



ETUDE SUR LES STRATEGIES TERRITORIALES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

ANALYSE DU CLIMAT FUTUR DU TERRITOIRE DE LA MEDCIE PAYS DU NORD

RAPPORT DE PHASE 1

VENDREDI 6 AVRIL 2012

Artelia Eau et Environnement - Équipe Climat-Énergie

10 bis, place de Clichy – 75009 PARIS

Contact : Pricillia Privat

pricillia.privat@arteliagroup.com

Tél : 01 48 78 93 45

Fax : 01 48 78 93 41



Table des matières

INTRODUCTION.....	4
1 LES DONNEES DISPONIBLES SUR LES EFFETS ATTENDUS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE NORD FRANÇAIS - ELEMENTS DE CADRAGE.....	6
1.1 METHODOLOGIE DE CREATION DES SIMULATIONS CLIMATIQUES	6
1.1.1 REFERENCES TEMPORELLES ET CHOIX DE SCENARIOS	6
1.1.2 LES PARAMETRES RETENUS POUR L'ETUDE	6
1.2 L'INCERTITUDE : UN FACTEUR INHERENT AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	8
2 RESULTATS DES SIMULATIONS ET ANALYSES DES PARAMETRES CLIMATIQUES.....	10
2.1 PARAMETRES DE TEMPERATURES	11
2.1.1 TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES.....	11
2.1.2 MOYENNES SAISONNIERES DES TEMPERATURES MOYENNES HIVERNALES (DECEMBRE-JANVIER-FEVRIER)	13
2.1.3 MOYENNES SAISONNIERES DES TEMPERATURES MOYENNES ESTIVALES (JUN-JUILLET-AOUT).....	15
2.2 MOYENNE ANNUELLE DES NOMBRES DE JOURS DE GEL	17
2.3 PARAMETRES DE PRECIPITATIONS.....	19
2.3.1 MOYENNE ANNUELLE DES PRECIPITATIONS	19
2.3.2 MOYENNE ANNUELLE DES PRECIPITATIONS EN HIVER	21
2.3.3 MOYENNE ANNUELLE DES PRECIPITATIONS EN ETE.....	23
2.3.4 MOYENNE ANNUELLE DES NOMBRES DE JOURS OU LES PRECIPITATIONS ATTEIGNENT AU MOINS 10 MILLIMETRES.....	25
2.4 INDICE DE CANICULE	27
2.5 INDICE DE SECHERESSE	28
BIBLIOGRAPHIE	29

Introduction

L'adaptation caractérise une démarche visant, par anticipation, à se préparer aux modifications climatiques qui surviendront inexorablement au cours du XXI^e siècle en prenant des dispositions afin d'analyser et de réduire les vulnérabilités d'un territoire et d'augmenter sa résilience face aux changements graduels et aux extrêmes. Dans l'analyse des territoires de la MEDCIE Pays du Nord, il s'agira notamment d'analyser les quatre enjeux principaux dans le rapport 3 (sur le plan thématique) et dans le rapport 4 (sur le plan territorial) identifiés et caractérisés avec le maître d'ouvrage à savoir :

- Les impacts du changement climatique sur les productions et les pratiques agricoles et forestières ;
- Les impacts sanitaires du changement climatique ;
- Les impacts du changement climatique sur la biodiversité et les zones humides spécifiques au territoire ;
- Les impacts du changement climatique sur les risques côtiers, et plus précisément sur les phénomènes d'érosion des côtes et l'évolution de la salinité aux abords des côtes des Pays du Nord (cas des Wateringues).

Toutefois, cette analyse des vulnérabilités ne peut être réellement pertinente que si elle est précédée de l'étude primordiale du climat futur. Dans le cadre de l'étude *Fourniture d'indicateurs pour caractériser le changement climatique*¹, la Délégation interministérielle à l'Aménagement du Territoire et à l'Attractivité Régionale (DATAR) a missionné Météo-France pour mettre à disposition des SGAR une étude cartographique de l'évolution d'une sélection de paramètres climatiques en France métropolitaine. Visant essentiellement à favoriser les démarches interrégionales d'adaptation, ces données ont été réalisées selon un découpage par quart de territoire (le quart nord-ouest, le quart nord-est, le quart sud-ouest et le quart sud-est), dont le quart nord-ouest qui englobe les régions Nord-Pas-De-Calais et Picardie au nord et se limite à Reims à l'est et à Limoges au sud.

L'ensemble des cartes qui sont détaillées ci-après mettent en évidence des tendances d'évolution du climat pour notre zone d'étude. Pour des raisons de lisibilité, en accord avec Météo-France (Division Etudes et climatologie), des agrandissements ont été réalisés sur les cartes afin de mieux déceler les données pour les deux régions étudiées. Pour chaque jeu de cartes, la mention « D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR » a également été inscrite. Il doit néanmoins être précisé que ces cartes disposent d'une résolution artificielle qui implique qu'elles ne doivent pas être considérées comme des représentations exactes de la situation climatique des régions.

Par ailleurs, les cartes étant réalisées selon les découpages par quart, celles utilisées par notre étude coupent n'intègrent pas l'ensemble du territoire d'étude : une partie des régions, notamment les départements du Nord et de l'Aisne, n'est pas représentée. Toutefois, il est apparu lors du premier comité de pilotage que ce découpage n'est pas « dommageable » pour l'analyse, d'autant plus que dans le cadre des Schémas Régionaux Climat Air Energie Picardie et Nord-Pas-de-Calais, des analyses climatiques régionales se basant sur les mêmes données Météo-France ont été réalisées et pourront être réutilisées pour l'étude.

Globalement, voici les principaux points que l'on peut retenir pour notre territoire d'étude aux trois horizons temporels qui sont traités.

A l'horizon 2030 :

- Une hausse des températures moyennes annuelles comprise entre 1 et 1,4°C selon les scénarios. Les données font état d'une hausse qui serait d'abord plus marquée en hiver qu'en été, avec des écarts de température par rapport à la période de référence pouvant atteindre 1,8°C alors que l'écart maximum en période estivale est de 1,4°C ;

¹ DATAR - Météo-France, 2010, Fourniture d'indicateurs pour caractériser le changement climatique

- Une variation modérée des précipitations annuelles moyennes entre -10 et +5% et une sensibilité importante aux sécheresses avec un temps passé en état sécheresse sur une période de 30 ans évalué entre 15 et 40% selon les territoires.

A l'horizon 2050 :

- Une poursuite de la hausse des températures moyennes avec des écarts entre les scénarios et les saisons qui se creusent. Les écarts à la référence pourraient atteindre en été 3°C et en hiver 2,4°C ;
- Un accroissement des disparités saisonnières et territoriales dans les précipitations avec une baisse de la ressource plus marquée en été (jusqu'à -15%) surtout sur la frange littorale, mais une augmentation de 5 à 15% en hiver ;
- Une hausse du nombre de jours de canicules, avec des contrastes territoriaux significatifs : le nord du territoire étant le moins touché que le sud ;
- Une aggravation des sécheresses avec des valeurs pouvant atteindre sur certaines zones géographiques jusqu'à 60% selon les scénarios les plus pessimistes. L'ensemble du nord du territoire, notamment le littoral, ainsi que l'est, semblent plus particulièrement impactés.

A l'horizon 2080 :

- Une aggravation des tendances précitées pour les températures : selon les données, on recensera une hausse des températures moyenne jusqu'à 3,6°C tandis que les températures hivernales augmenteront jusqu'à 3°C et jusqu'à 5°C pour les températures estivales ;
- Une diminution plus généralisée des précipitations : on observerait une baisse de 5 à 15% des précipitations moyennes, avec une baisse plus importante en période estivale estimée entre -5 à -20% ;
- Une hausse significative du nombre de jours de canicules jusqu'à 400 jours sur une période de 30 ans. Les données faisant apparaître de manière distincte que le nord, et notamment le littoral, sera la zone la moins exposée tandis que le sud du territoire se distinguera par des nombres de jours caniculaires plus importants.
- Une généralisation des périodes de sécheresse sur le territoire avec jusqu'à 80% du temps passé en état de sécheresse sur une majeure partie du territoire selon le scénario le plus pessimiste A2. Le nord et le nord-est du territoire apparaissent plus concernés par cette évolution.

Si ces cartes permettent de dégager des tendances claires d'évolution du climat, les données obtenues doivent être utilisées avec prudence en raison des nombreuses limites mises en évidence par Météo-France quant à la précision spatiale et temporelle des paramètres étudiés. En effet, malgré l'avancée actuelle des modèles utilisés, il est difficile de représenter précisément la variabilité du climat dans les simulations climatiques réalisées. Dans ce contexte, les données ne peuvent être considérées comme l'évolution exacte attendue des paramètres climatiques mais davantage comme une représentation des changements qui surviendront potentiellement au cours du XXI^e siècle selon différents scénarios socioéconomiques. Afin de pallier ces limites, les données sont interprétées en utilisant les notions de gradients nord/sud/est/ouest, tout en précisant les incertitudes relatives aux méthodes de calcul, à l'interprétation des données à l'échelle globale du nord ainsi qu'à celle des territoires régionaux.

1 Les données disponibles sur les effets attendus du changement climatique dans le Nord français - Eléments de cadrage

1.1 Méthodologie de création des simulations climatiques

1.1.1 Références temporelles et choix de scénarios

Dans le cadre de l'étude de la DATAR, le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) a réalisé des simulations d'évolution du climat à l'échelle de la France par le biais de son modèle climatique global ARPEGE-Climat. Forcé par un jeu de données de la température de surface de la mer issues de simulations couplées à une résolution de 300 km, ce modèle dispose d'une maille étirée qui offre une résolution d'environ 50 km pour la France. Il constitue l'un des modèles utilisés par le GIEC dans le cadre de ses exercices de simulations.

La première phase du travail du CRNM a consisté à simuler le climat passé sur une période de référence 1971-2000 à partir du modèle AURELHY. Dans un second temps, le climat futur a été simulé en considérant trois scénarios socio-économiques et environnementaux définis par le GIEC et prenant en compte différentes hypothèses d'évolution démographique, environnementale, économique et technologique (évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES)). Trois jeux de simulations climatiques ont ainsi été calculés pour le XXI^e siècle à savoir :

- **Une simulation du climat sur une période de 100 ans selon le scénario B1 dit « optimiste »**, en termes d'émissions de GES. Ce scénario privilégie l'environnement et la convergence des économies mondiales en décrivant un monde qui connaîtrait un pic de la population mondiale au milieu du siècle mais qui déclinerait ensuite et où l'accent serait mis sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique et environnementale et sur une évolution plus rapide des structures économiques vers une économie de services et d'information ;
- **Une simulation sur 100 ans selon le scénario A1B dit « médian »**. Ce scénario intermédiaire considère une croissance économique et technologique forte s'appuyant notamment sur une orientation vers des choix énergétiques équilibrés entre énergies fossiles et énergies renouvelables et nucléaire, il suppose l'introduction de nouvelles technologies plus efficaces ainsi qu'un pic démographique en 2050 ;
- **Une simulation sur 100 ans selon le scénario A2 dit « pessimiste »**, mettant l'accent sur une forte croissance démographique, un développement économique régional et une lente évolution des technologies.

Afin d'offrir une meilleure visibilité des données obtenues sur les conditions climatiques à venir, les résultats des simulations ont été cartographiés selon les trois scénarios du GIEC pour trois horizons temporels distincts, 2030, 2050 et 2080. L'étude des horizons 2030, 2050 et 2080 correspondra à l'étude des paramètres simulés, moyennés sur des périodes de 30 ans centrées sur les années 2030, 2050 et 2080 (soit 2016-2045, 2036-2065 et 2066-2095). Pour le paramètre « canicules », l'information cartographiée représente le nombre total de jours comptabilisés sur chaque période de 30 ans et non pas la moyenne (trop peu discriminante).

Une question a porté sur la prise en compte des nouveaux scénarios du GIEC (à paraître dans leur prochain rapport). Ceux-ci ne pourront pas être pris en compte dans cette étude, mais feront l'objet d'un encadré détaillant les évolutions attendues.

1.1.2 Les paramètres retenus pour l'étude

Dans le cadre de l'étude de Météo-France, 22 indicateurs climatiques ont été analysés, dont 18 considérés comme des indicateurs standards et 4 autres élaborés par les services météorologiques. Bien que l'ensemble de ces indices offre des données pertinentes sur l'évolution climatique attendue, nous étudierons plus précisément 9 d'entre eux qui caractérisent 5 types de paramètres climatiques retenus pour l'étude MEDCIE Nord.

TABLEAU 1 : LISTE DES PARAMETRES RETENUS POUR L'ANALYSE

Types de paramètres	Paramètres/Indices cartographiées	Unités des indices
Paramètres de températures	<ul style="list-style-type: none"> - Moyenne de températures annuelles moyennes - Moyennes saisonnières des températures moyennes hivernales Décembre/Janvier/Février - Moyennes saisonnières des températures estivales annuelles Juin/Juillet/Août 	Ecart à la référence en degré
Paramètre de gel	<ul style="list-style-type: none"> - Moyenne annuelle de nombres de jours de gel 	Ecart à la référence en pourcentage
Paramètres de précipitations	<ul style="list-style-type: none"> - Moyenne annuelle des précipitations - Moyenne annuelle des précipitations en été (« saison agricole » d'avril à octobre) - Moyenne annuelle des précipitations en hiver (« saison de recharge » de septembre à mars) - Moyenne annuelle des nombres de jours où les précipitations atteignent au moins 10 millimètres 	Ecart à la référence en pourcentage
Indice de canicule	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre cumulé de jours sur 30 ans présentant un caractère de canicule 	Ecart à la référence en nombre de jours
Indice de sécheresse	<ul style="list-style-type: none"> - Temps passé en situation de sécheresse sur les périodes de 30 ans 	Ecart à la référence en nombre de jours

Les paramètres de températures, de précipitations et de fortes précipitations sont des indicateurs dits standards alors que les paramètres de canicule et de sécheresse sont des indicateurs élaborés par Météo-France. Pour chacun de ces indices, 19 représentations cartographiques sont fournies avec :

- Une cartographie de la situation climatique de référence sur la période 1971-2000 ;
- Pour chacun des scénarios du GIEC et pour les trois horizons temporels, 9 cartographies de la situation moyenne. Il est à noter que la résolution des cartographies de situation (cartographies des situations climatiques de référence et des situations moyennes) sont de l'ordre de 1 km puisqu'elles sont calées sur la résolution AURELHY ;
- Pour chacun des scénarios du GIEC et pour les trois horizons temporels, 9 cartographies de l'évolution de la situation par rapport à la climatologie de référence. Il est à noter que la précision des cartographies d'évolution est moindre que celle des cartographies de situation, de l'ordre de 5 km puisque le calcul qui intervient n'utilise que des simulations dont la résolution est de 50 km.

N.B. : Contrairement aux paramètres de températures et de précipitations qui sont représentés par les trois jeux de données cartographiques de situation (scénario et horizon) et d'évolution, les paramètres élaborés de canicule et de sécheresse ne disposent que de 9 cartographies :

- Pour le paramètre de canicule, seules les 9 cartographies d'évolution ont été tracées car la méthode des deltas n'a pu s'appliquer pour créer des cartes de situation ;
- Pour le paramètre de sécheresse, seules 9 cartographies de situation des trois scénarios pour les trois horizons de l'étude ont été tracées.

Les cartes d'évolution de la situation par rapport à la climatologie de référence seront analysées pour les paramètres de températures, de précipitations, de fortes précipitations et de canicule. Le paramètre de sécheresse sera quant à lui étudié par l'interprétation des cartes de situation moyenne.

Ces données permettront d'analyser les modifications climatiques attendues dans le Nord de la France mais également de mesurer les impacts potentiels sur les secteurs-clés du territoire au regard des changements extrêmes ou progressifs qui pourraient survenir. A terme, cette analyse climatique prospective du territoire permettra de proposer des pistes d'adaptation en fonction des modifications à venir.

1.2 L'incertitude : un facteur inhérent au changement climatique

L'ensemble du processus de simulation du climat futur est soumis à des **incertitudes significatives**, dont les origines sont décrites ci-après² :

- Les scénarios socioéconomiques : ils reflètent des trajectoires possibles de développement économique, de croissance démographique, de consommation et d'un ensemble d'autres facteurs pour lesquels les projections à long terme reposent sur des hypothèses lourdes et difficilement vérifiables. C'est pour tenir compte du **degré élevé d'incertitude** que les 3 scénarios (B1, A1B et A2), reflétant des trajectoires différentes, sont utilisés dans cette étude ;
- Les concentrations en CO₂ : la façon dont les émissions de GES affectent les concentrations atmosphériques de ces gaz fait l'objet de modèles qui comportent également des incertitudes : en 2100, les modèles de cycle du carbone projettent une concentration en CO₂ atmosphérique comprise entre 540 et 970ppm selon les scénarios SRES. La **fourchette d'incertitude** inhérente aux modèles est comprise entre 490 et 1260 ppm (Houghton et al., 2001) ;
- Les modèles climatiques utilisés : bien que des progrès considérables aient été réalisés dans ce domaine, avec des modèles de plus en plus complexes et intégrant de plus en plus de paramètres, l'incertitude reste importante, comme en témoignent les divergences de résultats selon les modèles utilisés. **Aux horizons proches, la variabilité naturelle est à ce jour difficilement captée, c'est ce qui explique qu'à l'horizon 2030, les simulations réalisées pour des scénarios « optimistes » (B1) puissent pour certains paramètres présenter un changement climatique plus marqué que dans des scénarios plus pessimistes.** Par ailleurs, si l'évolution d'un paramètre tel que les températures est aujourd'hui relativement bien expliquée par les modèles, il y a davantage **d'incertitudes** concernant l'évolution des **précipitations**, ou encore les **extrêmes climatiques**. Ici, seul un modèle est pris en compte, ce qui constitue une limite importante ;
- La descente d'échelle : enfin, on retrouve une **incertitude à chaque étape** de la descente d'échelle (passage de projections globales à des projections de maille régionale), qui porte tant sur le **choix de la méthode** (dynamique/statique) que sur les **hypothèses posées**.

² MEEDDM, 2009. Coûts des impacts du changement climatique et pistes d'adaptation

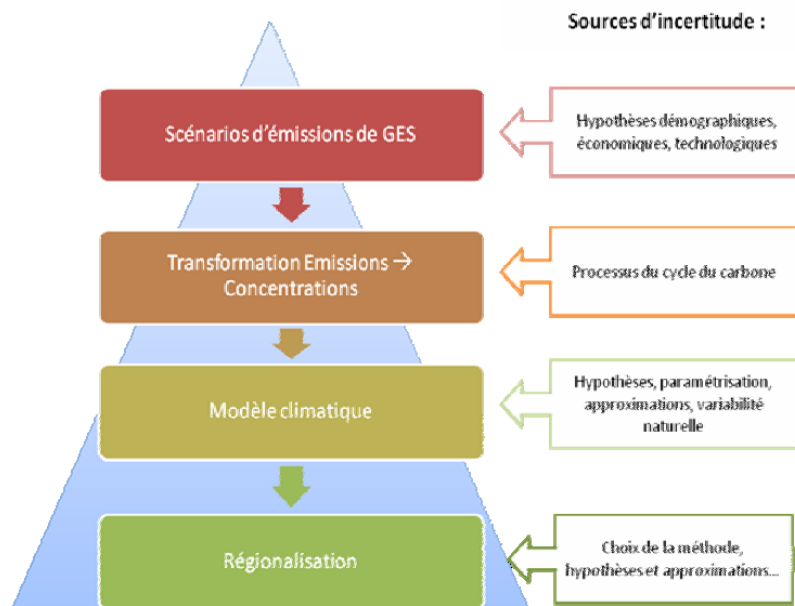


FIGURE 1 : UNE CASCADE D'INCERTITUDES (ADAPTE DE BOE, 2007)

Dans ce contexte d'incertitudes, la recherche sur le développement des modèles et leur efficacité apparaît indispensable. En effet, il est encore extrêmement difficile de reproduire la variabilité naturelle du climat par le biais de systèmes de simulations et les connaissances sur les projections décennales méritent encore d'être approfondies. C'est notamment dans cette perspective que le Service de la Recherche du Commissariat Général au Développement Durable du MEDDTL pilote un programme Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC) visant particulièrement à développer des connaissances pour développer l'aide à la décision en matière de réduction des impacts et d'adaptation au changement climatique.

2 Résultats des simulations et analyses des paramètres climatiques



Remarques préalables sur les résultats obtenus et leur interprétation

Il s'agit essentiellement dans cette étude de faire émerger des tendances d'évolution du climat pour le siècle à venir. Les résultats présentés ci-après ne peuvent donc pas être interprétés comme des prévisions climatiques exactes pour des points géographiques précis.

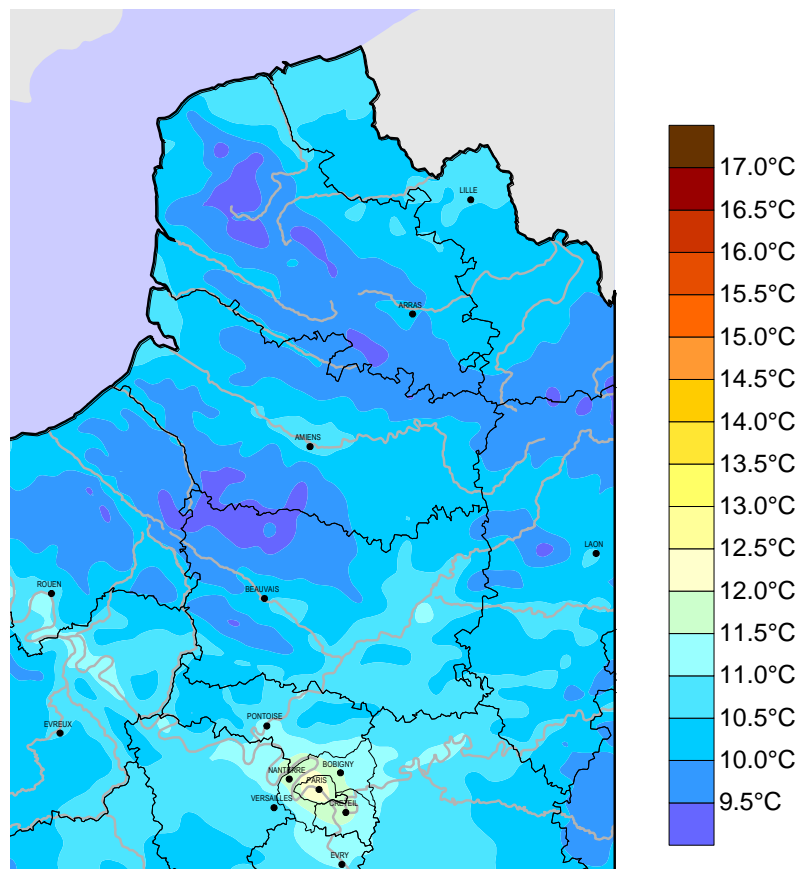
Par ailleurs, les données cartographiées sont présentées pour l'ensemble de la zone du Nord et non par entités administratives, les tendances n'étant pas calées en fonction de ces limites. Il est donc important de considérer ces résultats avec prudence notamment dans la recherche d'informations spatiales ou temporelles précises, même si les données peuvent être interprétées à l'échelle régionale et départementale.

2.1 Paramètres de températures

2.1.1 Moyennes des températures moyennes annuelles

Rappel : Le scénario de référence utilisé pour l'évaluation des anomalies est basé sur les moyennes recensées de la période 1971-2000. L'évolution des températures par rapport à la climatologie de référence est exprimée par des cartes d'écart à la référence en degré.

Scénario de référence (1971-2000)



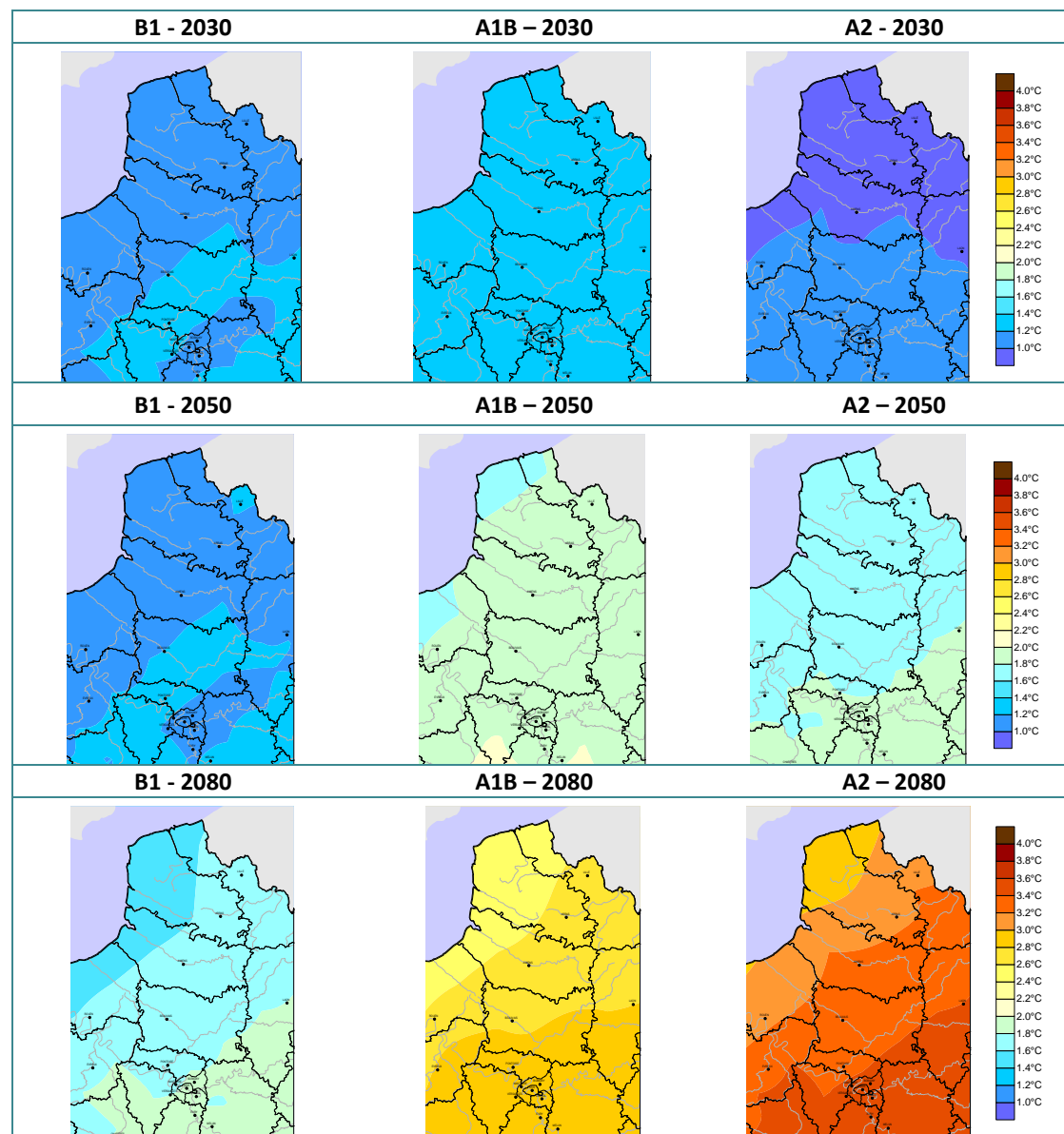
D'après un extrait agrandi de carte réalisée par Météo France et fournie par la DATAR.

Analyse des tendances de températures

Les données de températures sont un des principaux indices météorologiques utilisés actuellement dans l'analyse des effets du changement climatique. Ici, ce sont les températures moyennes de la période de référence 1971-2000 qui ont été représentées. Ces températures moyennes annuelles sont obtenues par le calcul de la moyenne entre le maximum et le minimum des températures journalières sur une année complète.

Selon la carte, sur cette période de référence, l'écart de température entre les différents territoires du nord est faible : il varie entre 9,5°C et 11°C. Des grandes tendances climatiques peuvent toutefois être dégagées, révélant parfois le lien entre les températures et le relief. En effet, l'analyse des données de températures doit être réalisée en insistant sur les aspects physiques du territoire tels que le relief qui modulent le climat. Ainsi, on observe que les températures inférieures à 10°C sont principalement localisées dans les collines de l'Artois jusqu'en Thiérache au nord de l'Aisne où le relief est plus important mais également à la frontière entre la Somme et l'Oise. Les espaces de plaine en basse altitude dans les Flandres et le long de la Somme enregistrent une température entre 10 et 11°C. Quant au littoral du nord jusqu'à la Somme, il enregistre des températures entre 10 et 11°C sur la période considérée.

Moyenne des températures annuelles moyennes : Ecart à la référence en degré aux horizons 2030-2050-2080



D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

Evolution attendue des températures dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

Selon l'ensemble des scénarios, les écarts des températures par rapport aux données de référence pourraient s'échelonner entre 1 et 3,6°C. La topographie semble peu influencer les évolutions des écarts.

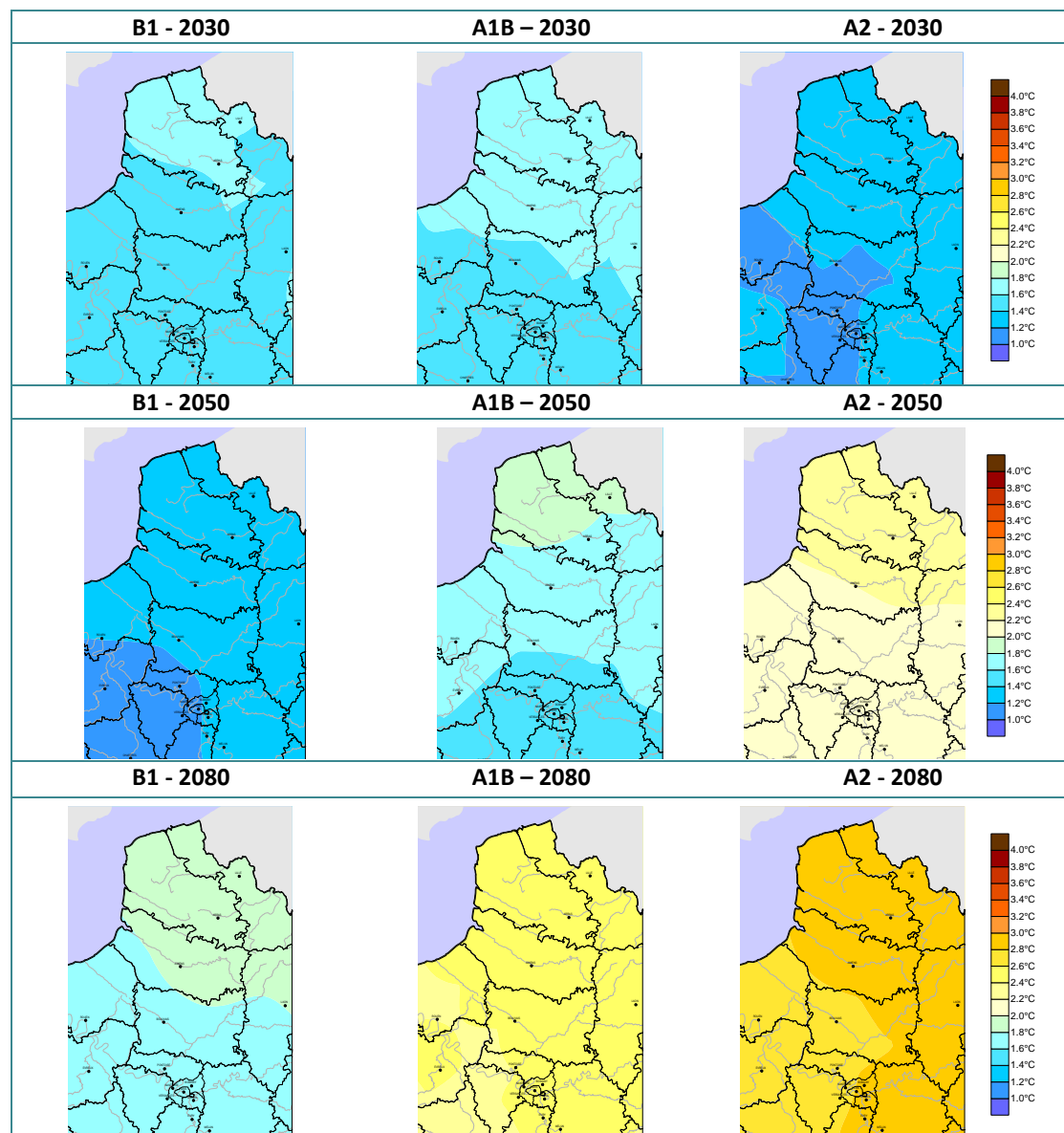
A l'horizon 2030, les scénarios B1 et A2 révèlent une scission entre nord et le sud au niveau de l'Oise avec des écarts à la référence jusqu'à 1,4°C pour le scénario B1. Le scénario A1B, lui, présente un écart à la référence homogène de 1,4°C.

A 2050, le scénario B1 fait état d'une lente progression des écarts (entre 1,4 et 1,6°C). Excepté pour la zone littorale, l'écart à la référence s'accroît jusqu'à 2°C pour le scénario intermédiaire. Le scénario A2, lui, fait état d'un écart de 1,8 à 2°C par rapport aux données de la période de référence.

A l'horizon 2080, l'ensemble du territoire, tous scénarios confondus, est partagé en trois avec le littoral, l'intérieur des terres et le sud de l'Aisne. Cependant, les écarts à la référence entre les trois scénarios présentent de fortes disparités. En effet, le scénario A2 creuse l'écart par rapport à la référence de 3 à 3,6°C du littoral au sud de l'Aisne. Le scénario B1, le plus optimiste, stabilise les écarts entre 1,6 et 2°C. Enfin, pour le scénario A1B l'influence du littoral maintient l'écart à la référence à 2,6°C tandis que l'intérieur des terres et le sud de l'Aisne présentent une augmentation des températures par rapport à la référence entre 2,8 et 3°C.

En conclusion, les données semblent admettre une tendance générale à la hausse des températures dans l'ensemble du Nord pour le XXI^e siècle, même si des différences d'intensité sont relevées selon les différents scénarios.

Moyennes saisonnières des températures moyennes hivernales (décembre-janvier-février) : Ecart à la référence en degré aux horizons 2030-2050-2080



Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

A l'horizon 2030, si l'on considère le scénario A2, les écarts de température à la référence sont faibles : de 1,4°C pour le nord du territoire à 1,2°C pour le quart sud-ouest de l'Oise. Les scénarios B1 et A1B présentent des écarts compris entre 1,8°C au nord et 1,6°C au sud. Notons que le clivage nord/sud des écarts s'effectue pour A1B beaucoup plus au sud, au niveau de la limite nord de l'Oise, que pour B1 où elle s'effectue au niveau de la Picardie jusqu'à la moitié du Nord.

A l'horizon 2050, les différences entre les scénarios A1B et A2 s'accroissent visiblement. En effet, pour le scénario B1, les cartes font état d'une augmentation de 1,4°C par rapport à la référence. En revanche, la tendance à l'augmentation des températures hivernales se confirme au scénario A2 avec 2,4°C d'écart au nord de la Somme et 2,2°C plus au sud. Le scénario A1B affiche un changement des températures plus progressif : du nord au sud on enregistre entre 1,6 et 2°C d'écart à la référence.

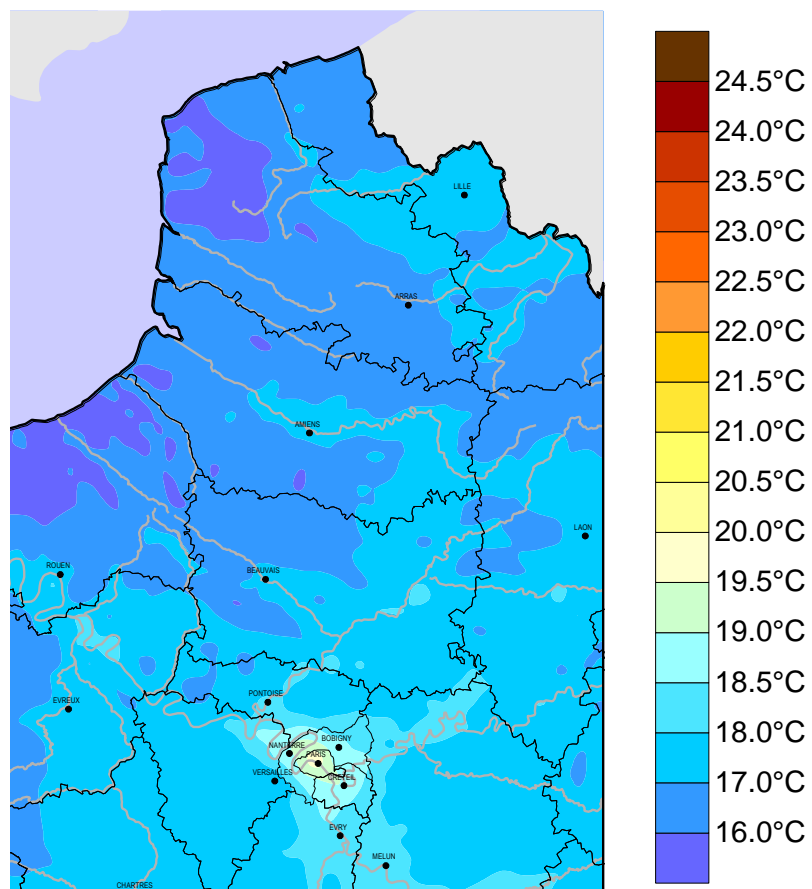
Enfin, à l'horizon 2080, les scénarios affichent des hausses de températures hivernales comprises entre 1,8 et 2°C pour B1, entre 2,2 et 2,4°C pour le scénario A1B et entre 2,8 et 3°C pour le scénario le plus pessimiste A2.

L'ensemble des données analysées font donc pressentir une augmentation générale des températures hivernales à l'horizon 2080.

2.1.3 Moyennes saisonnières des températures moyennes estivales (Juin-Juillet-Août)

Rappel : Le scénario de référence utilisé pour l'évaluation des anomalies est basé sur les moyennes recensées de la période 1971-2000 et l'évolution des températures par rapport à la climatologie de référence est exprimée par des cartes d'écart à la référence en degré.

Scénario de référence (1971-2000)



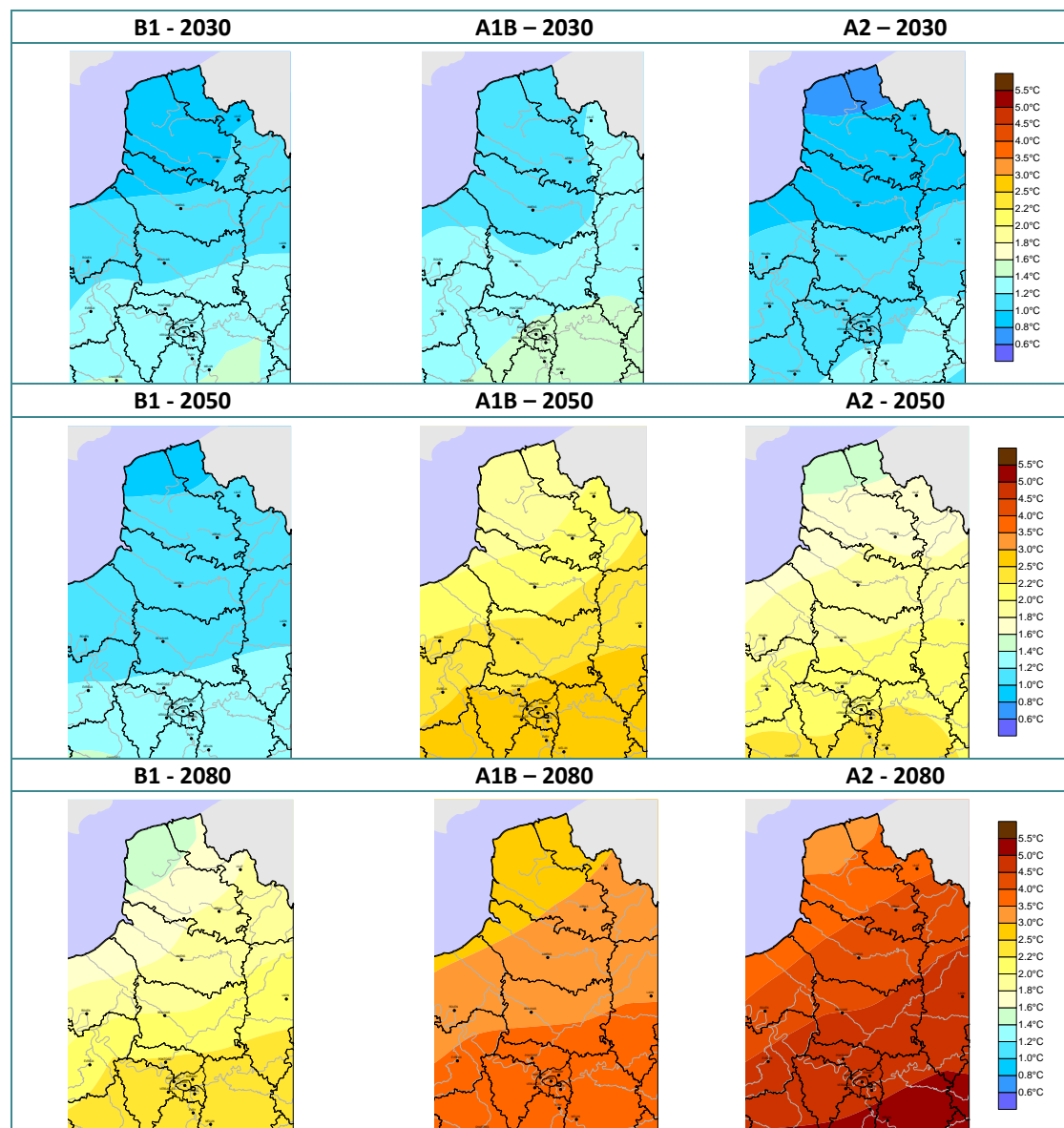
Analyse des tendances de températures pour l'été

La moyenne des températures estivales (de juin à août) sur la période de référence 1971-2000 nous permet de comparer sur une période de climat doux et de températures élevées l'évolution du climat sur le territoire du Nord.

Sur cette période, le littoral affiche des températures comprises entre 16 et 17°C. Une zone à 17°C se prolonge le long de la frontière entre le Nord du Nord-Pas-De-Calais et la Picardie jusque dans le Thiérache. La plaine des Flandres et de l'Oise ainsi que le sud de l'Aisne présentent une température estivale moyenne de 18°C. Les températures apparaissent comme plus fraîches près du littoral et augmentent à mesure que l'on s'en éloigne.

Il est rappelé que l'évolution des températures par rapport à la climatologie de référence est exprimée par des cartes d'écart à la référence en degré.

Moyennes saisonnières des températures moyennes estivales (Juin-Juillet-Août) : Ecart à la référence aux horizons 2030-2050-2080



D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

A l'horizon 2030, on peut observer une hausse des températures estivales selon tous les scénarios. Le scénario A1B fait état de la plus rapide progression d'écart à la référence comprise entre 1,2°C pour le département de la Somme, du Pas-De-Calais et le Nord du département du Nord et 1,4°C pour l'Oise, le sud du Nord et l'Aisne. Les scénarios B1 et A2 affichent des écarts plus progressifs du nord au sud de 1 à 1,4°C pour B1 et de 1,2 à 0,8°C pour A2.

A l'horizon 2050, on remarque que le scénario B1 diverge des deux autres affichant les mêmes écarts que pour 2030. En revanche les deux autres scénarios présentent des écarts entre 1,6 et 2,2°C pour A2 et entre 2 et 2,5°C pour A1B.

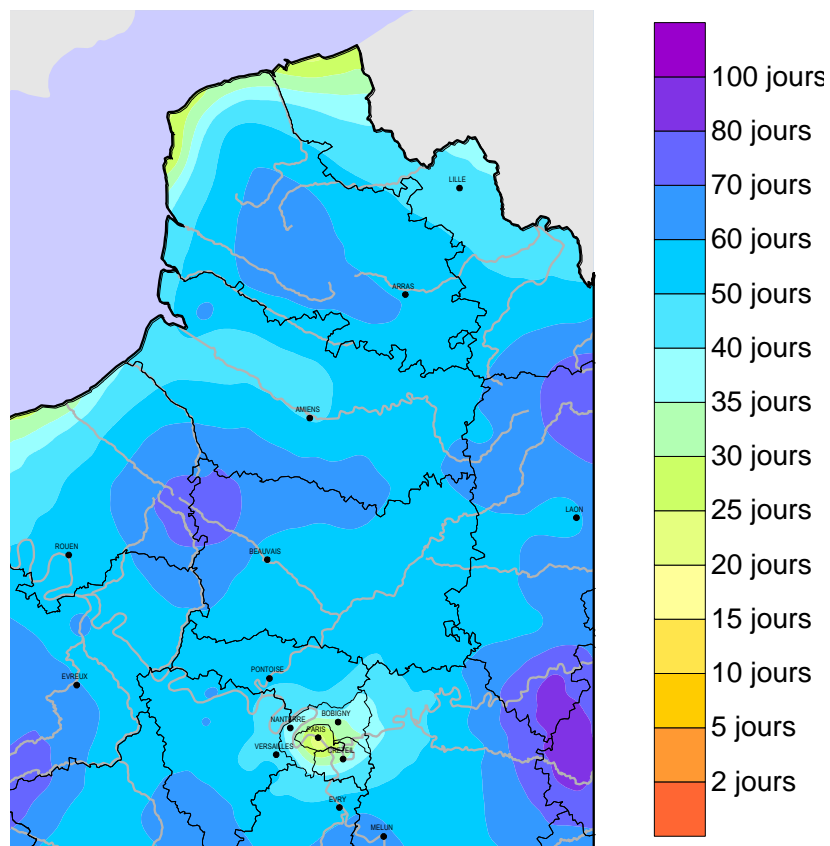
Enfin, à l'horizon 2080 les scénarios A1B et surtout A2 sont les plus pessimistes puisqu'ils présentent des écarts de températures allant jusqu'à 5°C pour A2 et 4°C pour A1B. Le scénario B1 reste celui le plus optimiste avec un écart à la référence maximal de 2,2°C.

Selon ces projections, la hausse des températures sera plus marquée en période estivale qu'hivernale par rapport à la période de référence.

2.2 Moyenne annuelle des nombres de jours de gel

Rappel : Le scénario de référence utilisé pour l'évaluation des anomalies est basé sur le nombre moyen de jours de gel recensé sur la période 1971-2000. L'évolution entre les situations et la situation de référence est représentée par des cartes de rapports de chaque situation à la situation de référence, exprimés en pourcentages.

Scénario de référence (1971-2000)



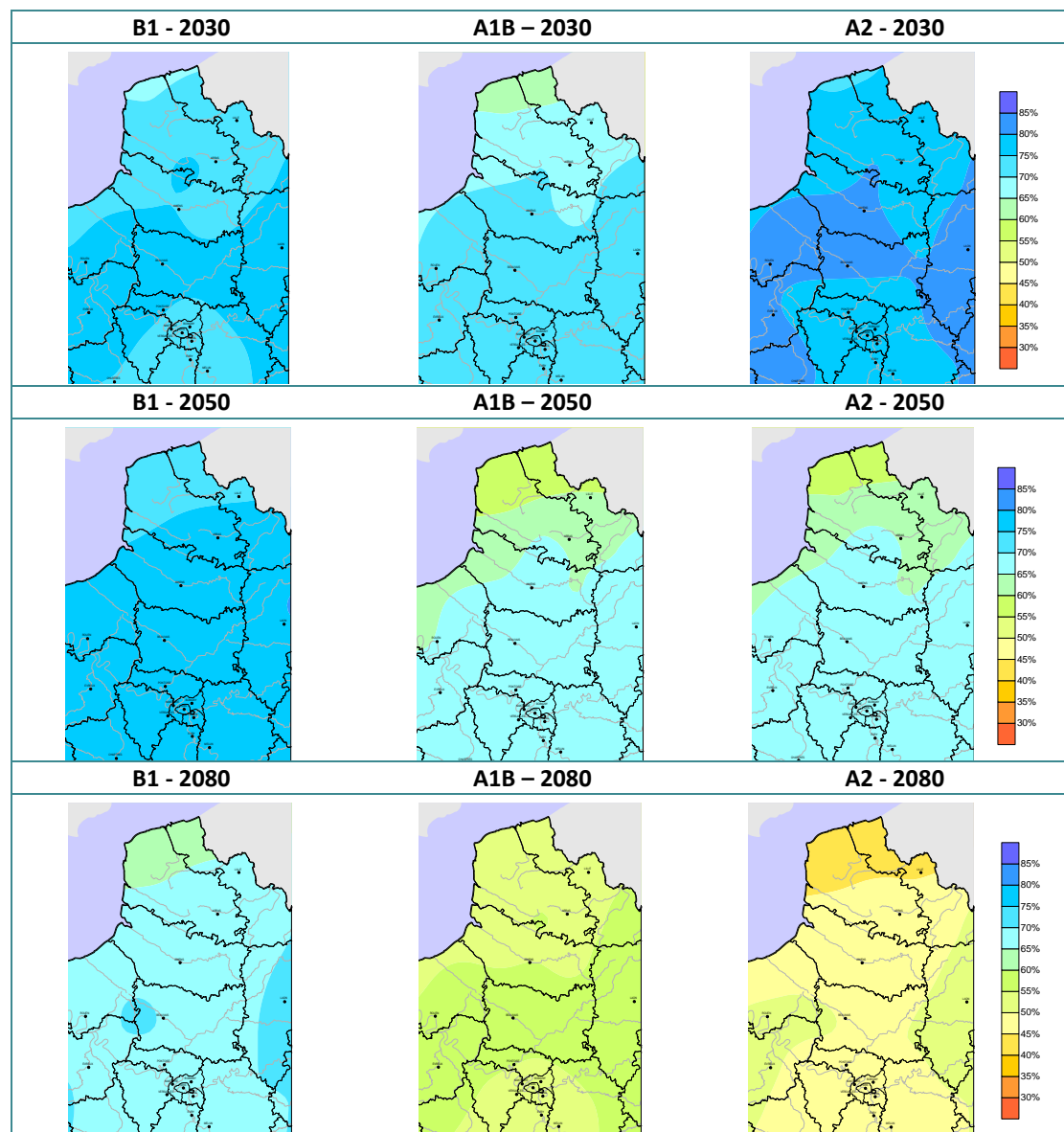
D'après un extrait agrandi de carte réalisée par Météo France et fournie par la DATAR.

Analyse des tendances des jours de gel

Les territoires où le relief s'élève connaissent le plus grand nombre de jours de gel sur la période 1971-2000, soit entre 60 et 80 jours par an dans le quart nord-ouest de l'Oise ainsi que le nord et le sud de l'Aisne qui peuvent présenter jusqu'à 100 jours de gel par an. Les collines de l'Artois affichent également jusqu'à 70 jours de gel par an.

Le littoral est la zone géographique qui présente le nombre de jours de gel le moins important avec entre 30 et 50 jours par an sur la période.

Moyenne annuelle des jours de gel : Ecart à la référence en pourcentage aux horizons 2030 - 2050 - 2080



D'après un extrait agrandi de carte réalisée par Météo France et fournie par la DATAR.

Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

Pour l'horizon 2030, les trois scénarios s'accordent sur une baisse du nombre annuel de jours de gel. Le scénario A2 fait état d'une baisse de 15% pour le sud du territoire alors que le nord connaît une baisse de 20%. De même, le scénario B1 présente une baisse comprise entre 30 et 20%. Pour le scénario A1B, du nord au sud sont prévues des baisses de 25 à 35%.

A horizon 2050, les scénarios A1B et A2 affichent des résultats similaires : entre 40 et 30% de baisse du nombre de jours de gel. Le scénario B1 se démarque par une baisse beaucoup moins sensible puisqu'elle reste comprise entre 20 et 25%, ce qui correspond quasiment aux projections annoncées pour l'horizon 2030.

En 2080, le scénario A2 annonce la baisse la plus pessimiste de 50 à 55%. Cette projection est d'autant plus marquée que le scénario B1 n'annonce qu'une baisse comprise entre 25 et 35%. Le scénario intermédiaire A1B présente une baisse entre 40 et 45% par rapport à la situation de référence.

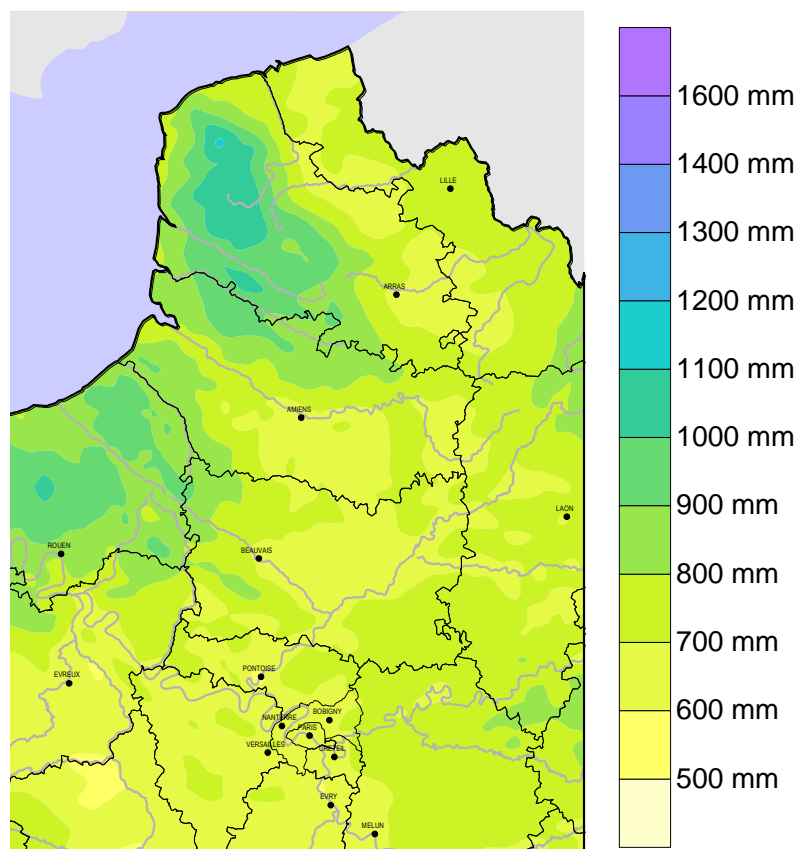
Selon tous les scénarios et à tous les horizons, le nord du territoire devrait connaître une baisse du nombre de jours de gel plus prononcée que le sud.

2.3 Paramètres de précipitations

2.3.1 Moyenne annuelle des précipitations

Rappel : Le scénario de référence utilisé pour l'évaluation des anomalies est basé sur les moyennes de précipitations tombées en mm, recensées sur la période 1971-2000. L'évolution des précipitations est exprimée par des cartes de pourcentages d'anomalie pluviométrique par rapport à la situation de référence.

Scénario de référence (1971-2000)



D'après un extrait agrandi de carte réalisée par Météo France et fournie par la DATAR.

Analyse des tendances de la pluviométrie moyenne annuelle

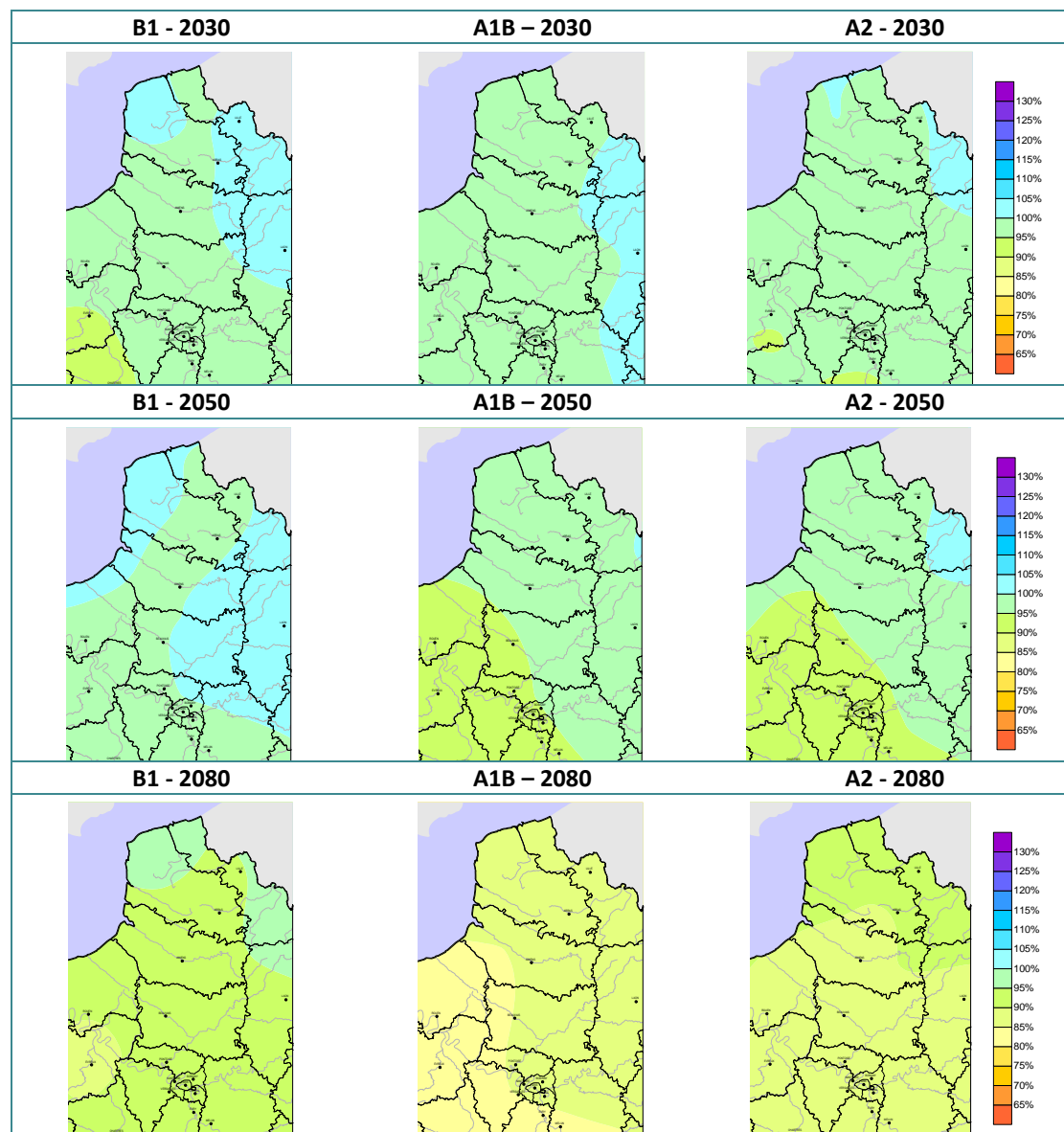
La pluviométrie annuelle est le cumul des précipitations tombées sur l'année, comptées en hauteur d'eau et exprimées en millimètres. La cartographie ci-contre représente la pluviométrie moyenne annuelle de 1971 à 2000 pour le Nord. Ces données renseignent sur les territoires les plus arrosés ce qui permet de dégager les grandes tendances pluviométriques.

Sachant que la méthode de calcul des données AURELHY permet de prendre en compte le relief, on observe que les territoires à plus fortes pluviométries sont associés aux territoires au relief plus élevé.

Les espaces en légère altitude : on relève que les collines de l'Artois sont l'espace à plus forte pluviométrie avec des précipitations entre 900 et 1 200 mm d'eau reçue. Le Thiérache, surélevé par rapport à la plaine, connaît des précipitations équivalentes à 900 mm.

Les plaines : dans les Flandres et dans l'Oise et la Somme en Picardie, les précipitations sont plus faibles et sont comprises entre 800 et 700 mm sur la même période.

Moyenne annuelle des précipitations : Ecart à la référence en pourcentage aux horizons 2030 - 2050 - 2080



D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

Concernant les données de précipitations moyennes pour le XXI^e siècle, les cartes s'accordent toutes sur une baisse modérée du niveau de pluviométrie.

A l'horizon 2030, les trois scénarios s'accordent sur des tendances similaires, bien que des différences géographiques apparaissent. Ainsi, le niveau des précipitations reste identique à celui de la situation de référence, voire augmente de 5% sur certaines parties du territoire, principalement au nord et nord-est.

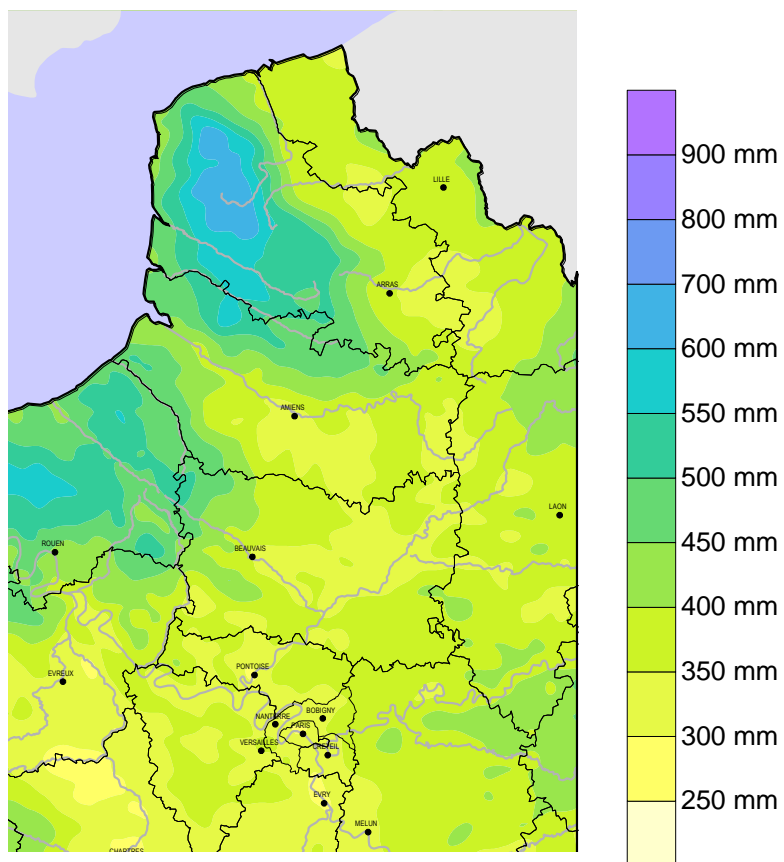
A l'horizon 2050, les précipitations augmentent de 5% pour la majeure partie du territoire en ce qui concerne le scénario B1. Pour les scénarios A1B et A2, le nord-est présente un accroissement de 5% de la pluviométrie contre une baisse de 5% au sud-ouest. Toutefois, la majorité du territoire reçoit un niveau de pluie similaire à la période de référence 1971-2000.

C'est à l'horizon 2080 que les écarts se creusent par rapport à la référence, notamment pour le scénario A1B pour lequel la baisse évolue entre 10 à 15%. Le scénario A2 reste compris entre 5 et 10% de baisse à la référence. Enfin, le scénario B1 annonce une pluviométrie à l'identique au nord et seulement une baisse de 5% pour le reste du territoire.

2.3.2 Moyenne annuelle des précipitations en hiver

Rappel : Le scénario de référence utilisé pour l'évaluation des anomalies est basé sur les moyennes de précipitations tombées en mm, recensées sur la période 1971-2000. L'évolution des précipitations est exprimée par des cartes de pourcentages d'anomalie pluviométrique par rapport à la situation de référence.

Scénario de référence (1971-2000)



D'après un extrait agrandi de carte réalisée par Météo France et fournie par la DATAR.

Analyse des tendances de précipitations moyennes en hiver

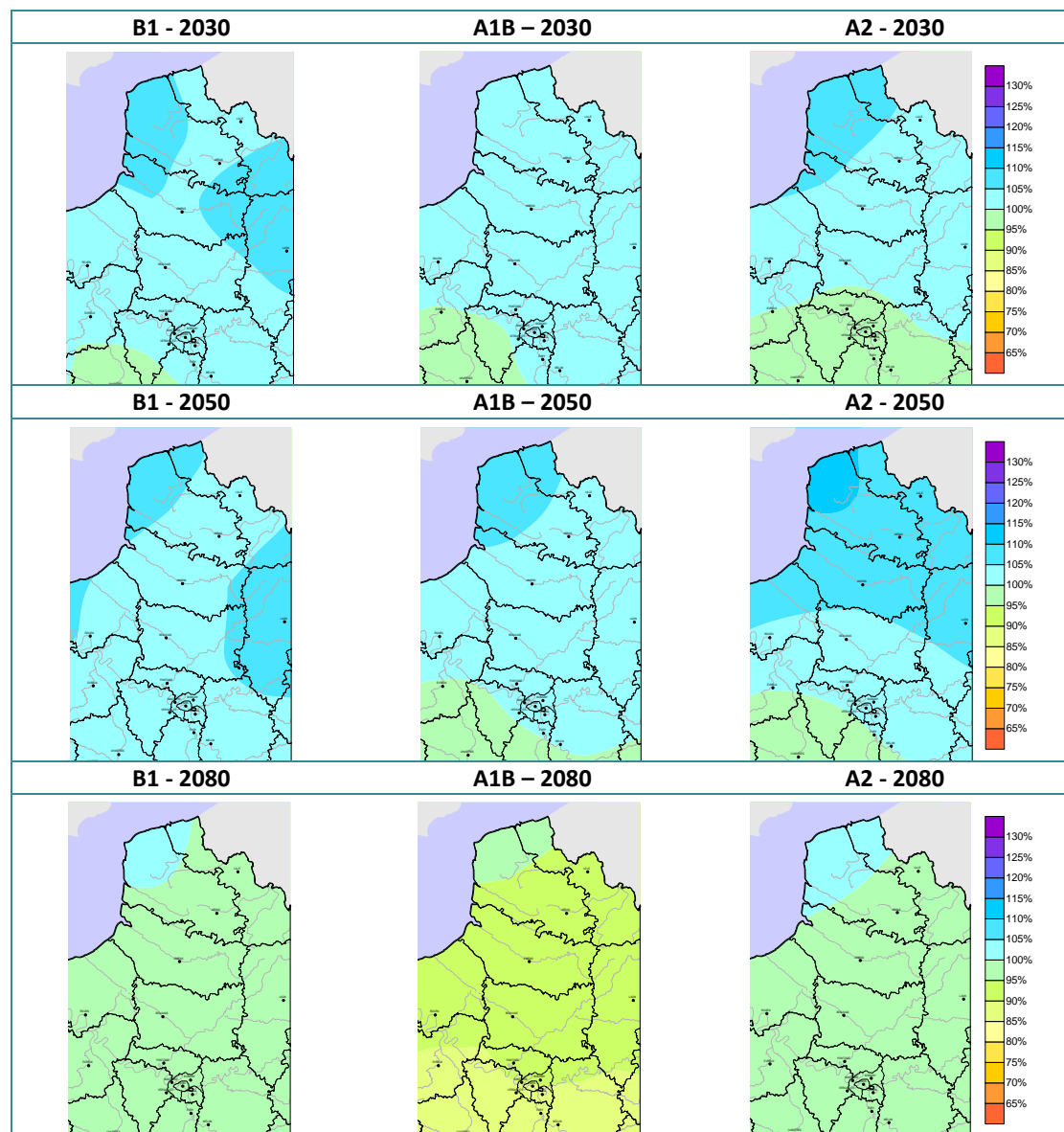
Les résultats graphiques sont fournis sur les deux saisons généralement utilisées par les hydrologues. L'hiver, de septembre à mars, correspond à la « saison de recharge » durant laquelle les pluies alimentent les cours d'eau et les nappes souterraines du fait de la faible évapotranspiration. Un déficit pluviométrique durant ces mois a pour effet d'appauvrir les réserves disponibles en été pour les besoins de la consommation humaine, de l'irrigation et de l'industrie.

Tout comme pour les données de pluviométrie moyenne, la carte ci-contre indique des tendances corrélées au relief sur la période 1971-2000.

En milieux surélevés par rapport au niveau de la mer, comme les collines de l'Artois, les précipitations sont plus importantes : entre 700 et 500mm.

Les plaines, elles, affichent des niveaux de précipitations compris entre 350 et 450mm pour la période hivernale.

Moyenne annuelle des précipitations en hiver : Ecart à la référence en pourcentage aux horizons 2030 - 2050 - 2080



D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

Sur les projections à l'horizon 2030, on remarque que les écarts sont relativement modérés entre les différents scénarios qui s'accordent sur une tendance à l'augmentation des précipitations : entre 5 à 0% d'augmentations par rapport à la référence. Seul l'extrême sud de la région pour le scénario A2 semble rester inchangé par rapport à la référence.

Les projections élaborées pour l'horizon 2050 sont relativement comparables à celles de 2030. En effet, elles font état des augmentations de la pluviométrie hivernale comprises entre 5 et 10%. Exception faite pour le scénario A2 en 2050 où une parcelle au nord-ouest présente une augmentation des précipitations de 15%.

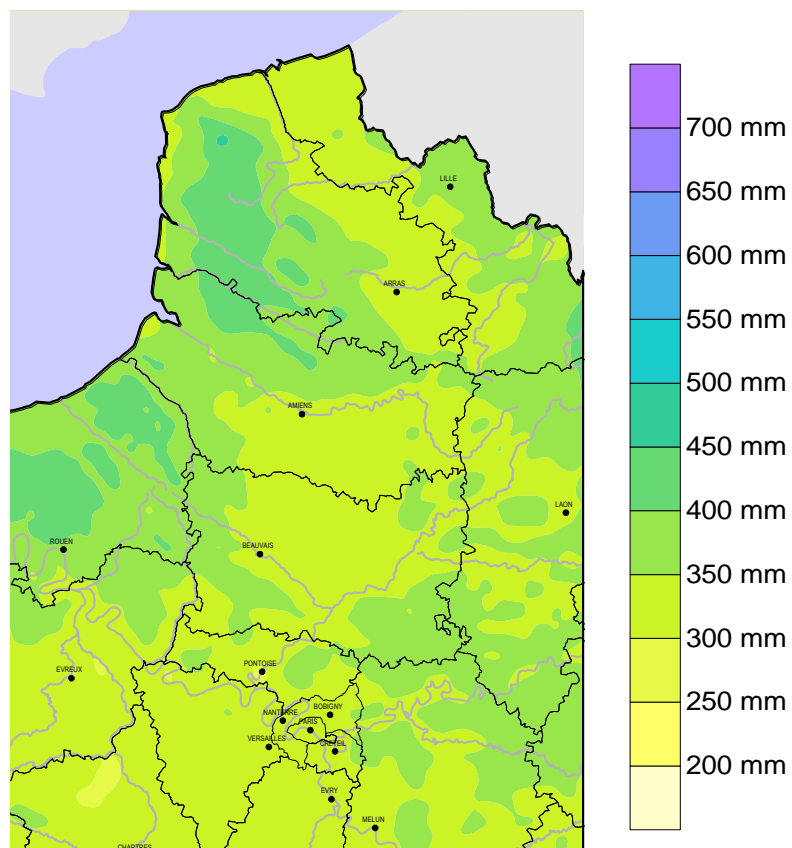
A l'horizon 2080, les tendances s'inversent pour tous les scénarios. Selon les scénarios A2 et B1, l'ensemble du territoire resterait semblable aux données de pluviométrie de la période de référence (0% de changement), sauf au nord où se maintient une augmentation de 10%. Le scénario le plus pessimiste serait le scénario A1B qui annonce un retour à la référence seulement pour la partie nord et une perte de 5% de pluviométrie pour l'ensemble du territoire.

Ainsi, les différents scénarios concordent sur un point : le territoire nord du Nord-Pas-De-Calais recevra potentiellement plus de précipitations. Notons que l'évolution reste modérée aux trois horizons et que l'inversion de tendance, entre le moyen et long terme, souligne une incertitude importante quant aux évolutions à prendre en compte

2.3.3 Moyenne annuelle des précipitations en été

Rappel : Le scénario de référence utilisé pour l'évaluation des anomalies est basé sur les moyennes de précipitations tombées en mm, recensées sur la période 1971-2000. L'évolution des précipitations est exprimée par des cartes de pourcentages d'anomalie pluviométrique par rapport à la situation de référence.

Scénario de référence (1971-2000)



D'après un extrait agrandi de carte réalisée par Météo France et fournie par la DATAR.

Analyse des tendances de précipitations moyennes en été

Les résultats des précipitations sont fournis sur les deux saisons généralement utilisées par les hydrologues. La période estivale (avril à octobre) correspond à la « saison agricole » durant laquelle les pluies sont généralement évaporées ou absorbées par la végétation.

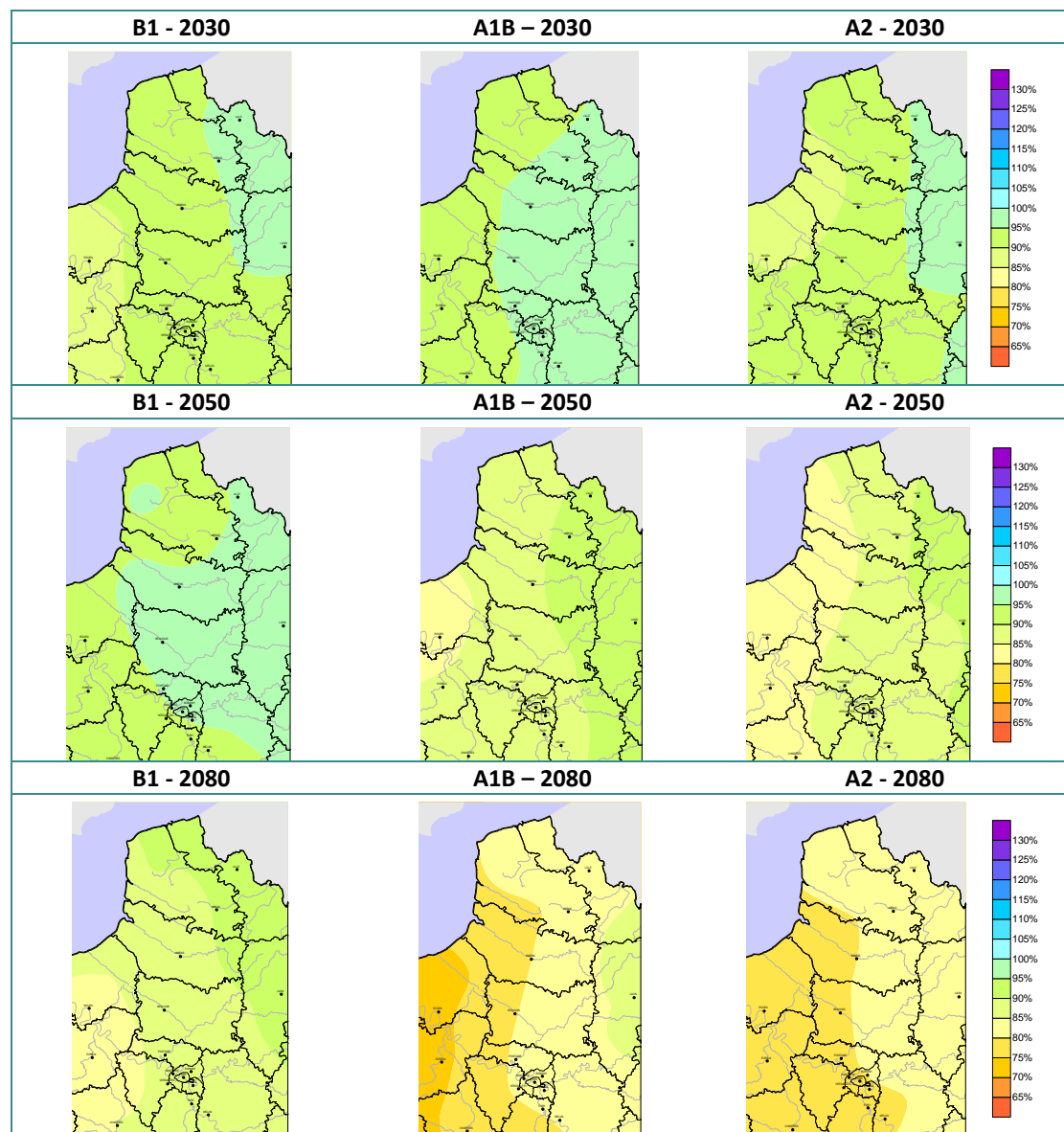
Tout comme pour les données de pluviométrie moyenne, la planche cartographique ci-contre indique des tendances qui suivent le relief.

Les espaces plus en altitude reçoivent jusqu'à 450mm en moyenne sur la saison hydrologique estivale de référence.

La pluviométrie estivale en plaine est relativement similaire à celle hivernale soit entre 350 et 400mm reçus sur la période 1971-2000 (rappel : la pluviométrie hivernale est comprise entre 350 et 450mm).

NB : L'indicateur de sécheresse étudié plus bas permet de croiser ces données pluviométriques avec les données de températures, ce qui permet de caractériser les changements à venir et surtout les impacts potentiels du changement climatique.

Moyenne annuelle des précipitations en été : Ecart à la référence en pourcentage aux horizons 2030 - 2050 - 2080



D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

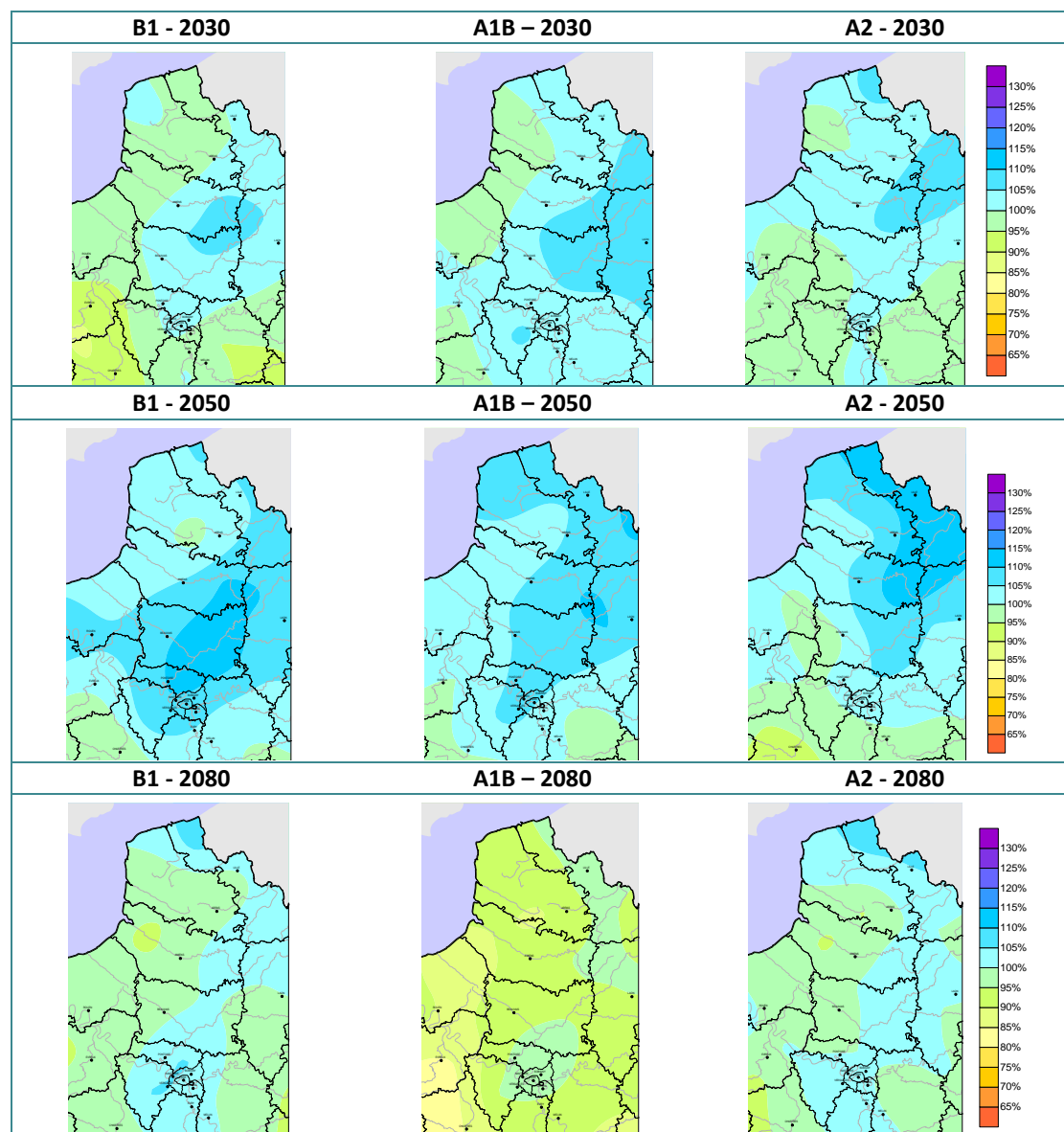
Concernant les précipitations estivales, on remarque une tendance générale à la baisse au cours du XXI^e siècle.

A l'horizon 2030, les scénarios affichent un maintien au même niveau de pluviométrie pour une partie est du territoire et une baisse des précipitations de 5% sur l'ouest par rapport à la référence.

A l'horizon 2050, les scénarios A1B et A2 divergent sensiblement du scénario B1 qui présente un maintien et une baisse de 5%. En revanche, les scénarios A1B et A2 présentent, eux, des écarts à la référence plus importants compris entre -5 et -10% voire -15% pour A2.

Enfin, à l'horizon 2080, le scénario A2 évolue vers une baisse de 15 à 20% des précipitations. Il en est de même pour le scénario A1B, excepté pour l'est du territoire où se produit une baisse moins sensible de 10%. Le scénario B1 indique une baisse modérée entre 5 et 10% des précipitations.

Moyenne annuelle des nombres de jours où les précipitations atteignent au moins 10mm : Ecart à la référence en pourcentage aux horizons 2030 - 2050 - 2080



Commentaire de l'évolution climatique attendue dans le Nord au regard de l'analyse de Météo-France

Les cartographies nous indiquent une tendance à la hausse du nombre de jours de fortes précipitations jusqu'à une inversion de tendance à l'horizon 2080.

A l'horizon 2030, on note une évolution entre 0 et +10% du nombre de jours où les précipitations atteignent au moins 10mm.

A l'horizon 2050, le phénomène s'intensifie légèrement avec une évolution entre 0 et +15%.

Cependant, les projections s'inversent à l'horizon 2080 où les scénarios B1 et A2 connaissent des situations similaires : entre un retour à la référence et une augmentation de l'occurrence jusqu'à 10%. En revanche, le scénario A1B diverge fortement puisque les écarts à la référence vont jusqu'à -10%.

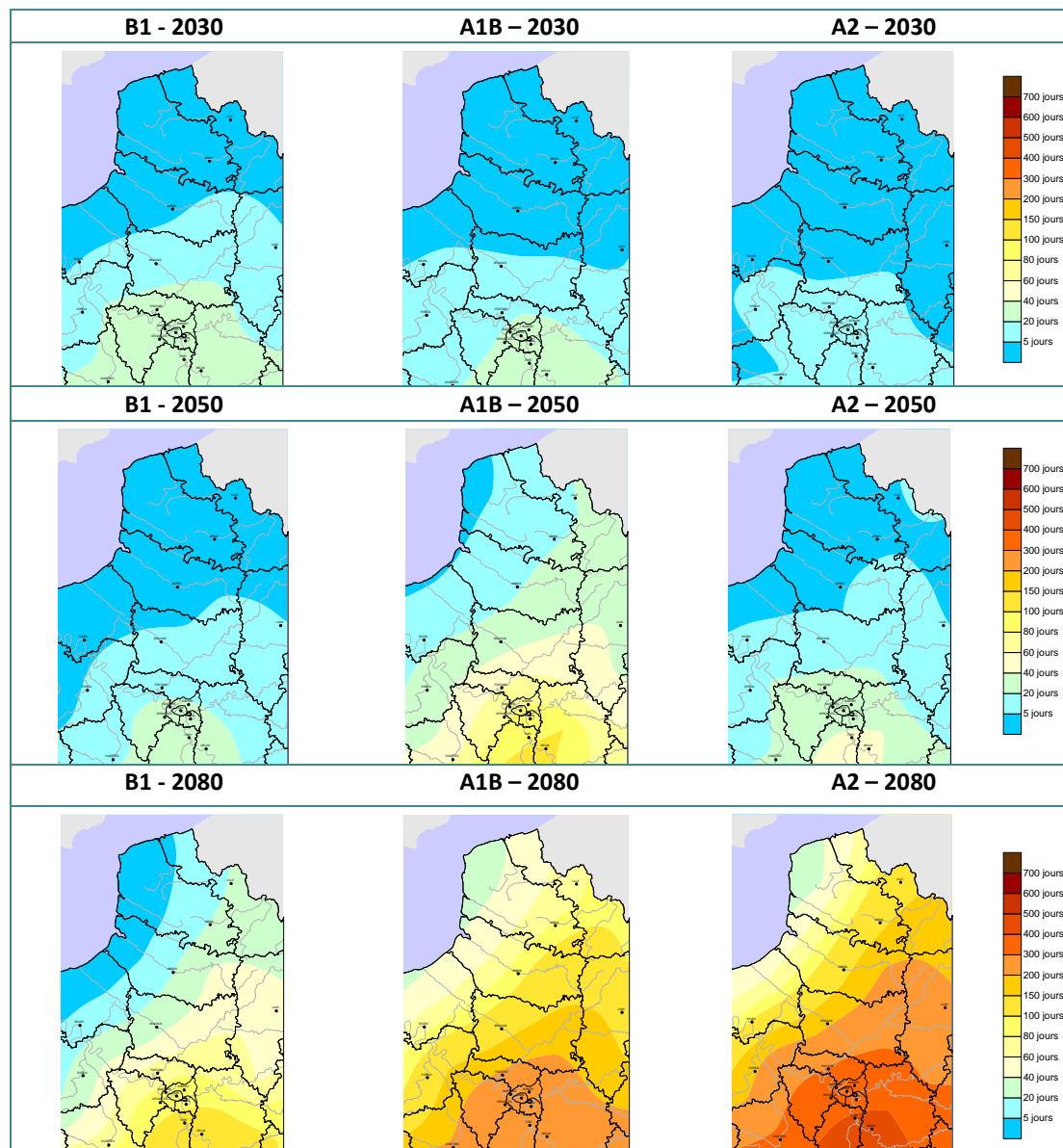
Notons la présence d'un gradient est-ouest où l'est dans tous les scénarios reste le plus sujet à l'occurrence de précipitations supérieures à 10mm.

Rappel : les valeurs sont exprimées en pourcentage d'écart à la référence.

D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

2.4 Indice de canicule

Nombre cumulé de jours sur 30 ans présentant un caractère de canicule – 2030 - 2050 - 2080



D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

N.B. : Les planches cartographiques ci-contre représentent le nombre total de jours de canicule comptabilisés sur les périodes de 30 ans. On considère un jour J caniculaire si, sur la période (J-1 ; J ; J+1), la moyenne des températures minimales et maximales atteignent respectivement au moins 18,5 et 33,5°C.

Analyse des tendances de l'indicateur « canicule »

Selon les différents scénarios considérés, la spatialisation des jours caniculaires change.

A l'horizon 2030, le nombre de jours cumulés de canicules reste relativement modéré. En effet, la majorité nord du territoire ne connaîtrait que 5 jours cumulés de canicule sur une période de 30 ans. Sur la partie sud du territoire, plus importante pour les scénarios B1 et A1B, le nombre de jours cumulés de canicule serait de 20, voire de 40 jours cumulés pour le sud de l'Oise dans le scénario B1.

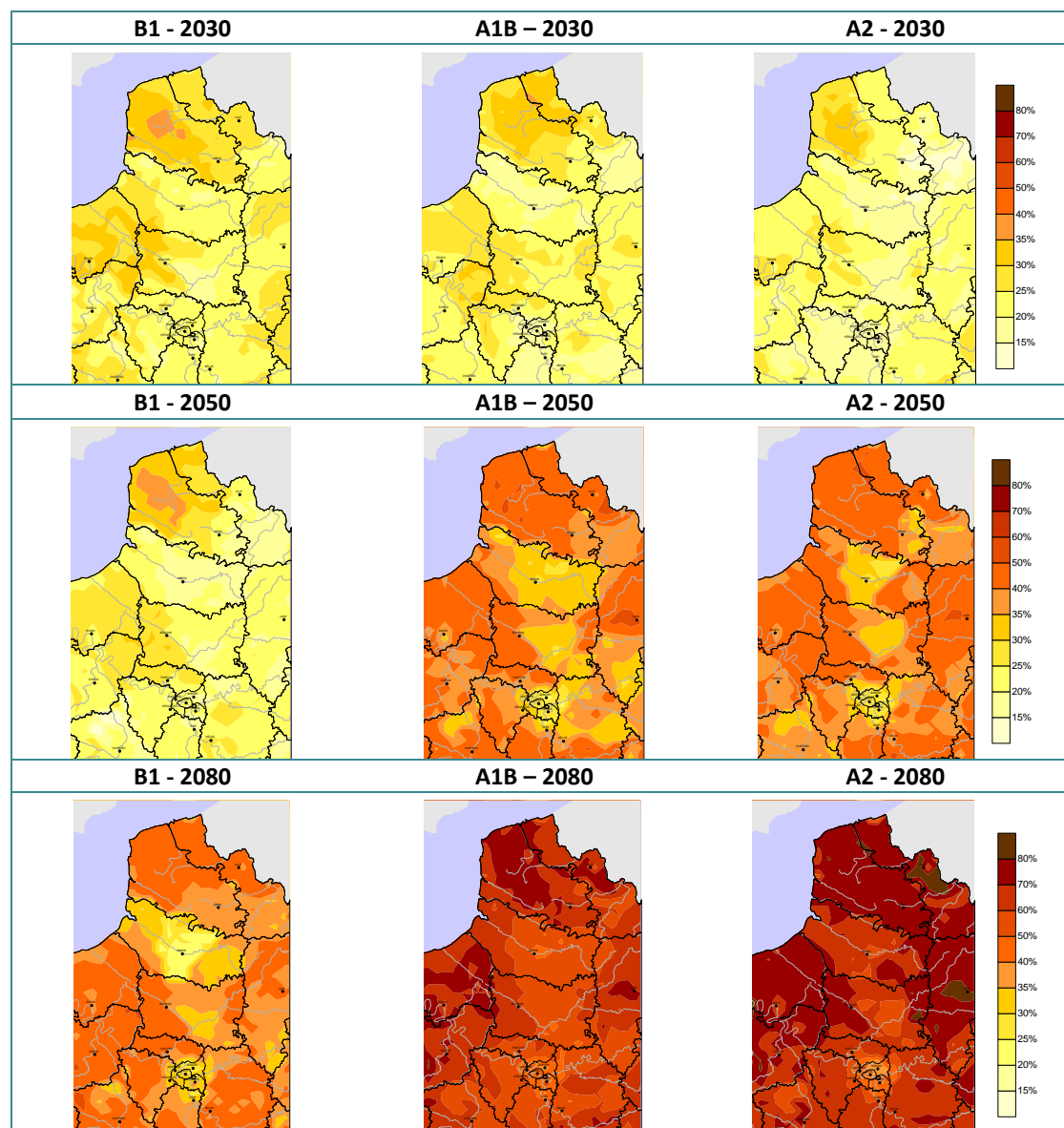
A l'horizon 2050, la tendance se poursuit assez fortement pour le scénario A1B où le nombre de jours cumulés seraient de 5 à 60 jours. Quant aux scénarios B1 et A2, le nombre de jours cumulés de canicule serait compris entre 5 et 20 jours comme à l'horizon 2030, avec toutefois une évolution plus marquée pour le scénario A2 pour lequel le territoire sud connaîtrait 20 jours caniculaire.

Enfin, à l'horizon 2080, seul le scénario B1 affiche encore, le long du littoral, 5 jours cumulés de canicule sur 30 ans. Les scénarios A1B et A2 connaîtraient entre 40 et 300 jours cumulés, jusqu'à 400 jours cumulés en A2 pour le fragment sud-est de l'Oise.

Notons un gradient nord-sud assez marqué pour l'ensemble des scénarios.

2.5 Indice de sécheresse

Pourcentage de temps passé en état de sécheresse aux horizons 2030 - 2050 - 2080



N.B. : La planche cartographique ci-contre représente le pourcentage de temps passé en sécheresse « météorologique » (période prolongée de précipitations en dessous de la moyenne).

Analyse des tendances de l'indicateur « sécheresse »

Pour l'horizon 2030, le scénario A2 affiche un minimum de 15% du temps passé en état de sécheresse sur 30 ans et jusqu'à 30% dans les collines de l'Artois. Les scénarios B1 et A1B présentent des pourcentages en temps de sécheresse plus marqués : entre 20 et 40%. De même que pour A2 les collines de l'Artois semblent l'espace le plus fortement impacté.

A l'horizon 2050, les scénarios A1B et A2 se démarquent fortement. Les données sont relativement similaires entre les scénarios et sont comprises entre 30 et 60% du temps passé en sécheresse sur 30 ans. La majorité du territoire est au moins à 50% de son temps en état de sécheresse. Le scénario B1 reste stable par rapport à l'horizon 2030.

A l'horizon 2080, le scénario A2 est fortement pessimiste puisque la majorité du territoire est à 80% de son temps en sécheresse avec des pics localisés dans les Flandres et dans l'Aisne à plus de 80%. Le scénario A1B connaît également une tendance à l'augmentation du temps en sécheresse mais comprise entre 60 et 80%, avec la majorité du territoire au niveau de 60%. Le scénario B1, reste modéré par rapport aux autres, n'affiche qu'entre 50 et 25% du temps passé en état de sécheresse.

On remarquera que les terres intérieures en Somme et Oise sont celles présentant les plus faibles valeurs.

D'après un extrait agrandi de cartes réalisées par Météo France et fournies par la DATAR.

Bibliographie

- Météo-France - DATAR, Février 2012, Fourniture d'indicateur pour caractériser le changement climatique

DOCUMENT DE TRAVAIL