
| | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) |
| AUDOMAROIS | 25 868 397 | 23 375 000 | 9 014 067 | 8 095 568 | 24 390 196 | 22 442 806 | 8 470 121 | 7 773 340 |
| AUTHIE | 5 746 454 | 5 720 742 | 3 814 268 | 3 620 040 | 5 271 552 | 5 410 421 | 3 317 839 | 3 208 738 |
| BASSIN COTIER DU BOULONNAIS | 10 005 353 | 7 206 748 | 3 741 187 | 2 718 371 | 9 389 899 | 6 940 850 | 3 482 630 | 2 617 077 |
| CANCHE | 11 262 461 | 10 961 767 | 4 835 709 | 4 546 475 | 10 682 912 | 10 501 597 | 4 482 363 | 4 308 433 |
| DELTA DE L'AA | 43 649 473 | 11 187 816 | 15 306 502 | 4 325 015 | 35 394 306 | 11 063 895 | 12 452 896 | 4 253 392 |
| ESCAUT | 23 188 753 | 21 301 274 | 9 220 414 | 8 337 525 | 21 741 027 | 20 389 924 | 8 514 659 | 7 910 214 |
| HAUTE SOMME | 40 043 540 | 39 866 089 | 24 299 769 | 23 940 185 | 26 879 503 | 28 082 551 | 14 301 937 | 14 109 381 |
| LYS | 62 189 765 | 24 789 509 | 22 707 796 | 9 126 490 | 55 620 796 | 23 257 770 | 20 188 544 | 8 487 035 |
| MARQUE DEULE | 97 602 408 | 73 722 106 | 33 674 892 | 25 540 801 | 88 260 056 | 70 414 767 | 30 374 668 | 24 303 470 |
| SAMBRE | 24 633 337 | 23 571 645 | 8 814 744 | 8 309 532 | 21 466 902 | 20 671 203 | 7 686 113 | 7 341 627 |
| SCARPE AMONT | 16 312 390 | 10 067 749 | 6 239 057 | 4 084 442 | 14 288 958 | 9 673 481 | 5 422 132 | 3 822 793 |
| SCARPE AVAL | 17 291 691 | 17 039 399 | 6 197 641 | 6 030 791 | 16 801 171 | 16 626 022 | 5 972 367 | 5 866 055 |
| SENSÉE | 19 127 933 | 19 102 475 | 9 470 927 | 9 336 482 | 17 337 824 | 17 668 904 | 7 981 381 | 7 907 094 |
| SOMME AVAL ET COURS D'EAU COTIERS | 52 591 146 | 51 989 979 | 28 015 112 | 27 172 785 | 46 375 935 | 46 980 497 | 23 401 469 | 22 915 102 |
| YSER | 469 118 | 453 068 | 473 676 | 402 797 | 432 176 | 429 354 | 414 723 | 371 881 |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 14 : Prélèvements estimés pour le scénario CNRM8.5 à l'horizon 2030

| SAGE | CNRM-RCP8.5 - 2030 | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|--|--|
| | Scénarios d'usages | | | | Scénarios d'économie | | | |
| | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) |
| AUDOMAROIS | 29 478 933 | 26 472 618 | 10 214 734 | 9 161 342 | 28 747 651 | 26 004 880 | 9 964 928 | 8 999 383 |
| AUTHIE | 6 248 371 | 6 221 209 | 4 008 363 | 3 883 483 | 6 170 801 | 6 144 200 | 3 944 826 | 3 820 451 |
| BASSIN COTIER DU BOULONNAIS | 10 905 119 | 7 940 916 | 4 038 273 | 2 997 403 | 10 659 524 | 7 832 923 | 3 954 872 | 2 959 869 |
| CANCHE | 12 420 513 | 12 114 752 | 5 222 290 | 5 009 419 | 12 211 296 | 11 936 111 | 5 142 278 | 4 939 598 |
| DELTA DE L'AA | 44 824 506 | 12 420 559 | 15 693 966 | 4 798 177 | 41 532 484 | 12 368 932 | 14 592 947 | 4 777 289 |
| ESCAUT | 25 130 951 | 23 235 430 | 9 869 681 | 9 088 894 | 24 584 225 | 22 878 256 | 9 672 447 | 8 954 844 |
| HAUTE SOMME | 41 408 218 | 41 229 255 | 25 026 760 | 24 770 048 | 33 489 477 | 33 348 207 | 18 680 311 | 18 452 162 |
| LYS | 66 102 852 | 26 876 442 | 24 029 815 | 9 880 632 | 63 574 919 | 26 278 110 | 23 155 723 | 9 665 548 |
| MARQUE DEULE | 104 603 502 | 80 654 455 | 36 016 967 | 27 920 612 | 100 865 447 | 79 307 624 | 34 754 187 | 27 455 299 |
| SAMBRE | 25 781 693 | 24 734 317 | 9 190 487 | 8 752 536 | 24 524 553 | 23 581 914 | 8 771 308 | 8 368 269 |
| SCARPE AMONT | 18 090 100 | 11 175 403 | 6 842 801 | 4 495 009 | 17 245 705 | 11 022 478 | 6 545 531 | 4 428 229 |
| SCARPE AVAL | 18 967 600 | 18 718 664 | 6 755 387 | 6 623 830 | 18 772 983 | 18 548 941 | 6 687 245 | 6 563 985 |
| SENSÉE | 20 816 267 | 20 789 869 | 10 103 815 | 10 015 715 | 20 536 381 | 20 511 022 | 9 928 966 | 9 841 536 |
| SOMME AVAL ET COURS D'EAU COTIERS | 56 672 044 | 56 060 832 | 29 572 333 | 28 990 614 | 55 298 382 | 54 747 941 | 28 869 071 | 28 307 671 |
| YSER | 510 258 | 492 773 | 487 397 | 438 532 | 504 276 | 486 969 | 482 509 | 433 805 |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 15 : Prélèvements estimés pour le scénario CNRM8.5 à l'horizon 2050

| SAGE | CNRM-RCP8.5 - 2050 | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|--|--|
| | Scénarios d'usages | | | | Scénarios d'économie | | | |
| | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) | Prélèvements annuels totaux (m3) | Prélèvements annuels souterrains (en m3) | Prélèvement estivaux totaux (en m3) | Prélèvements estivaux souterrains (en m3) |
| AUDOMAROIS | 26 373 993 | 23 872 306 | 9 154 139 | 8 273 251 | 24 890 653 | 22 929 030 | 8 649 293 | 7 948 426 |
| AUTHIE | 6 046 354 | 6 018 690 | 3 966 368 | 3 849 446 | 5 527 853 | 5 504 369 | 3 512 676 | 3 399 516 |
| BASSIN COTIER DU BOULONNAIS | 10 203 237 | 7 369 122 | 3 778 157 | 2 785 071 | 9 584 740 | 7 093 830 | 3 560 539 | 2 681 854 |
| CANCHE | 11 550 773 | 11 250 080 | 4 892 638 | 4 690 746 | 10 957 988 | 10 732 468 | 4 618 468 | 4 441 634 |
| DELTA DE L'AA | 43 934 510 | 11 472 853 | 15 352 513 | 4 445 398 | 35 673 378 | 11 327 135 | 12 571 379 | 4 369 402 |
| ESCAUT | 23 691 431 | 21 803 952 | 9 339 086 | 8 573 451 | 22 223 764 | 20 808 155 | 8 738 120 | 8 129 776 |
| HAUTE SOMME | 41 939 114 | 41 754 280 | 25 783 393 | 25 534 666 | 28 422 729 | 28 305 205 | 15 590 625 | 15 388 880 |
| LYS | 63 241 026 | 25 325 393 | 23 064 497 | 9 363 876 | 56 629 926 | 23 705 305 | 20 626 397 | 8 707 266 |
| MARQUE DEULE | 99 181 406 | 75 298 430 | 34 196 377 | 26 129 597 | 89 809 175 | 71 891 223 | 30 947 366 | 24 871 846 |
| SAMBRE | 24 926 063 | 23 864 372 | 8 855 979 | 8 420 694 | 21 757 512 | 20 961 243 | 7 798 808 | 7 451 997 |
| SCARPE AMONT | 16 602 995 | 10 358 354 | 6 357 301 | 4 236 452 | 14 560 072 | 9 876 592 | 5 558 525 | 3 958 063 |
| SCARPE AVAL | 17 683 103 | 17 430 811 | 6 307 169 | 6 178 561 | 17 186 205 | 16 996 986 | 6 117 163 | 6 009 579 |
| SENSÉE | 19 898 782 | 19 871 488 | 9 936 792 | 9 853 428 | 18 013 131 | 17 993 226 | 8 417 026 | 8 339 667 |
| SOMME AVAL ET COURS D'EAU COTIERS | 54 698 242 | 54 096 712 | 29 234 987 | 28 687 838 | 48 197 458 | 47 746 191 | 24 672 446 | 24 175 990 |
| YSER | 493 551 | 476 649 | 469 587 | 424 020 | 453 300 | 437 724 | 434 601 | 390 229 |

4.3.3 Résultats

Sur la base des éléments d'analyse et dans le prolongement de la Phase 1, nous proposons un classement d'état pour chaque SAGE : **Territoire en tension (oui) / Territoire à risque de tension (à risque) / territoire sans tension non).**

Nous proposons de tenir compte des faisceaux d'indicateurs suivants :

- Approche quantitative au travers des **indicateurs 2 et 5.**
- Recharge annuelle des territoires pour chacun des scénarios.
- Informations complémentaires liées à la pluviométrie pour chacune de ces trois références permettant de considérer chaque valeur de recharge au regard des conditions pluviométriques y ayant contribué ; la pluviométrie étant considérée comme le critère prépondérant dans le calcul de la recharge.

Les conclusions issues des indicateurs d'impact calculés pour chaque scénario sont identiques à quelques exceptions :

- Le scénario pessimiste CNRM-RCP8.5 fait ressortir le SAGE Escaut comme potentiellement à risque du fait d'une recharge faible (de l'ordre de 155 mm).
- Le scénario IPSL-RCP4.5, optimiste, classe la Sambre comme « A risque » et non en tension contrairement aux autres scénarios. Ce classement a été appliqué après prise en compte des économies d'eau possible sur le territoire. Dans le cas où une telle approche ne serait pas mise en application, le Sage pourrait également être considéré comme en tension dans le futur.

Le classement des territoires en tension ou non s'est appuyé sur les calculs d'indicateurs pour les scénarios d'évolution des usages et économies d'eau ainsi que sur les valeurs de recharge estimées.

Notons également que, dans le prolongement de la phase 1, des appréciations qualitatives ont été intégrées notamment pour :

- Le SAGE Yser dont les prélèvements au droit du SAGE sont quasi nuls (transferts d'eau en provenance de l'Audomarois).
- Le Bassin Côtier du Boulonnais pour lequel le karst présent sur le territoire altère les capacités de stockage de l'aquifère matriciel et diminue les effets positifs de la recharge sur le réservoir.

Concernant le Delta de l'Aa, bien que classé ici « non en tension », rappelons que les prélèvements ont lieu dans la craie qui ne représente qu'une part du territoire du SAGE, alors que la recharge est supposée en tout point du territoire. Une sous-estimation de la pression est donc possible.

Enfin, l'intégration d'économie d'eau sur le bassin semble n'avoir qu'un faible impact sur les résultats des indicateurs pour la majorité des SAGE. Seule la Haute-Somme semble en bénéficier de manière plus avantageuse : baisse de plus de 10% sur l'indicateur 5 pour chacun des scénarios (efforts réalisés au niveau des prélèvements agricoles notamment).

A noter que les conclusions des territoires et des évolutions de prélèvements et de tensions sont à nuancer avec les éléments suivants :

- - la tension sera accrue en période d'étiage par rapport à la situation actuelle, même si la recharge hivernale est un peu meilleure : moins de pluie en printemps été et température

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

plus élevée, sécheresse des sols et même si sur de nombreux secteurs les nappes viennent en soutien d'été.

- - le travail est fait sur des moyennes or il existe de forte variabilités interannuelles et donc même si les "bonnes années" la recharge est meilleure, on pourrait assister à des répétitions d'années déficitaires avec une recharge plus faible et une pluvio annuelle plus faible comme en 2017-2019.
- - les besoins des milieux naturels ne sont pas directement pris en compte comme usage mais le risque de tension est pris en compte à partir d'un taux de 25% pour justement laisser une marge de manœuvre sur ce volet et c'est dans la phase 4 que seront estimés ces besoins
- - les diminutions en scénarios d'économie ne seront atteintes que moyennant de gros efforts et donc pour les tensions il faut surtout se baser sur le tendanciel avec toutes les réserves notamment sur de nouveaux prélèvements industriels (Pure Salmon) et sur le fait que les prélèvements estivaux pourraient augmenter et se concentrer sur la période d'été pour le domestique et l'agricole même si la valeur annuelle décroît

Par ailleurs, concernant l'échelle SAGE qui n'est pas toujours adaptée et surtout qui moyenne certains phénomènes locaux, le tableau final fera mention pour chaque territoire des caractéristiques et problématiques particuliers (exemple Cas de la Somme aval et cours d'eau côtiers, non en risque de tension mais problématique de la Maye).

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 16 : Synthèse des scénarios d'usage

| | Année 2017 | | | | IPSL 4,5 2030 | | | IPSL 4,5 2050 | | | CNRM 8,5 2030 | | | CNRM 8,5 2050 | | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|---|---------------------------|------------------------|----------------------------------|--|------------------------|----------------------------------|--|------------------------|----------------------------------|--|------------------------|----------------------------------|--|
| | I2 (P/R) – souterrain | I5 (Pest/Qét iage) - souterrain | Indicateur 5 2017 (Pestival/Qetiage) sout+sup sans canaux | Classement phase 1 | Scénarios d'usages | | |
| | I2 (P/R) – souterrain | I5 (Pest/Qét iage) - souterrain | Indicateur 5 2017 (Pestival/Qetiage) sout+sup sans canaux | Classement phase 1 | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qét iage) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetiage) sout+sup sans canaux | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qét iage) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetiage) sout+sup sans canaux | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qét iage) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetiage) sout+sup sans canaux | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qét iage) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetiage) sout+sup sans canaux |
| Audomerois | 22 % | 25 % | 28 % | tension à moyen terme | 16 % | 24 % | 26 % | 13 % | 21 % | 24 % | 17 % | 24 % | 27 % | 14 % | 24 % | 26 % |
| Authie | 2 % | 4 % | 4 % | Pas de tension identifiée | 2 % | 5 % | 5 % | 1 % | 5 % | 5 % | 2 % | 5 % | 5 % | 2 % | 6 % | 6 % |
| Bassin côtier du Boulonnais | 8 % | 31 % | 43 % | tension à moyen terme | 5 % | 42 % | 56 % | 3 % | 38 % | 53 % | 5 % | 42 % | 57 % | 5 % | 39 % | 53 % |
| Canche | 4 % | 4 % | 5 % | Pas de tension identifiée | 3 % | 4 % | 4 % | 2 % | 4 % | 4 % | 3 % | 4 % | 4 % | 3 % | 4 % | 5 % |
| Delta de l'Aa | 8 % | 11 % | 32 % | tension à moyen terme | 6 % | 12 % | 41 % | 5 % | 11 % | 40 % | 6 % | 12 % | 41 % | 5 % | 12 % | 40 % |
| Escaut | 11 % | 19 % | 20 % | Pas de tension identifiée | 7 % | 17 % | 19 % | 6 % | 16 % | 18 % | 8 % | 17 % | 19 % | 8 % | 16 % | 18 % |
| Haute-Somme | 26 % | 61 % | 62 % | tension à moyen terme | 13 % | 60 % | 60 % | 11 % | 59 % | 60 % | 15 % | 61 % | 61 % | 14 % | 63 % | 63 % |
| Lys | 9 % | 25 % | 57 % | tension à moyen terme | 8 % | 23 % | 56 % | 6 % | 21 % | 53 % | 8 % | 23 % | 57 % | 7 % | 25 % | 61 % |
| Marque-Deûle | 75 % | 111 % | 143 % | tension à court terme | 81 % | 106 % | 137 % | 65 % | 98 % | 129 % | 82 % | 107 % | 138 % | 73 % | 100 % | 131 % |
| Sambre | 49 % | 35 % | 37 % | tension à moyen terme | 20 % | 74 % | 78 % | 17 % | 71 % | 75 % | 22 % | 74 % | 78 % | 21 % | 88 % | 93 % |
| Scarpe amont | 8 % | 18 % | 23 % | Pas de tension identifiée | 6 % | 14 % | 22 % | 4 % | 13 % | 20 % | 5 % | 14 % | 22 % | 5 % | 16 % | 24 % |
| Scarpe aval | 22 % | 45 % | 45 % | tension à moyen terme | 27 % | 38 % | 39 % | 22 % | 35 % | 36 % | 30 % | 39 % | 39 % | 27 % | 36 % | 37 % |
| Sensée | 22 % | 59 % | 64 % | tension à moyen terme | 15 % | 42 % | 42 % | 13 % | 39 % | 40 % | 16 % | 42 % | 43 % | 15 % | 46 % | 46 % |
| Somme aval | 8 % | 15 % | 16 % | Pas de tension identifiée | 6 % | 16 % | 17 % | 5 % | 16 % | 16 % | 7 % | 17 % | 17 % | 6 % | 17 % | 17 % |
| Yser | 0 % | 15 % | 15 % | tension à moyen terme | 1 % | 1 % | 31 % | 1 % | 0 % | 31 % | 1 % | 1 % | 32 % | 1 % | 0 % | 31 % |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 17 : Synthèse des scénarios d'économie

| | Année 2017 | | | | IPSL 4,5 2030 | | | IPSL 4,5 2050 | | | CNRM 8,5 2030 | | | CNRM 8,5 2050 | | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|---|
| | I2 (P/R) - souterrain | I5 (Pest/Qétia ge) - souterrain | Indicateur 5 2017 (Pestival/Qetia ge) sout+sup sans canaux | Classement phase 1 | Scénarios d'économies d'eau | | |
| | I2 (P/R) - souterrain | I5 (Pest/Qétia ge) - souterrain | Indicateur 5 (Pestival/Qetia ge) sout+sup sans canaux | Classement phase 1 | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétia ge) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetia ge) sout+sup sans canaux | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétia ge) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetia ge) sout+sup sans canaux | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétia ge) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetia ge) sout+sup sans canaux | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétia ge) - souterrains | Indicateur 5 (Pestival/Qetia ge) sout+sup sans canaux |
| Audomarois | 22 % | 25 % | 28 % | tension à moyen terme | 16 % | 23 % | 26 % | 12 % | 20 % | 22 % | 16 % | 23 % | 26 % | 14 % | 23 % | 25 % |
| Authie | 2 % | 4 % | 4 % | Pas de tension identifiée | 2 % | 5 % | 5 % | 1 % | 4 % | 4 % | 2 % | 5 % | 5 % | 2 % | 5 % | 5 % |
| Bassin côtier du Boulonnais | 8 % | 31 % | 43 % | tension à moyen terme | 5 % | 41 % | 55 % | 3 % | 37 % | 49 % | 5 % | 42 % | 56 % | 5 % | 38 % | 50 % |
| Canche | 4 % | 4 % | 5 % | Pas de tension identifiée | 3 % | 4 % | 4 % | 2 % | 3 % | 4 % | 3 % | 4 % | 4 % | 3 % | 4 % | 4 % |
| Delta de l'Aa | 8 % | 11 % | 32 % | tension à moyen terme | 6 % | 12 % | 38 % | 5 % | 11 % | 32 % | 6 % | 12 % | 38 % | 5 % | 11 % | 33 % |
| Escaut | 11 % | 19 % | 20 % | Pas de tension identifiée | 7 % | 17 % | 18 % | 6 % | 15 % | 16 % | 8 % | 17 % | 18 % | 7 % | 15 % | 17 % |
| Haute-Somme | 26 % | 61 % | 62 % | tension à moyen terme | 11 % | 44 % | 45 % | 8 % | 35 % | 35 % | 12 % | 45 % | 46 % | 10 % | 38 % | 38 % |
| Lys | 9 % | 25 % | 57 % | tension à moyen terme | 8 % | 23 % | 54 % | 6 % | 20 % | 48 % | 8 % | 23 % | 55 % | 7 % | 23 % | 54 % |
| Marque-Deûle | 75 % | 111 % | 143 % | tension à court terme | 80 % | 104 % | 132 % | 62 % | 93 % | 116 % | 80 % | 105 % | 133 % | 70 % | 95 % | 118 % |
| Sambre | 49 % | 35 % | 37 % | tension à moyen terme | 19 % | 71 % | 74 % | 15 % | 62 % | 65 % | 21 % | 71 % | 74 % | 19 % | 78 % | 82 % |
| Scarpe amont | 8 % | 18 % | 23 % | Pas de tension identifiée | 6 % | 14 % | 21 % | 4 % | 12 % | 17 % | 5 % | 14 % | 21 % | 5 % | 15 % | 21 % |
| Scarpe aval | 22 % | 45 % | 45 % | tension à moyen terme | 27 % | 38 % | 39 % | 21 % | 34 % | 35 % | 30 % | 38 % | 39 % | 26 % | 35 % | 36 % |
| Sensée | 22 % | 59 % | 64 % | tension à moyen terme | 15 % | 41 % | 41 % | 12 % | 33 % | 34 % | 16 % | 42 % | 42 % | 14 % | 39 % | 39 % |
| Somme aval | 8 % | 15 % | 16 % | Pas de tension identifiée | 6 % | 16 % | 16 % | 5 % | 13 % | 13 % | 7 % | 16 % | 17 % | 6 % | 14 % | 14 % |
| Yser | 0 % | 15 % | 15 % | tension à moyen terme | 1 % | 28 % | 31 % | 0 % | 24 % | 27 % | 1 % | 29 % | 32 % | 0 % | 26 % | 29 % |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau

Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau 18 : Synthèse des conclusions

| SAGE | Evolutions aux horizons 2030 et 2050 | Particularités du territoire | Classement global du territoire de SAGE |
|-----------------------------|--|--|---|
| Audomarois | Tension quantitative à l'étiage qui se poursuit en situation moyenne sur la période 2020-2050, avec une attention particulière à avoir sur l'impact sur le niveau du marais. Forte nécessité de mettre en place le scénario d'économie. | Tension saisonnière à l'étiage | tension à moyen terme |
| Authie | Légère augmentation de la pression de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050 - Surveillance des milieux humides à accentuer notamment du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes | tension qui peut apparaître en cas d'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes comme prévu par Extremoscope | Pas de tension identifiée |
| Bassin côtier du Boulonnais | Forte accentuation des tensions à l'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. | Tension saisonnière à l'étiage | tension à moyen terme |
| Canche | Stagnation de la pression de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. Surveillance des milieux humides à accentuer notamment du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes | tension qui peut apparaître en cas d'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes comme prévu par Extremoscope | Pas de tension identifiée |
| Delta de l'Aa | Forte accentuation des tensions à l'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. Forte nécessité de mettre en place le scénario d'économie. | Tension durable du fait de l'importation nécessaire sur le dunkerquois | tension à moyen terme |
| Escaut | Stagnation de la pression de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. Surveillance des milieux humide à accentuer notamment du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes Prélèvements pour alimentation des canaux qui peut créer des tensions à l'étiage | tension qui peut apparaître à l'étiage si prélèvements importants pour les canaux et en cas d'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes comme prévu par Extremoscope | Pas de tension identifiée |
| Haute-Somme | Maintien d'un haut niveau de tension à l'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. Forte nécessité de mettre en place le scénario d'économie. Prélèvements pour alimentation des canaux qui peut créer des tensions à l'étiage | Tension saisonnière à l'étiage | tension à moyen terme |
| Lys | Maintien d'un niveau élevé de tension à l'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. Nécessité importante de mettre en place le scénario d'économie. Prélèvements pour alimentation des canaux qui peut créer des tensions à l'étiage | Tension saisonnière à l'étiage | tension à moyen terme |
| Marque-Deûle | Maintien d'un niveau de tensions très importants toute l'année notamment car la recharge est limitée du fait de l'urbanisation. Nécessité absolue de mettre en place un scénario d'économie d'envergure. | tension durable du fait de la faible recharge, des besoins importants et de l'obligation d'importer une grande partie de l'eau | tension à court terme |
| Sambre | Accentuation très importantes des tensions à l'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050. Forte nécessité à mettre en place et renforcer le scénario d'économie | Tension saisonnière à l'étiage qui pourrait potentiellement se transformer en tension durable en cas d'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes comme prévu par Extremoscope | tension à moyen terme |
| Scarpe amont | Maintien d'un niveau de pression relativement élevé de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050 - Surveillance des milieux humides à accentuer notamment du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes | tension qui peut apparaître en cas d'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes comme prévu par Extremoscope | Pas de tension identifiée |
| Scarpe aval | Maintien d'un niveau de pression relativement élevé de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050 - Surveillance des milieux humides à accentuer notamment du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes | Tension saisonnière à l'étiage | tension à moyen terme |
| Sensée | Baisse attendue du niveau de pression de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050 mais avec un niveau qui reste assez élevé - Surveillance des milieux humides à accentuer notamment du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes Prélèvements pour alimentation des canaux qui peut créer des tensions à l'étiage | Tension saisonnière à l'étiage | tension à moyen terme |
| Somme aval | Légère augmentation de la pression de prélèvement en période d'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050 - Surveillance des milieux humides à accentuer notamment sur le secteur littoral des bas champs picards et de la Maye du fait de l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes | tension qui peut apparaître en cas d'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes comme prévu par Extremoscope | Pas de tension identifiée |
| Yser | Accentuation importante des tensions à l'étiage en situation moyenne sur la période 2020-2050 avec possible impact sur les milieux humides | tension durable du fait de l'absence de ressource souterraine et de l'obligation d'importer l'eau | tension à moyen terme |

ANNEXE 1

TABLEAUX DE SYNTHÈSE COMPLÉMENTAIRES

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau : Synthèse des territoires considérés en tension quantitative – IPSL-RCP4.5 – 2030

| | Approche quantitative – Indicateurs | | | | Evaluation de la lame d'eau infiltrée (mm/an) | | | Autres informations décrivant les territoires | Conclusion |
|---------------|---|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|-------------------------|
| | Scénarios d'usages | | Scénarios d'économies d'eau | | Recharge IPSL4.5-2030 | Recharge 2017 | Recharge 1981-2010 | | |
| | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | | | | Pluviométrie annuelle IPSL4.5-2030 | Territoire en tension ? |
| Audomarois | 16% | 24% | 16% | 23% | 254 | 202 | 210 | 914 | Non |
| Authie | 2% | 5% | 2% | 5% | 292 | 232 | 242 | 931 | Non |
| Boulonnais | 5% | 42% | 5% | 41% | 258 | 181 | 190 | 980 | A risque |
| Canche | 3% | 4% | 3% | 4% | 311 | 245 | 257 | 994 | Non |
| Delta de l'Aa | 6% | 12% | 6% | 12% | 180 | 120 | 134 | 850 | Non |
| Escaut | 7% | 17% | 7% | 17% | 169 | 109 | 134 | 818 | Non |
| Haute-Somme | 13% | 60% | 11% | 44% | 164 | 97 | 130 | 768 | A risque |
| Lys | 8% | 23% | 8% | 23% | 186 | 191 | 153 | 844 | Non |
| Marque-Deûle | 81% | 106% | 80% | 104% | 89 | 102 | 72 | 766 | Oui |
| Sambre | 20% | 74% | 19% | 71% | 229 | 91 | 189 | 902 | Oui |
| Scarpe amont | 6% | 14% | 6% | 14% | 178 | 148 | 166 | 842 | Non |
| Scarpe aval | 27% | 38% | 27% | 38% | 112 | 139 | 83 | 779 | A risque |
| Sensée | 15% | 42% | 15% | 41% | 159 | 126 | 127 | 781 | A risque |
| Somme aval | 6% | 16% | 6% | 16% | 194 | 169 | 148 | 815 | Non |
| Yser | 1% | 28% | 1% | 28% | 211 | 175 | 170 | 807 | A risque |
| | Vert : inférieur à 25% Jaune : entre 25% et 70% Rouge : supérieur à 70% | | | | V : > 237 J : 163 < 237 R : < 163 | V : > 193 J : 142 < 193 R : < 142 | V : > 196 J : 134 < 196 R : < 134 | V : > 800 J : 700 < 800 R : < 700 | |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau : Synthèse des territoires considérés en tension quantitative – IPSL-RCP4.5 – 2050

| | Approche quantitative - Indicateurs | | | | Evaluation de la lame d'eau infiltrée (mm/an) | | | Autres informations décrivant les territoires | Conclusion |
|---------------|---|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|-------------------------|
| | Scénarios d'usages | | Scénarios d'économies d'eau | | Recharge IPSL4.5-2050 | Recharge 2017 | Recharge 1981-2010 | Pluviométrie annuelle IPSL4.5-2050 | Territoire en tension ? |
| | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | | | | | |
| Audomarois | 13% | 21% | 12% | 20% | 286 | 202 | 210 | 978 | Non |
| Authie | 1% | 5% | 1% | 4% | 334 | 232 | 242 | 993 | Non |
| Boulonnais | 3% | 38% | 3% | 37% | 357 | 181 | 190 | 1074 | A risque |
| Canche | 2% | 4% | 2% | 3% | 356 | 245 | 257 | 1067 | Non |
| Delta de l'Aa | 5% | 11% | 5% | 11% | 201 | 120 | 134 | 921 | Non |
| Escaut | 6% | 16% | 6% | 15% | 194 | 109 | 134 | 851 | Non |
| Haute-Somme | 11% | 59% | 8% | 35% | 189 | 97 | 130 | 808 | A risque |
| Lys | 6% | 21% | 6% | 20% | 213 | 191 | 153 | 890 | Non |
| Marque-Deûle | 65% | 98% | 62% | 93% | 104 | 102 | 72 | 792 | Oui |
| Sambre | 17% | 71% | 15% | 62% | 265 | 91 | 189 | 939 | A risque |
| Scarpe amont | 4% | 13% | 4% | 12% | 226 | 148 | 166 | 878 | Non |
| Scarpe aval | 22% | 35% | 21% | 34% | 130 | 139 | 83 | 807 | A risque |
| Sensée | 13% | 39% | 12% | 33% | 182 | 126 | 127 | 811 | A risque |
| Somme aval | 5% | 16% | 5% | 13% | 215 | 169 | 148 | 866 | Non |
| Yser | 0% | 26% | 0% | 24% | 238 | 175 | 170 | 865 | A risque |
| | Vert : inférieur à 25% Jaune : entre 25% et 70% Rouge : supérieur à 70% | | | | V : > 273 J : 189 < 273 R : < 189 | V : > 193 J : 142 < 193 R : < 142 | V : > 196 J : 134 < 196 R : < 134 | V : > 800 J : 700 < 800 R : < 700 | |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau : Synthèse des territoires considérés en tension quantitative – CNRM-RCP8.5 – 2030

| | Approche quantitative - Indicateurs | | | | Evaluation de la lame d'eau infiltrée (mm/an) | | | Autres informations décrivant les territoires | Conclusion |
|---------------|---|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|-------------------------|
| | Scénarios d'usages | | Scénarios d'économies d'eau | | Recharge CNRM8.5-2030 | Recharge 2017 | Recharge 1981-2010 | Pluviométrie annuelle CNRM8.5-2030 | Territoire en tension ? |
| | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | | | | | |
| Audomarois | 17% | 24% | 16% | 23% | 248 | 202 | 210 | 914 | Non |
| Authie | 2% | 5% | 2% | 5% | 274 | 232 | 242 | 889 | Non |
| Boulonnais | 5% | 42% | 5% | 42% | 229 | 181 | 190 | 928 | A risque |
| Canche | 3% | 4% | 3% | 4% | 295 | 245 | 257 | 957 | Non |
| Delta de l'Aa | 6% | 12% | 6% | 12% | 170 | 120 | 134 | 839 | Non |
| Escaut | 8% | 17% | 8% | 17% | 155 | 109 | 134 | 801 | A risque |
| Haute-Somme | 15% | 61% | 12% | 45% | 151 | 97 | 130 | 752 | A risque |
| Lys | 8% | 23% | 8% | 23% | 188 | 191 | 153 | 852 | Non |
| Marque-Deûle | 82% | 107% | 80% | 105% | 90 | 102 | 72 | 764 | Oui |
| Sambre | 22% | 74% | 21% | 71% | 214 | 91 | 189 | 886 | Oui |
| Scarpe amont | 5% | 14% | 5% | 14% | 192 | 148 | 166 | 827 | Non |
| Scarpe aval | 30% | 39% | 30% | 38% | 104 | 139 | 83 | 766 | A risque |
| Sensée | 16% | 42% | 16% | 42% | 154 | 126 | 127 | 767 | A risque |
| Somme aval | 7% | 17% | 7% | 16% | 174 | 169 | 148 | 798 | Non |
| Yser | 1% | 29% | 1% | 29% | 209 | 175 | 170 | 810 | A risque |
| | Vert : inférieur à 25% Jaune : entre 25% et 70% Rouge : supérieur à 70% | | | | V : > 227 J : 159 < 227 R : < 159 | V : > 193 J : 142 < 193 R : < 142 | V : > 196 J : 134 < 196 R : < 134 | V : > 800 J : 700 < 800 R : < 700 | |

Rapport synthèse de Phase 2 – Analyse prospective de la ressource en eau
Analyse de vulnérabilité et gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin Artois-Picardie

Tableau : Synthèse des territoires considérés en tension quantitative – CNRM-RCP8.5 – 2050

| | Approche quantitative - Indicateurs | | | | Evaluation de la lame d'eau infiltrée (mm/an) | | | Autres informations décrivant les territoires | Conclusion |
|---------------|---|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|-------------------------|
| | Scénarios d'usages | | Scénarios d'économies d'eau | | Recharge CNRM8.5-2050 | Recharge 2017 | Recharge 1981-2010 | Pluviométrie annuelle CNRM8.5-2050 (en mm) | Territoire en tension ? |
| | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | I2 (P/R) - souterrains | I5 (Pest/Qétiage) - souterrains | | | | | |
| Audomarois | 14% | 24% | 14% | 23% | 260 | 202 | 210 | 903 | Non |
| Authie | 2% | 6% | 2% | 5% | 275 | 232 | 242 | 861 | Non |
| Boulonnais | 5% | 39% | 5% | 38% | 238 | 181 | 190 | 916 | A risque |
| Canche | 3% | 4% | 3% | 4% | 298 | 245 | 257 | 934 | Non |
| Delta de l'Aa | 5% | 12% | 5% | 11% | 185 | 120 | 134 | 837 | Non |
| Escaut | 8% | 16% | 7% | 15% | 156 | 109 | 134 | 770 | A risque |
| Haute-Somme | 14% | 63% | 10% | 38% | 155 | 97 | 130 | 733 | A risque |
| Lys | 7% | 25% | 7% | 23% | 196 | 191 | 153 | 838 | Non |
| Marque-Deûle | 73% | 100% | 70% | 95% | 94 | 102 | 72 | 739 | Oui |
| Sambre | 21% | 88% | 19% | 78% | 211 | 91 | 189 | 850 | Oui |
| Scarpe amont | 5% | 16% | 5% | 15% | 191 | 148 | 166 | 800 | Non |
| Scarpe aval | 27% | 36% | 26% | 35% | 108 | 139 | 83 | 738 | A risque |
| Sensée | 15% | 46% | 14% | 39% | 157 | 126 | 127 | 741 | A risque |
| Somme aval | 6% | 17% | 6% | 14% | 179 | 169 | 148 | 781 | Non |
| Yser | 1% | 28% | 0% | 26% | 225 | 175 | 170 | 808 | A risque |
| | Vert : inférieur à 25% Jaune : entre 25% et 70% Rouge : supérieur à 70% | | | | V : > 230 J : 162 < 230 R : < 162 | V : > 193 J : 142 < 193 R : < 142 | V : > 196 J : 134 < 196 R : < 134 | V : > 800 J : 700 < 800 R : < 700 | |

Le tableau ci-dessous résume les conclusions pour chaque scénario :

Tableau 19 : Synthèse des conclusions

| | Situation de référence Phase 1 - 2017 | IPSL-RCP4.5 2030 | IPSL-RCP4.5 2050 | CNRM-RCP8.5 2030 | CNRM-RCP8.5 2050 |
|---------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Audomarois | A risque | Non | Non | Non | Non |
| Authie | Non | Non | Non | Non | Non |
| Boulonnais | A risque | A risque | A risque | A risque | A risque |
| Canche | Non | Non | Non | Non | Non |
| Delta de l'Aa | A risque | Non | Non | Non | Non |
| Escaut | Non | Non | Non | A risque | A risque |
| Haute-Somme | A risque | A risque | A risque | A risque | A risque |
| Lys | A risque | Non | Non | Non | Non |
| Marque-Deûle | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Sambre | A risque | Oui | A risque | Oui | Oui |
| Scarpe amont | Non | Non | Non | Non | Non |
| Scarpe aval | A risque | A risque | A risque | A risque | A risque |
| Sensée | A risque | A risque | A risque | A risque | A risque |
| Somme aval | Non | Non | Non | Non | Non |
| Yser | A risque | A risque | A risque | A risque | A risque |