

---

# Le Changement Climatique Nord-Toulousain

---

*Diagnostic et étude d'impacts, version provisoire*

Syndicat Mixte du SCoT Nord-Toulousain

Septembre 2021



## Préambule

Le Syndicat Mixte du SCoT du Nord toulousain souhaite entretenir une démarche d'acculturation des élus aux conséquences du changement climatique dans le but de travailler avec eux sur la réponse à donner en termes d'aménagement du territoire et de résilience.

Sollicité pour un stage de fin d'études en expertise Energie Climat par M. Aurélien Mure, cursus Ingénieur en aéronautique et spatial, filière Observation de la Terre, domaine d'application Energie, Transport et Environnement et Master 2 SOAC (Sciences de l'Océan de l'Atmosphère et du Climat) parcours Dynamique du Climat, l'opportunité de se pencher sur le Climat à l'échelle du Nord toulousain devait être saisie.

Cette collaboration a permis de réunir des élus du territoire désireux d'approfondir le sujet du changement climatique pour se prémunir contre ses effets. Les "fresques du climat" et les ateliers, organisés pendant cette mission, ont eu pour objet de ramener leur connaissance globale du risque climatique de l'échelle mondiale à l'échelle locale, afin de penser leur action non seulement en termes de participation à l'effort de réduction des émissions, mais aussi en termes d'adaptation de leur territoire pour le rendre résilient. La production de ce rapport les complète en leur permettant d'asseoir leur réflexion sur une base scientifique dont ils se sentent plus proche.

Philippe Petit

Président du SCoT Nord Toulousain

## Introduction

Le Réseau d'Experts sur le Changement climatique en Occitanie (RECO) travaille sur le premier Cahier Régional sur les changements climatiques, avec une édition 2021. Les conclusions de ce rapport viendront combler un manque sur l'Occitanie qui est en retard sur ses voisins comme la Nouvelle-Aquitaine qui a déjà produit deux volets de son Acclimaterra.

Dans l'attente, ce document balaie largement les sujets impactés par le changement climatique sur le territoire du SCoT du Nord toulousain. Dans chaque section de nombreuses sources sont à disposition pour creuser. Ce document sert de recueil en l'état de l'art, mais ne peut se suffire à lui-même. Les sujets liés au changement climatique sont tous complexes, aucune solution d'apparence simple ne vient répondre à ses enjeux. La complexité est un des messages de ce rapport, elle s'accompagne d'un fort niveau d'incertitude sur les résultats avancés. Tous les sujets traités sont des problématiques de recherche actuelles avec de nouveaux résultats chaque année. Cette triptyque complexité, incertitude et constante évolution encourage le soutien des travaux de recherche comme ceux du RECO.

Les élus de terrain sont encouragés à prendre en compte les enjeux climatiques dans leurs décisions mais les éléments portés à leur connaissance sont souvent insuffisants. Ce document vise à vulgariser ces sujets pour que la réflexion systémique autour des enjeux climatiques devienne plus naturelle. Ce rapport se veut localisé, spécifique et adapté au contexte du Nord-Toulousain. Sa rédaction s'est accompagnée de formations à destination des élus pour générer un intérêt pour le sujet afin qu'il ne s'ajoute pas à la liste des documents non prioritaires qui ne seront jamais ouverts.

Il est divisé en deux temps de réflexion. Le premier est alloué à la compréhension des projections climatiques sur le territoire et le second balaie une grande partie des sujets qui sont impactés par le changement climatique. L'aspect technique et scientifique de la première partie contraste avec les aspects appliqués et localisés des thématiques suivantes. Le lecteur saura en fonction de ses attentes orienter son attention sur les parties correspondantes.

Aurélien Mure

# Table des matières

1.	Un scénario climatique pour le Nord-Toulousain .....	5
1.1.	Le GIEC et ses prévisions générales.....	5
1.2.	Le cadre d'étude des données DRIAS de Météo France .....	7
1.3.	Les projections générales sur le XXIème siècle .....	9
1.3.1.	Les températures attendues .....	9
1.3.2.	Les variations de précipitation .....	10
1.3.3.	Les autres paramètres .....	10
1.4.	Les événements extrêmes.....	12
1.4.1.	Les tempêtes.....	12
1.4.2.	Les fortes pluies.....	12
1.4.3.	Les records de chaleur.....	13
1.4.4.	Les sécheresses.....	14
1.4.5.	Le gel.....	16
1.5.	Une avant-première du 6ème rapport du GIEC .....	16
2.	L'eau : des conséquences majeures.....	17
2.1.	Les impacts sur l'approvisionnement en eau.....	17
2.2.	Des pistes d'aménagement.....	18
2.3.	Les risques d'inondation.....	19
3.	Les dangers pour la santé.....	21
3.1.	Les vagues de chaleur.....	21
3.2.	Les impacts sur les allergies.....	22
3.3.	La qualité de l'air .....	24
3.4.	Les épidémies .....	25
4.	Des espaces naturels à repenser.....	26
4.1.	Des espaces naturels en transition.....	26
4.1.1.	Un patrimoine forestier menacé .....	26
4.1.2.	L'état écologique des cours d'eau.....	28
4.2.	Les risques d'incendies.....	29
4.3.	Des espaces humides cruciaux .....	30

---

4.4.	Les actions d'aménagement.....	31
5.	Une agriculture perturbée .....	33
5.1.	Les conséquences du changement climatique.....	33
5.1.1.	Les maladies.....	33
5.1.2.	La sécheresse.....	33
5.1.3.	Les gelées noires.....	34
5.2.	La production actuelle et la résilience alimentaire .....	35
5.3.	Le rôle de l'agriculture dans la mitigation du changement climatique.....	36
6.	Les conséquences pour l'énergie .....	37
6.1.	La production et la consommation actuelles .....	37
6.2.	Les évolutions dues au changement climatique .....	38
7.	Des impacts sociétaux à ne pas négliger.....	40
7.1.	Les inégalités sociales accentuées.....	40
7.2.	Des mouvements de population inévitables.....	40
7.3.	L'altération accélérée du bâti.....	40
7.4.	Les espèces invasives.....	41
8.	Références.....	42
9.	Annexes.....	44

## 1. Un scénario climatique pour le Nord-Toulousain

### 1.1. Le GIEC et ses prévisions générales

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) produit des rapports tous les 6 ans en moyenne. Ce n'est pas un laboratoire scientifique qui réalise ses propres études et modélisations. C'est une démarche de mise en commun de tous les consensus scientifiques autour du changement climatique. Leurs rapports visent une objectivité totale au vu de la connaissance scientifique actuelle. Les travaux du GIEC sont classifiés en fonction de scénarios de trajectoire du forçage radiatif : les RCP (Representative Concentration Pathways). Les RCP sont représentatifs d'une trajectoire de concentration en gaz à effet de serre.

Quelques explications :

- Le forçage radiatif : la Terre reçoit de l'énergie du Soleil et en réémet vers l'espace sous forme d'infrarouges. Sans interventions humaines ou volcaniques, l'énergie solaire et le rayonnement de la Terre s'équilibrent. Le forçage radiatif représente tout ce qui éloigne de cet équilibre énergétique. Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) ou d'aérosols viennent augmenter ou diminuer ce forçage radiatif. L'activité volcanique peut elle aussi venir le modifier par l'émission de poussières (aérosols naturels).
- L'effet de serre : il semble nécessaire ici de rappeler le phénomène d'effet de serre et de décrire les effets des aérosols. Les gaz à effet de serre comme le CO<sub>2</sub> ont une particularité : ils laissent passer le rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère mais piègent une partie du rayonnement infrarouge que la Terre émet pour se refroidir. Ils ont donc un effet réchauffant.
- Les aérosols : ce sont de fines particules liquides ou solides en suspension dans l'air. Elles sont émises par la combustion des moteurs thermiques, par l'industrie ou par les volcans. Elles réfléchissent une partie du rayonnement solaire, qui n'arrive donc pas à la surface. Les aérosols ont un effet refroidissant.

Les scénarios RCP sont associés à une valeur, qui représente un niveau de déséquilibre du forçage radiatif. Plus cette valeur est élevée, plus le forçage est réchauffant. Les RCP retenus par le GIEC sont nombreux mais l'étude réalisée ici se focalisera sur trois d'entre eux :

- RCP 2.6 : Le scénario très optimiste. Il nécessite un déclin des émissions à partir de 2020 et jusqu'à zéro en 2100. Les émissions de méthane doivent aussi être divisées par deux d'ici 2100, le SO<sub>2</sub> diminué par dix. Ce scénario comprend des stratégies de captation de carbone efficaces. Il est le scénario qui permet de contenir le réchauffement à deux degrés.
- RCP 4.5 : Le scénario optimiste intermédiaire. Il prévoit un pic des émissions en 2045 pour donner 50% des émissions de 2050 en 2100, une diminution drastique des émissions de méthane et une division par 5 des émissions de SO<sub>2</sub>. Il représente le scénario qui peut contenir l'augmentation de température à 3 degrés. Le GIEC considère que de nombreuses espèces de plantes et d'animaux seront incapables de s'adapter à ces conditions.
- RCP 8.5 : le scénario pessimiste. Il prévoit un scénario business as usual, c'est à dire une continuité de l'augmentation des émissions pour atteindre un pic en 2100.

Les forçages radiatifs sont exprimés en W/m<sup>2</sup>. C'est une puissance surfacique, comme le rayonnement solaire par exemple. De manière très schématique, le RCP 8.5 : "c'est comme si le soleil nous envoyait 8.5W/m<sup>2</sup> en plus (ce qui représente une augmentation de 2,5% de l'activité solaire)".

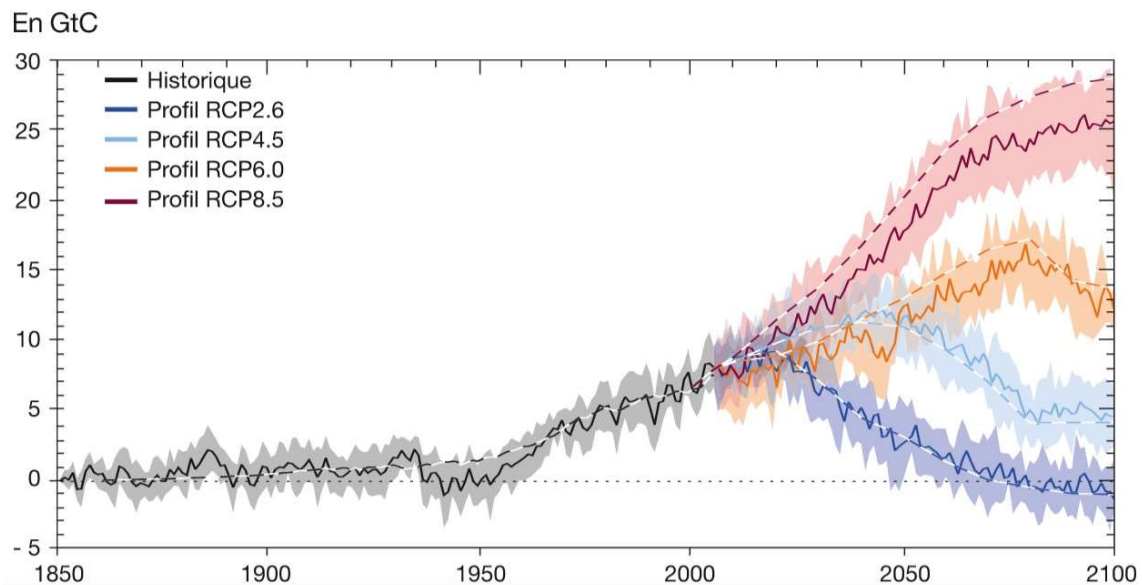


Figure 1 – Scénarios d'émission du GIEC [1]

Le 5ème rapport du GIEC date de 2013 et les travaux de l'ensemble de la communauté scientifique et l'inaction mondiale pour réduire les émissions tendent à restreindre les probabilités de rester sur un scénario RCP 2.5.

Le RCP 8.5 est très peu probable vis-à-vis des émissions car leur croissance jusqu'en 2100 est peu crédible. Les conclusions sur les températures et aléas climatiques du RCP 8.5 sont, par contre, intéressantes à prendre en compte et le rapport du Groupe de Travail I du 6ème cycle du GIEC semble aller dans ce sens. De plus, depuis les premiers rapports du GIEC, nos trajectoires d'émissions ont toujours suivi le pire scénario, voire ont dépassé certaines projections pessimistes. Les fortes incertitudes qui accompagnent les phénomènes de rétroaction nous poussent aussi à envisager les conséquences les plus dramatiques. Pour rappel, une boucle de rétroaction apparaît lorsqu'une conséquence de l'augmentation des gaz à effet de serre engendre une émission accrue de ces mêmes gaz à effet de serre. Voici deux exemples de boucle de rétroaction :

- La fonte des glaces remplace des zones de couleur blanche par de l'eau liquide plus foncée ou des terres aussi plus foncées. Ceci a pour effet de remplacer une zone qui réfléchit totalement l'énergie du soleil par une zone foncée qui absorbe l'énergie du soleil et donc réchauffe l'environnement.
- La fonte du pergélisol va relâcher des gaz à effet de serre, ces effets sont mal connus et elle semble se réaliser plus rapidement que prévu par exemple [2].

La démarche de ce document est de faire un constat sur les conséquences extrêmes du changement climatique que risque de vivre le territoire du SCoT, pour bâtir une gestion et un aménagement du territoire résilients. Les enjeux traités ensuite engageront des vies humaines et la santé des écosystèmes. Il convient donc d'appliquer le principe de précaution et une politique de gestion des risques qui prennent en compte les scénarios les moins favorables. Lorsqu'une politique de risque est mise en place, elle se base sur un indicateur : le produit de la probabilité d'apparition d'un événement avec sa gravité. Le scénario RCP 8.5 est peu probable mais dévastateur, il doit donc être pris en compte.

Pour appuyer le choix du scénario pessimiste, le cas des émissions de CO2 en 2020 est intéressant. En effet, selon l'OMM (Organisation Mondiale de la Météorologie), les émissions de CO2 ont baissé jusqu'à 17% lors des confinements et de l'ordre de 7% sur toute l'année 2020. La concentration dans l'atmosphère a cependant continué à augmenter par rapport à 2019. Cette concentration résulte bien évidemment de l'inertie du

ystème et dépend des émissions des années précédentes, mais ce fait tend aussi à montrer le mauvais état des mécanismes de captation de carbone (forêts, milieux humides, océan) et du rôle peut être déjà prégnant des mécanismes de rétroaction.

## 1.2. Le cadre d'étude des données DRIAS de Météo France

### ✓ Jeu de données :

Une grande partie des impacts du changement climatique établies dans ce rapport le seront à partir des données DRIAS de Météo France. Dans le cadre du projet européen EUROCORDEX, des projections climatiques ont été réalisées sur toute l'Europe jusqu'à une résolution de 12 km. Ces projections à échelle réduite sont régies par le modèle CMIP5 utilisé lors de la production du 5ème rapport du GIEC (2013). Le principe du modèle CMIP5 est qu'il donne une vision couplée des différents modèles gérés par les équipes de recherche à travers le monde. Les données de base datent de 2011 mais elles sont corrigées avec d'autres modèles plus récents (jusqu'à 2020).

L'étude se base sur trois scénarios tirés majoritairement du modèle CNRM-CM5 de Météo France, mais aussi des modèles IPSL WRF de l'Institut Pierre-Simon Laplace et RCA4 du Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

### ✓ Périodes de traitement des données pour les 3 scénarios :

- La période de référence 1951-2005 : ce ne sont pas des observations de terrain mais bien les résultats du modèle sur cette période. Les conclusions de cette étude seront donc mises en regard des résultats du modèle sur 1951-2005 et non sur les relevés de terrain sur cette même période. L'étude ne perd pas de sens avec ce choix car le modèle de référence représente bien le climat de 1951-2005.
- La période 2006-2100 avec le scénario RCP 2.6 du GIEC (en rappel du paragraphe 1.1, c'est le scénario très optimiste)
- La période 2006-2100 avec le scénario RCP 4.5 du GIEC (optimiste)
- La période 2006-2100 avec le scénario RCP 8.5 du GIEC (pessimiste)

### ✓ Réduction du champ des données DRIAS :

Le jeu de données étudié ici est composé de 17 points de la grille du modèle décrit ci-dessus. Ces 17 points sont sur le territoire du SCoT Nord-Toulousain, à l'exception de 4 points qui ont été gardés au vu de leur proximité avec la limite du territoire : Canals (Tarn-Et-Garonne), Azas, Montberon et Lespinasse. Le détail du maillage est visible en Figure 2.

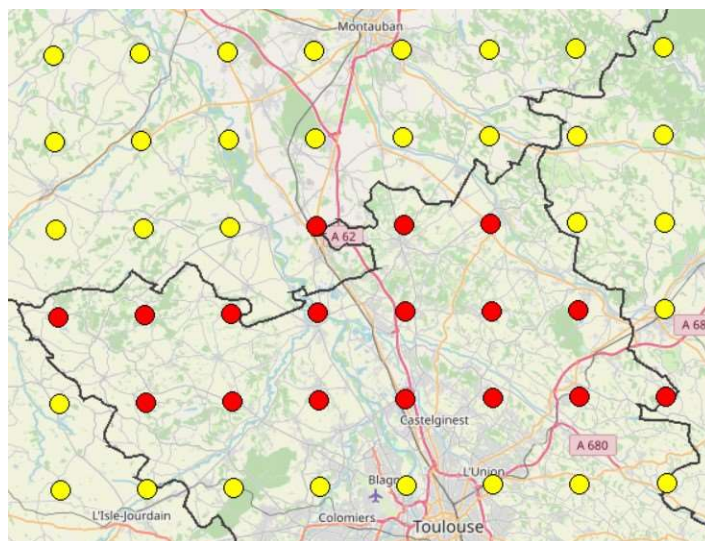


Figure 2 – Maillage retenu pour cette étude

Sur chaque point, les grandeurs physiques quotidiennes utilisées dans l'étude sont les suivantes :

- L'humidité spécifique près de la surface
- Les précipitations totales
- La vitesse du vent horizontal en surface
- La température moyenne
- La température minimale
- La température maximale

Il pourra être reproché à cette étude de créer un biais en ne travaillant que sur un faible nombre de points du maillage de DRIAS. C'est un choix qui se justifie par la nécessité de travailler avec un ancrage territorial pour gagner en crédibilité pour sensibiliser les élus et techniciens locaux. Aucune considération sur le modèle ne sera faite à une échelle plus fine que l'échelle SCoT, afin de ne pas tirer de conclusions par communauté de communes, qui seraient encore plus biaisées quant au nombre de points.



## ✓ Méthodologie :

Les données brutes de DRIAS sont utilisées pour cette étude. Elles ont été choisies ici car elles permettent après un traitement Excel d'extraire et de construire les indicateurs adaptés à la prise de décision locale. Des versions plus intégrées et plus graphiques sont disponibles sur la Plateforme DRIAS – Les futurs climats. Il est question dans cette étude de faire ressortir des moyennes annuelles voire saisonnières pour soutenir les discussions sur les conséquences attendues du changement climatique. Cette version ne contenant que les points du territoire se différencie des travaux généraux publiés par Météo France à partir de l'outil DRIAS. Plusieurs modèles sont utilisés et couplés ici pour palier au biais induit par le faible nombre de points.

### 1.3. Les projections générales sur le XXIème siècle

#### 1.3.1. Les températures attendues

La donnée de température moyenne annuelle est un paramètre clef de mesure du changement climatique même s'il ne suffit pas à le décrire. En Figure 3, Les projections de températures moyennes annuelles sur le territoire sont présentées selon les scénarios du GIEC. Plusieurs remarques en émanent :

- Les températures de la première moitié du XXIème siècle augmentent de manière quasi-indifférenciée selon le scénario. C'est une conséquence de l'inertie du système climatique. Les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre d'aujourd'hui ont un impact seulement 20 à 30 ans après. Le climat de 2050 est en grande partie déjà fixé par nos émissions passées et les actions des années à venir auront un réel impact sur la deuxième moitié du siècle.
- Le scénario optimiste limite le réchauffement local entre +1.5 et +2°C en 2100 quand le scénario intermédiaire le pousse entre +2 et +2.5°C
- Le scénario RCP8.5, qui sera le sujet majeur des études suivantes prévoit lui un réchauffement de l'ordre de +5°C en 2100 avec une pente encore ascendante pour la suite.

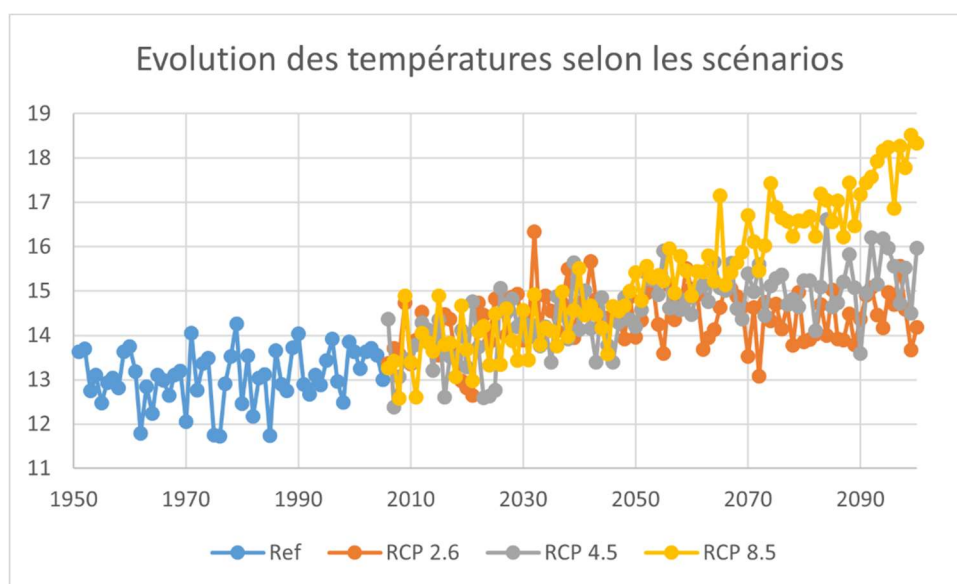


Figure 3 – Les températures moyennes annuelles attendues sur le territoire en fonction des scénarios RCP

### 1.3.2. Les variations de précipitation

La Figure 4 donne un aperçu des moyennes annuelles de précipitations de 1951 à 2100 sur le scénario RCP 8.5. Ici les modèles des trois centres de recherche ont été moyennés pour limiter le biais de modélisation. Aucune grande tendance ne se dégage sur le XXIème siècle. Une très faible baisse est observée, de l'ordre de 0.3mm/an. La variabilité interannuelle augmente légèrement à la fin du siècle. Les conséquences sur les précipitations ne sont donc pas à chercher dans les moyennes annuelles. Elles se verront plutôt dans leur répartition dans l'année, dans la partie suivante qui mentionne les sécheresses et pluies intenses.

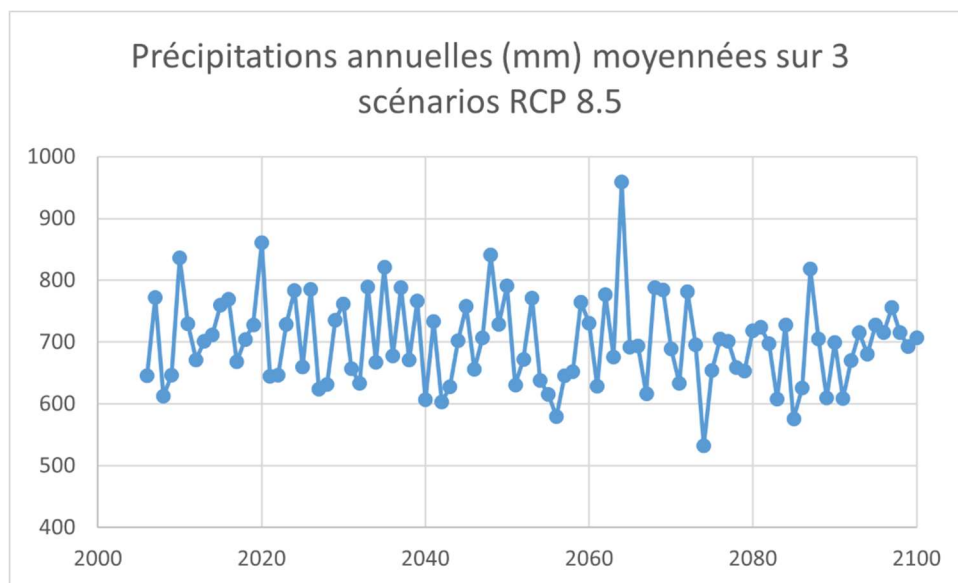


Figure 4 – Les précipitations moyennes annuelles attendues sur le territoire pour le RCP 8.5

### 1.3.3. Les autres paramètres

L'augmentation de la température citée dans le paragraphe précédent a pour conséquence une augmentation de l'humidité dans l'air. En effet, plus un air est chaud, plus il peut contenir de l'eau sous forme gazeuse. Les données d'humidité spécifique du scénario RCP8.5 de Météo France sont exposées en Figure 5. Cette augmentation suit une tendance exponentielle corrélée à l'évolution des températures en scénario RCP8.5 visible en Figure 3.

Les données DRIAS montrent que sur le territoire, l'intensité moyenne des vents n'est pas amenée à changer. La Figure 6 présente la rose des vents de Toulouse.

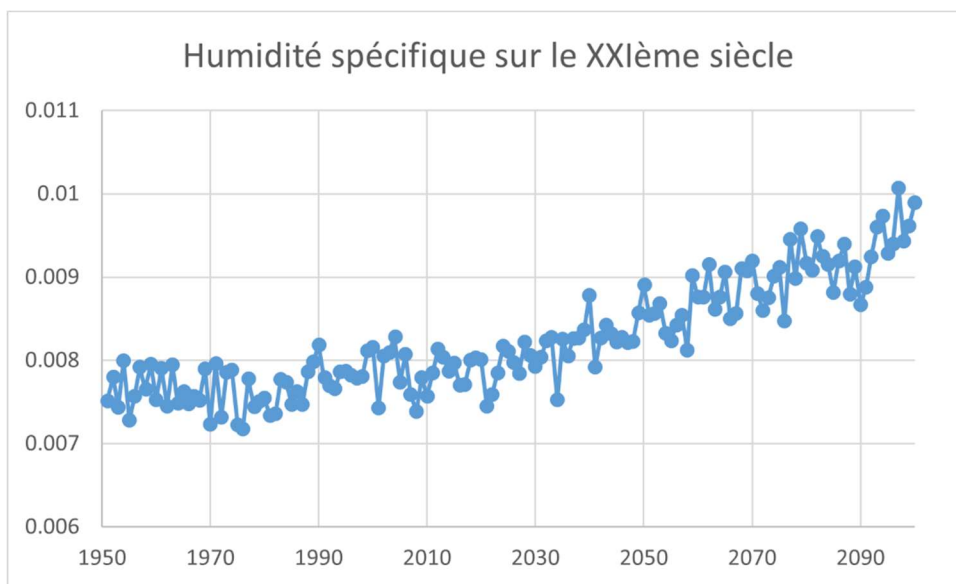


Figure 5 – Humidité spécifique sur le XXIème siècle selon le RCP 8.5

Normale de la Rose des Vents à Toulouse établie à partir du vent maximal quotidien à 10 mètres moyenné sur 10 minutes période 1981/2010

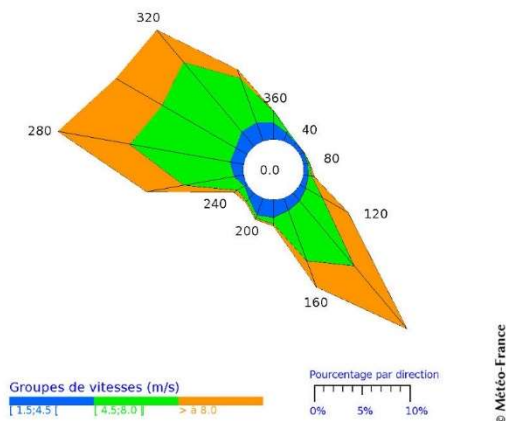


Figure 6 – Rose des vents à Toulouse

Les deux vents dominants sur le territoire sont le vent d'autan (sud-est) et la tramontane (nord-ouest). Le changement climatique semble avoir un impact sur la tramontane. Sa fréquence d'apparition devrait diminuer mais pas son intensité. [3]

## 1.4. Les événements extrêmes

### 1.4.1. Les tempêtes

Le changement climatique implique un déséquilibre d'énergie dans le système climatique global. On s'attend donc qu'avec plus d'énergie dans le système, les événements chaotiques et violents se multiplient ou se renforcent. Cette réflexion semble vérifiée pour les cyclones par exemple. Les tempêtes font partie des événements extrêmes les plus destructeurs sur la France métropolitaine. Cependant, selon Météo France [4], l'état actuel des connaissances ne permet pas d'affirmer que les tempêtes soient sensiblement plus nombreuses ou plus violentes en France métropolitaine au cours du XXIe siècle. Les conclusions sont du même type pour les orages ou les tornades par exemple. La recherche continue sur ces sujet et les conclusions pourraient se préciser dans les années à venir.

### 1.4.2. Les fortes pluies

Les fortes pluies peuvent constituer pour le territoire un risque d'inondation conséquent. Cette conséquence sera traitée dans la partie suivante, qui détaillera les problématiques liées à l'eau. Le seuil choisi ici pour caractériser un épisode de forte pluie sera 20mm par jour. La Figure 7 indique le nombre de jours où les précipitations dépassent 20mm pour chaque année de 1951 à 2100 selon le scénario RCP 8.5. Les constats à tirer de cette courbe sont les suivants :

- 

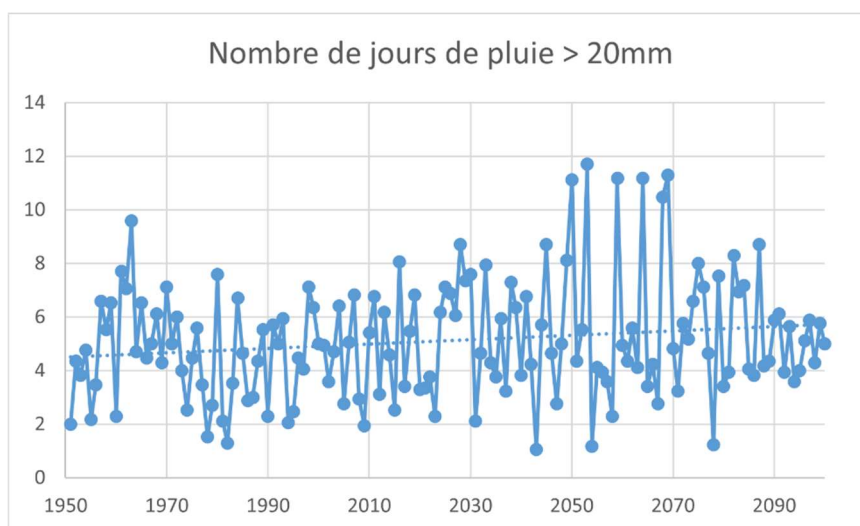


Figure 7 – Nombre de jours avec plus de 20mm de pluie sur le XXIème siècle selon le RCP 8.5

- La moyenne augmente lentement, avec une progression de 1.5 jour de pluies intenses en plus sur la période. Cette augmentation ne peut pas être considérée comme ayant des conséquences dramatiques, même si elle n'est pas négligeable.

- La variabilité interannuelle est cependant inquiétante. On constate qu’entre 1951 et 2000, une seule année compte plus de 8 jours de pluies intenses, quand ce nombre d’années passe à 5 pour 2001-2050 et 8 pour 2051-2100. Les épisodes de fortes pluies à répétition sur une même année augmentent les risques de forte érosion et donc de glissement de terrain, d’inondation et de calamité agricole. Ces questions seront détaillées dans les parties suivantes.

### 1.4.3. Les records de chaleur

Les records de chaleur font aussi partie des événements extrêmes. Leur étude est un bel exemple de la complexité du changement climatique et de la réponse chaotique du système climatique. En effet, le scénario RCP 8.5 du GIEC donne pour la fin du siècle une hausse de température moyenne de l’ordre de +4 à +5°C, comme en témoigne la Figure 3. Le record annuel de température sur le territoire selon le scénario RCP 8.5 sur le modèle suédois donne lui une hausse de presque 10 degrés par rapport au milieu du XXème siècle. La Figure 8 montre des records de température jusqu’à 48°C sur le territoire. Ces records sont sur une maille du modèle et pourraient représenter sur un îlot de chaleur ou un point de mesure des températures supérieures à 50°C.

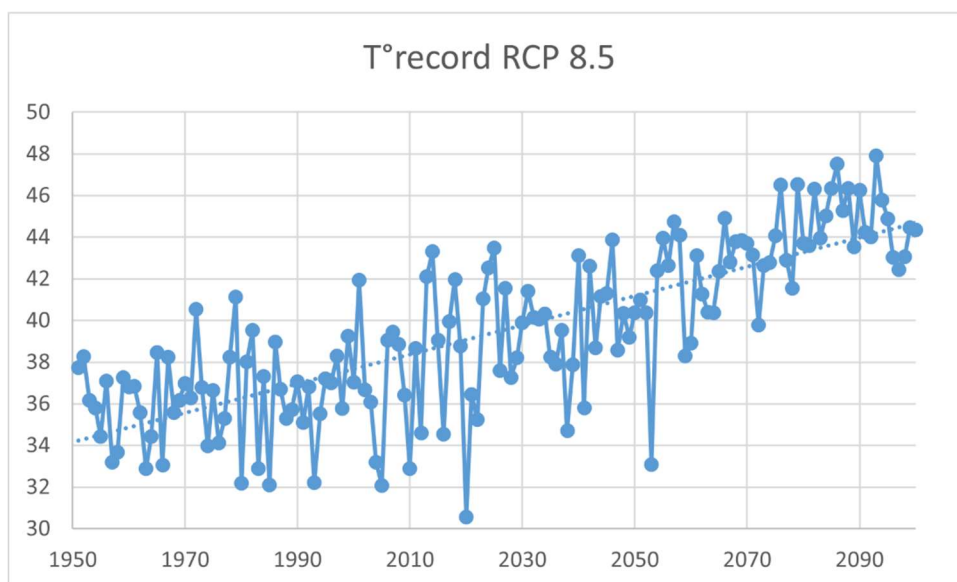


Figure 8 – Les records annuels de température sur le XXIème siècle pour le RCP 8.5

#### 1.4.4. Les sécheresses

Il existe trois types de sécheresses. La sécheresse météorologique, qui est due à un manque de précipitations, et qui lorsqu'elle dure donne une sécheresse agricole lorsque l'humidité des sols est trop faible pour les cultures. Le troisième type est la sécheresse hydrologique, qui apparaît lors d'une surutilisation de l'eau ou une période de sécheresse agricole prolongée. Elle correspond à un bas niveau des cours d'eau et des ressources souterraines. Le changement climatique a un fort impact sur le premier type de sécheresse (météorologiques), en augmentant sa fréquence d'apparition. En effet, la Figure 9 dépeint le nombre de jours sans pluie dans le scénario RCP 8.5. Celui-ci augmente sur le XXI<sup>ème</sup> siècle. Il passe d'en moyenne 200 sur la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle à presque 230 sur la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle.

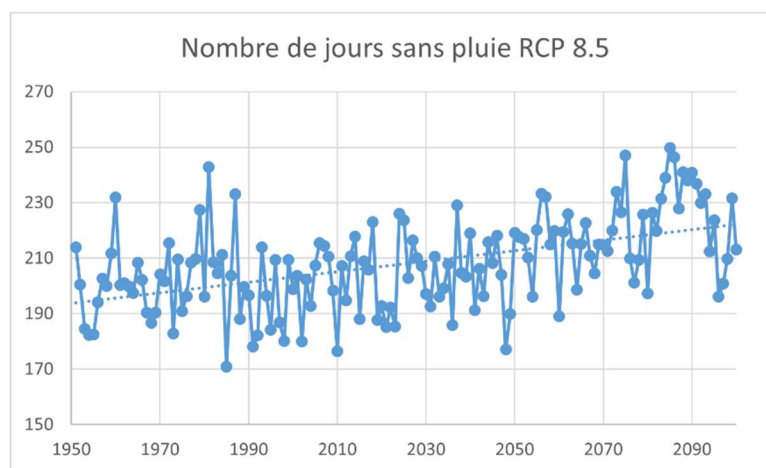


Figure 9 – Nombre de jours sans pluie sur le XXI<sup>ème</sup> siècle selon le RCP 8.5

Cette variation ne paraît pas significative mais elle représente tout de même une diminution de 8% du nombre de jours de pluie sur le territoire, et près de quatre semaines de pluies en moins dans l'année.

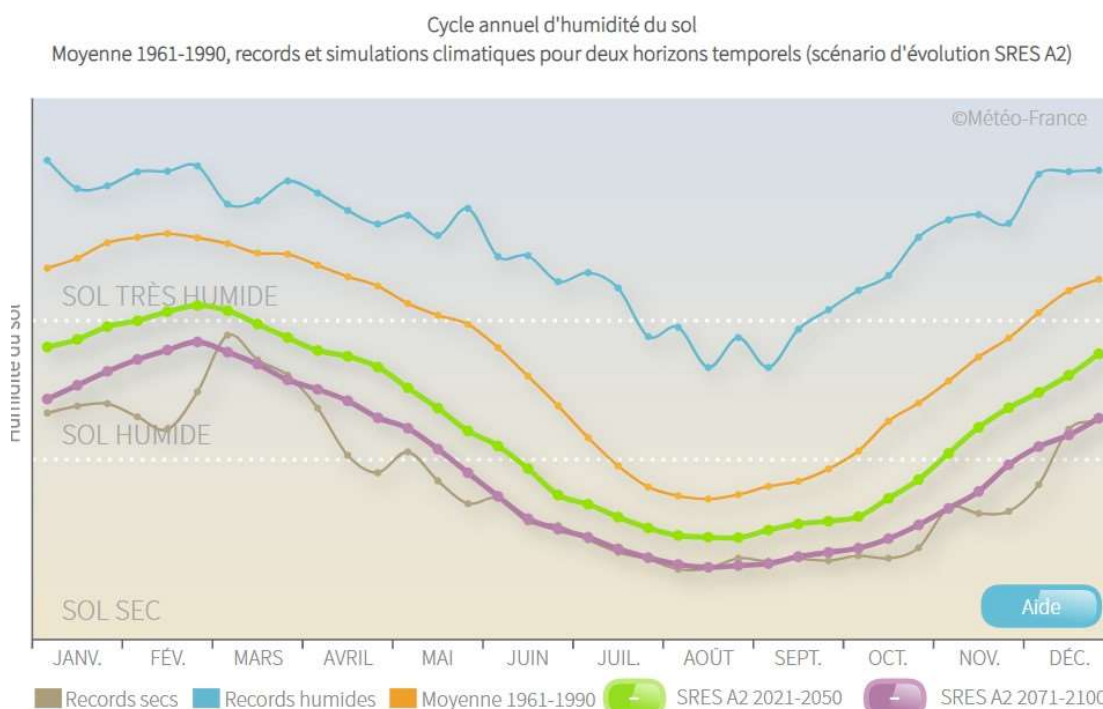
Cette augmentation des sécheresses météorologiques induit une apparition plus fréquente de l'état de sécheresse agricole, puis de sécheresse hydrologique, avec des conséquences sur la ressource en eau qui seront détaillées en Section 2.

Pour faire un bilan des risques de sécheresse, l'outil Climat HD de Météo France permet de visualiser, sur l'ancien maillage Midi-Pyrénées, les cycles d'humidité du sol en fonction de la période de l'année. Les résultats sont visibles en Figure 10. La manière simplifiée mais réaliste de se représenter les futurs risques de sécheresse est la suivante. Dans un scénario pessimiste à la fin du siècle, le sol serait constamment aussi sec que lors des records historiques.

Comme nous l'avons vu au-dessus, les pluies seront moins bien réparties dans le temps et des épisodes plus intenses ne favorisent pas la recharge en eau du sol. En effet, un sol sec ou artificialisé favorise le ruissellement au détriment de l'infiltration. La pluie efficace est un indicateur intéressant à étudier. Elle représente la part de la pluie qui est réellement utile pour le sol. On retire aux précipitations l'évapotranspiration et parfois aussi les eaux qui ruissellent en surface. L'évapotranspiration tend à augmenter, car elle suit en première approximation la température. Le ruissellement, avec des sols plus secs, va augmenter. On arrive donc à une proportion de pluie efficace en grande diminution, avec pour conséquences une recharge des nappes ralenties.

Voici une liste non exhaustive des conséquences des sécheresses. Certaines seront détaillées dans des parties dédiées de la suite du rapport.

- L'érosion est aggravée.
- Les rendements agricoles sont diminués.
- Les forêts enregistrent de graves surmortalités des arbres.
- Le risque d'incendie est amplifié.
- Les étiages des fleuves diminuent et baissent les productions hydroélectriques et nucléaires, sans pour autant amener de risques de sûreté.
- Des choix d'orientation de la ressource en eau apparaissent, avec un conflit entre agriculture, industrie et eau potable.



La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol sur Midi-Pyrénées entre la période de référence climatique 1961-1990 et les horizons temporels proches (2021-2050) ou lointains (2071-2100) sur le XXI<sup>e</sup> siècle (selon un scénario SRES A2) montre un assèchement important en toute saison.

Figure 10 – Caractérisation de l'état d'humidité des sols sur le XXI<sup>e</sup> siècle

Au-delà de ces conséquences directes, les sécheresses représentent aussi une boucle de rétroaction positive. Elles sont favorisées par le changement climatique et l'aggravent en retour. En effet, lors d'épisodes de sécheresse, la séquestration de carbone diminue grandement car la photosynthèse des plantes est à l'arrêt.

Les incendies relâchent de grandes quantités de carbone dans l’atmosphère. Les zones humides perdent aussi leur potentiel de régulateur climatique. Pour finir, ces périodes engendrent des prélèvements et du stockage pour les activités humaines qui amputent une partie de l’eau nécessaire au retour à la normale.

### 1.4.5. Le gel

Comme la Figure 11 le montre, le nombre de jours de gel décroît de manière presque constante sur le XXIème siècle, pour atteindre des années sans gel sur la fin du siècle. Les conséquences sont plutôt positives pour l’entretien de la voirie, la sécurité routière et sous certaines conditions pour l’agriculture. En Section 5, ce dernier point sera étoffé avec des précisions sur les gelées noires.

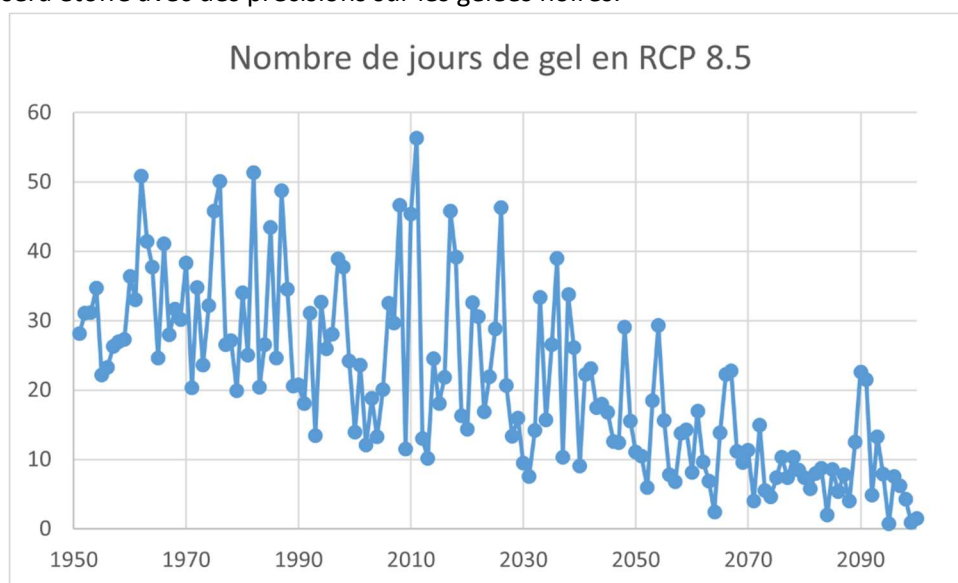


Figure 11 – Nombre de jours de gel en RCP 8.5 de 1951 à 2100

### 1.5. Une avant-première du 6ème rapport du GIEC

Pour terminer cette section, la Figure 37 en Annexe présente l’évolution des probabilités d’occurrence d’événements extrêmes : les chaleurs extrêmes, les pluies torrentielles et les sécheresses. Elle est extraite de la synthèse technique du groupe de travail I du 6ème rapport du GIEC [5].

Le scénario utilisé se rapproche du RCP8.5 que l’on considère souvent dans cette étude. L’événement référence est une chaleur extrême qui sur un climat sans intervention humaine arrivait une fois tous les 50 ans en moyenne. Elle se voit, sur la fin du siècle et selon le RCP 8.5, revenir 39 fois en 50 ans et voir son intensité augmentée de 5.3°C. Cette augmentation considérable de la probabilité est aussi observable pour les pluies torrentielles et les sécheresses même si l’écart n’est pas aussi impressionnant que pour les vagues de chaleur. Il est précisé ici que ces conclusions sont mondiales et valables pour une zone qui s’assèche, ce qui est le cas du sud de la France.



## 2. L'eau : des conséquences majeures

### 2.1. Les impacts sur l'approvisionnement en eau

Le territoire, pour son approvisionnement en eau, dépend de quatre sources majeures :

- La Garonne, qui vient des Pyrénées, tout comme la Save.
- Le Tarn, qui vient du Massif central.
- Les eaux souterraines, qui sont rechargées par les précipitations.
- Le réseau reliant les lacs de Montbel, Saint-Ferréol, des Camazes et de la Ganguise à l'Hers-Mort.

Ce réseau dépend donc en partie du stock nival dans les Pyrénées. Le stock nival est le stock de neige qui, lorsqu'il fond en partie au printemps, permet de soutenir le niveau des cours d'eau sur cette période. Les niveaux de ces stocks de neige sont voués à baisser. Par exemple, selon l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique [6] : *"C'est ainsi que dans les Pyrénées Centrales, à 1800 m d'altitude, l'épaisseur moyenne de la neige pourrait diminuer de la moitié à l'horizon 2050, par rapport à la référence actuelle ; tandis que la période de permanence de la neige dans le sol se réduirait de plus d'un mois, entre l'automne et le printemps au cours de la saison froide."* Il faut cependant noter que ce paramètre est soumis à une grande variabilité et que la tendance à la baisse est certaine et déjà observable mais que la prévision précise est périlleuse.

Cette baisse du stock nival sera donc responsable de la baisse du débit moyen annuel mais surtout de l'accroissement du déséquilibre saisonnier du débit des rivières. Le stock nival étant déjà faible voire inexistant sur la montagne noire, ce facteur n'aura pas d'influence sur les débits printaniers approvisionnant St Ferréol, les Camazes ou la Ganguise. Cependant, les régimes de précipitations pourraient devenir plus instables et se rapprocher des épisodes cévenols. Ceci aurait comme conséquence, tout comme la baisse du stock de neige, de moins bien répartir la ressource en eau dans l'année.

Selon l'office française de la biodiversité, le taux de précipitations efficaces moyen (part de la pluie qui ne s'évapore pas, qui peut ruisseler ou s'infiltrer) est entre 2006 et 2016 sur la Haute-Garonne légèrement inférieur à 40%. Cette moyenne départementale est dans le groupe des plus basses de France. Au vu des conditions météorologiques futures décrites en Section 1, avec des températures plus élevées, ce taux de précipitations efficaces déjà bas va indéniablement chuter. L'Etat des lieux du SDAGE (Schéma Directeur de l'Aménagement et de la Gestion de l'Eau) Adour-Garonne de 2019 fait état d'une augmentation à l'horizon 2050 de 10 à 30 % de l'évapotranspiration [7]. S'ajoute à cela les effets des phénomènes de sécheresse et d'artificialisation des sols qui augmentent la part de l'eau qui ruisselle au détriment de l'eau qui s'infiltrer.

L'état de stock des nappes phréatiques actuel ne peut se voir que stagner ou baisser car les apports d'eau vont chuter. Dans le cas d'une baisse de prélèvement sur ces nappes, nous pourrions voir un niveau de stock d'eau dans les nappes se stabiliser si cette baisse suit la baisse d'approvisionnement des nappes mais dans tout autre cas les niveaux vont continuer de chuter, potentiellement jusqu'à 50% de baisse [7]. Alors que l'état quantitatif des eaux souterraines est classé à 90% comme bon à l'échelle française, le Nord-Toulousain est classé comme médiocre en 2015 par l'Agence Française de la Biodiversité. Le SDAGE du bassin Adour Garonne dont le Nord-Toulousain fait partie prévoit -20% à -40% du débit des rivières sur le bassin. Le projet Garonne 2050 [8] projette même 50% de baisse de débit d'ici 2070 pour le Nord-Toulousain comme le précise la Figure 12.

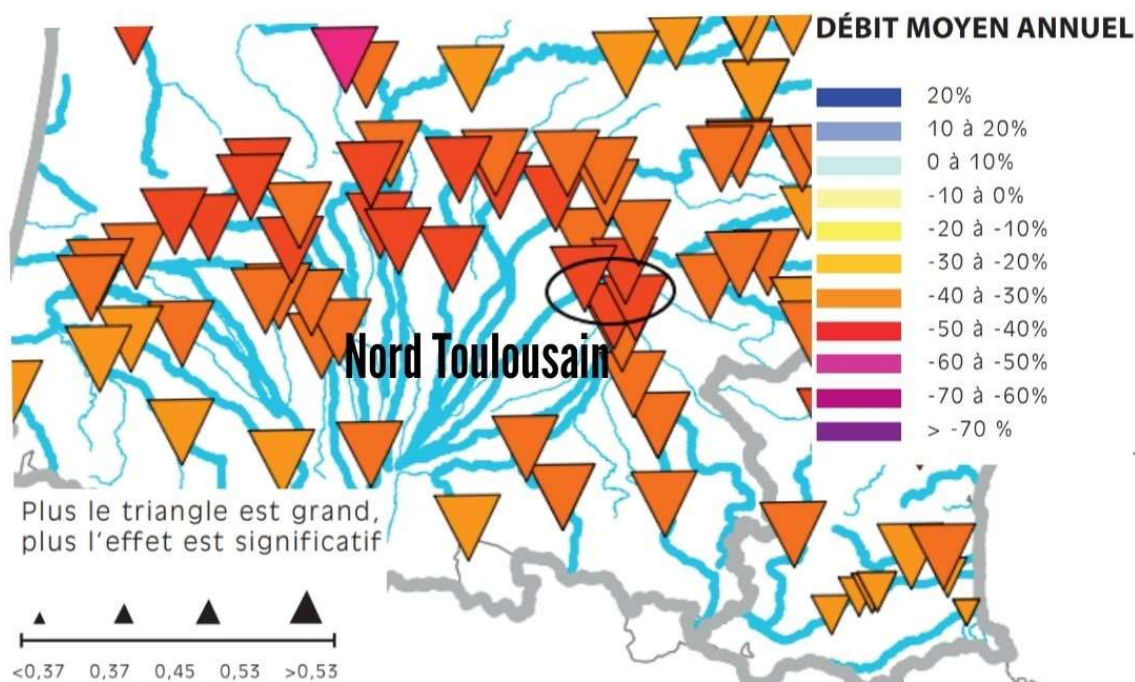


Figure 12 – Prévisions de baisse de débit pour 2050 [8]

## 2.2. Des pistes d’aménagement

La Figure 13 montre que la pression agricole est dominante et dimensionnante pour l’approvisionnement en eau du territoire avec deux tiers du volume. Le Syndicat Mixte d’Etudes et d’Aménagement de la Garonne (SMEAG) classe la pression domestique par masses d’eau comme forte sur les parties méridionales du Nord-Toulousain. La pression agricole est forte sur le sud des Hauts-Tolosans et sur une partie des Coteaux du Girou. La pression industrielle est faible sur la majorité du territoire sauf le long de la Garonne où elle est moyenne.

Le projet Garonne 2050 présente trois scénarios de soutien à la baisse d’étéage prévue de 50%. Ils consistent en une compensation minimale, totale ou de moitié du déficit d’étéage. Chaque scénario donne des solutions d’aménagement, des impacts sur la biodiversité, des coûts d’infrastructure et des conflits d’usage très différents. Un regard approfondi à ce projet [8] permet d’avoir une vision systémique des conséquences de l’aménagement nécessaire au soutien de l’étéage futur. Les conclusions générales quel que soit le scénario sont les suivantes :

- Œuvrer pour des économies d’eau et une gestion de l’eau plus efficiente
- Créer de nouvelles réserves
- Augmenter la résilience des écosystèmes aquatiques
- Raisonner conjointement « eau et énergie »
- Gérer collectivement la ressource et pour l’intérêt général (accroissement des conflits d’usage)

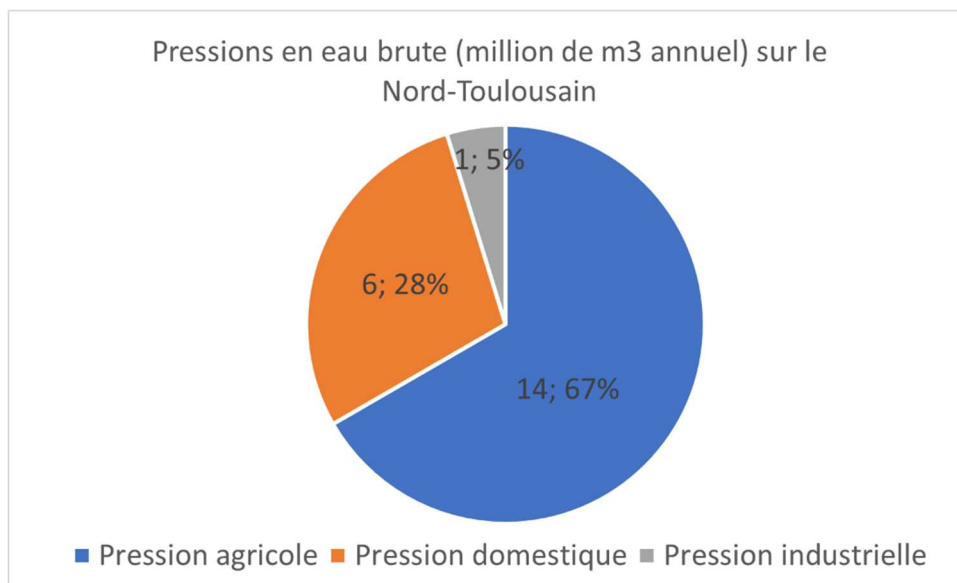


Figure 13 – Répartition de la pression annuelle en million de m<sup>3</sup>

Des solutions à l'expérimentation comportent de la réalimentation de nappes phréatiques à partir des eaux de la Garonne. Sur le principe, c'est un excellent moyen de palier au déséquilibre croissant de débit des rivières. L'important est de stocker de l'eau. L'ouverture de nouvelles retenues peut être une solution mais les zones favorables à l'implantation de nouvelles retenues se font rares et de nombreux freins à leur ouverture se présentent. Le travail sur le dépôt de sédiments qui peut parfois réduire de 50% le volume de stockage d'une retenue est une autre piste à creuser.

Voici les recommandations du PNACC (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique) [9] sur la question de l'eau : *"Il s'agira de faire converger une offre prévue en diminution avec une demande qui, déjà par endroits, n'est pas satisfaite, autour de deux objectifs : encourager la sobriété et l'efficacité des usages et réguler en amont la ressource, grâce notamment à l'innovation et à la modification des pratiques ; faire émerger, dans l'ensemble des territoires, des solutions adaptées aux besoins et aux contextes locaux, notamment dans le cadre de projets de territoires pour la gestion de l'eau. Il s'agira également de continuer à améliorer la qualité de l'eau et à veiller à la sécurité sanitaire de cette ressource dans un contexte climatique en évolution, et de préserver les écosystèmes aquatiques."*

### 2.3. Les risques d'inondation

Les phénomènes de sécheresse et d'inondation s'entretiennent et s'amplifient mutuellement. En effet, des pluies intenses arrivant sur un sol sec seront moins captées par les sols, ceci ayant deux conséquences : amplifier les crues par ruissellement et limiter le stockage en eau du sol et donc conserver la situation de sécheresse. Les nombres de jours sans pluie et de jours avec plus de 20mm de pluie de la Section 1 vont amplifier ce phénomène. Le territoire sera soumis à des pluies plus rares et plus intenses. Les sols se rechargeront de moins en moins en eau et seront plus propices au ruissellement.

Les pluies sur la figure 7 donnent des années avec plusieurs jours à plus de 20mm de pluie, et avec un gros risque d’avoir deux épisodes rapprochés. L’analogie avec les épisodes d’inondations en Belgique en juillet 2021 est intéressante. Des pluies conséquentes mais plus faibles que lors du premier épisode ont entraîné des conséquences dramatiques car elles sont arrivées sur un territoire sinistré, avec des réseaux d’eaux pluviales saturés et bouchés ainsi que des sols encore gorgés d’eau. Les événements susceptibles d’être le plus favorisés par le changement climatique sont du type de celui qui a eu lieu à Agen en septembre 2021. De fortes pluies ont inondé la ville avec plus de 2m d’eau dans certaines rues sans que la Garonne ne soit impliquée. Le souci dans la prévention des risques à ce sujet réside dans la construction des PPRI qui sont censés être garants de la protection de la population face au risque inondation. Ils sont focalisés sur les crues des cours d’eau et se basent sur les crues historiques pour dimensionner une réponse. Cette démarche fonctionne dans un monde où les conditions initiales sont les mêmes et où le pire événement passé donne une bonne représentativité de ce qui peut arriver. Cependant, dans un contexte de changement climatique qui bouscule les conditions initiales, les événements passés ne sont plus à même de donner un bon aperçu de ce qui nous attend. L’augmentation des épisodes d’inondation hors des zones de PPRI est très probable. Les zones sensibles du territoire se situent le long du Girou, de la Garonne et du Tarn, mais aussi dans les centres urbains très artificialisés où le ruissellement après de fortes pluies peut engendrer des dégâts. La carte en Figure 14 présente ces aléas.

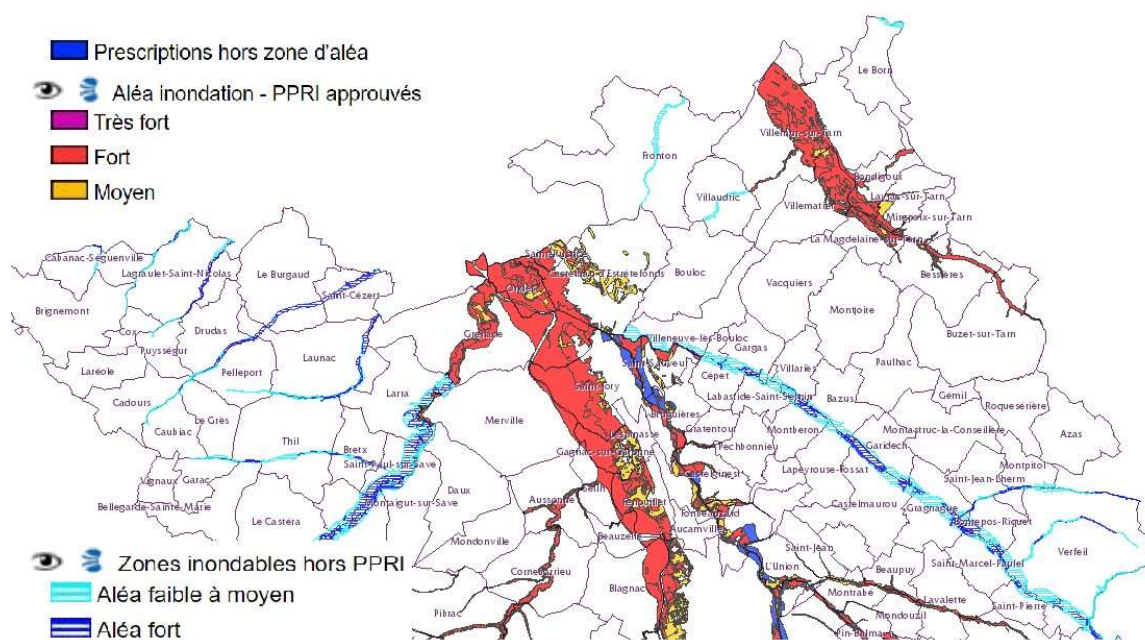


Figure 14 – Aléas inondations DDT31

Sur cette carte, le changement climatique et les sécheresses pourraient faire apparaître de nouvelles zones d’aléa fort hors du lit de cours d’eau. Les EPCI Val’Aigo et Coteaux du Girou sont soumises au risque de crues torrentielles d’automne selon le SMEAG. Ce risque fait partie de ceux qui vont le plus augmenter car ces crues peuvent arriver à la suite d’événements de sécheresse sévères et donc être aggravées. Une gestion systémique de ces crues torrentielles dans l’aménagement du territoire serait bénéfique. La communication à la population de la culture du risque est une clef de la limitation des dégâts (surtout humains) de ces événements. L’ONERC (Observatoire National sur les Effets du Changement Climatique) spécifie l’importance d’une

acculturation au risque dans son rapport *Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique* [10].

### 3. Les dangers pour la santé

#### 3.1. Les vagues de chaleur

Selon Santé publique France dans son rapport sur les canicules de 1970 à 2013 [11], 32000 décès sont associés aux périodes de canicule sur la période. Un total de 1400 est attribué à l'Occitanie. Les jours de vague de chaleur ou canicule sont définis par Santé publique France comme les jours où la température du jour excède 36°C et ne redescend pas en dessous de 21°C la nuit. Sur le territoire et en scénario RCP8.5, voici en Figure 15 les résultats du modèle de Météo France pour le nombre de jours de canicule selon les critères ci-dessus de 1951 à 2100. Il est clair que le nombre de jours de canicule augmente drastiquement après 2050 pour venir culminer à plus de 30 jours par an sur les années record. Les 32000 décès attribués aux canicules passées le sont sur une période où ces événements restaient de faible probabilité. Extrapoler le nombre de décès pour les canicules futures n'est pas productif car les moyens d'adaptation aux vagues de chaleur s'améliorent et la prévention est efficace. Il est cependant fort probable que l'intensification des vagues de chaleur fasse de plus en plus de victimes sur le territoire.

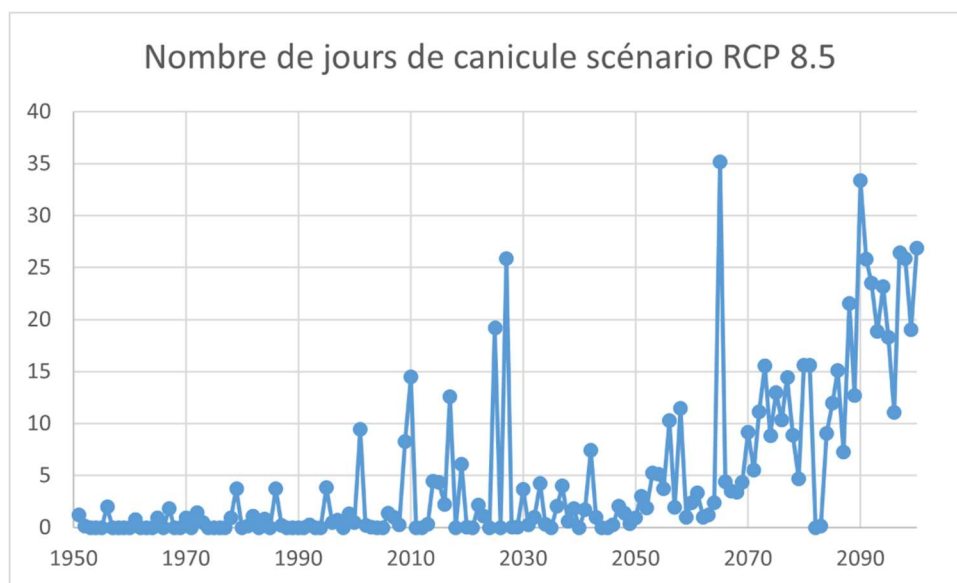


Figure 15 – Les jours de canicule sur le territoire sur la période 1951-2100

Comme décrit en Section 1, les augmentations conjointes de température et d'humidité seront responsables de l'aggravation des risques des vagues de chaleur sur la santé humaine. L'indice Humidex développé par les services météorologiques canadiens donne une représentation de la dangerosité physiologique en fonction de la température et de l'humidité. En effet, la lecture de la température seule ne donne qu'une vision partielle des risques physiologiques d'une vague de chaleur. L'efficacité du mécanisme de transpiration dépend de l'humidité dans l'air. A 100% d'humidité, la transpiration ne s'évapore plus et le mécanisme devient inefficace. Le tableau complet décrivant cet indice est présent en Figure 35 en Annexes. Le seuil de chaleur accablante et de grand inconfort est atteint lorsque l'indice dépasse 40. Le danger de coup de chaleur est critique au-delà de 45.

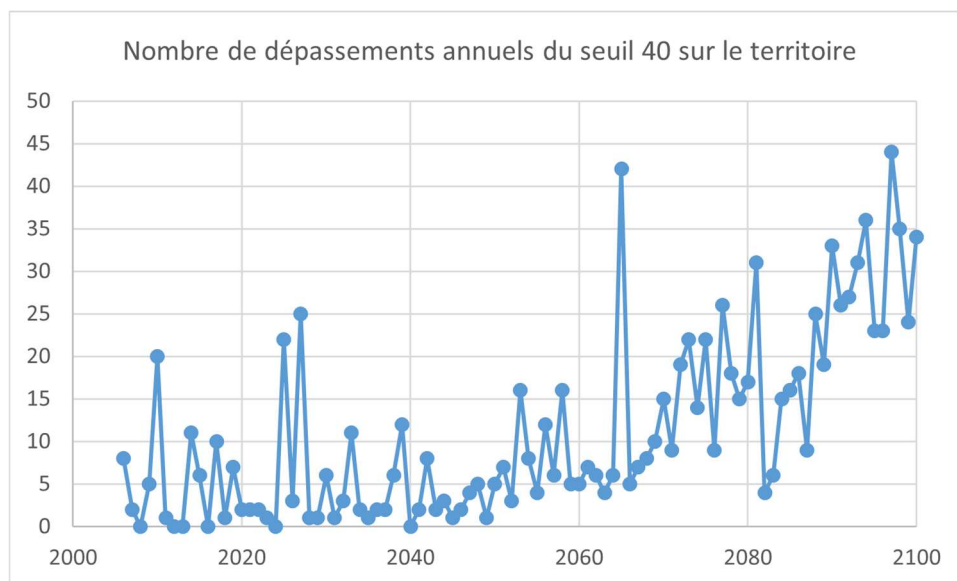


Figure 16 – Nombre de dépassements du seuil 40 sur le territoire

Sur le territoire, la Figure 16 référence le nombre de dépassement du seuil 40 de "chaleur accablante" par an sur le XXIème siècle dans le scénario RCP8.5. Ce nombre est à répartir sur les 17 points de mesure sur le territoire. On constate que ces dépassements augmentent fortement même s'ils sont inférieurs au nombre de jours de canicule. Le plus inquiétant réside dans l'apparition d'alertes au-delà de 45 sur la fin du XXIème siècle, représentant un risque majeur pour la santé.

Le dépassement du seuil 40 implique un risque d'inconfort avancé pour la population. Ceci engendre un risque accru pour les populations fragiles comme les personnes âgées. Ceci impacte aussi fortement l'activité économique de certains secteurs, comme celui du BTP où le travail au-delà de ce seuil est risqué.

La formation d'îlots de chaleur urbains est une réalité à laquelle le territoire devra faire face. Cette question est plus centrale pour les métropoles mais de petits îlots peuvent se créer sur des communes avec des zones denses et peu végétalisées. Les communes qui verront apparaître quelques degrés en plus en fin de journée l'été dans leur centre-ville sont Castelnau d'Estrétefonds, Grenade ou Fronton par exemple. La lutte contre la création de ces îlots de chaleur ne passe pas par l'étalement urbain mais par la végétalisation et un travail sur les formes urbaines.

### 3.2. Les impacts sur les allergies

L'OMS estime qu'en 2050, la moitié de la population mondiale serait allergique (Figure 17). Cette croissance est due à l'augmentation de la présence d'allergènes intérieurs comme les perturbateurs endocriniens et à plus de pollen en général. Certains des facteurs régissant l'augmentation des allergies semblent être dus au changement climatique. Le RNSA (Réseau National de Surveillance Aérobiologique), la Fédération des associations de surveillance de la qualité de l'air (Atmo France) et l'Association des pollinarius sentinelles de France (APSF) se questionnent dans leur rapport annuel : "Le réchauffement climatique et la hausse des températures conduisent à une augmentation des quantités de pollen".

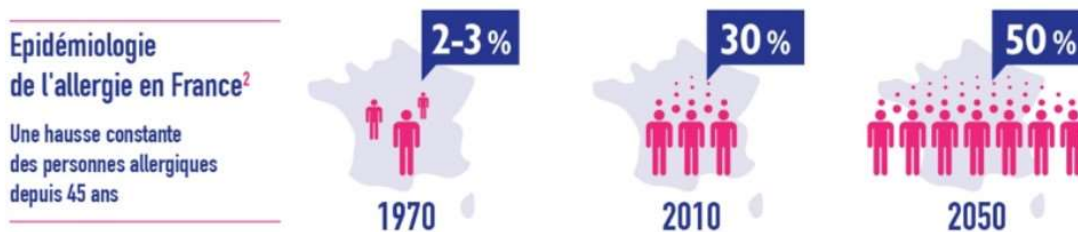


Figure 17 – Prévisions allergies de l’OMS

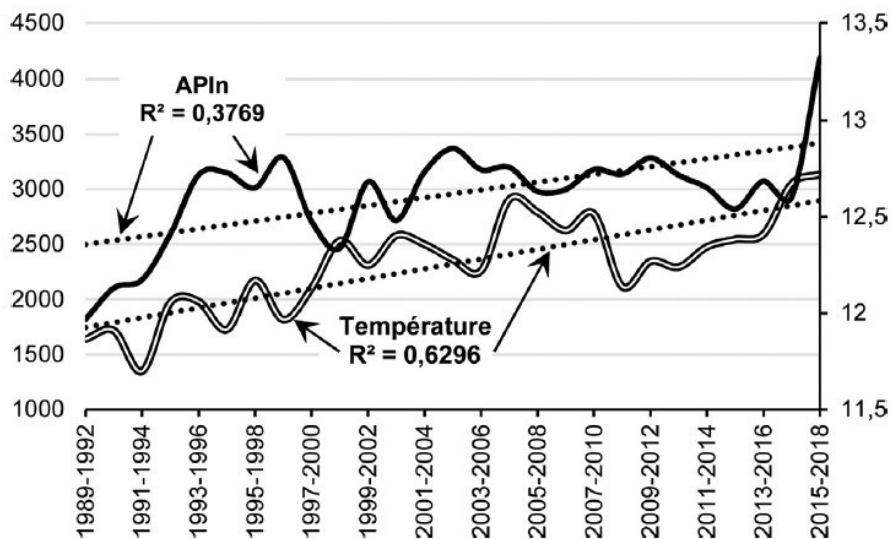


Figure 18 – Corrélation de la densité de pollen de bouleau avec la température

L’augmentation de température donne pour le bouleau plus de pollen en général [12], comme la Figure 18 le suggère et les vagues de chaleur donnent en général plus de pollen dans l’air mais les impacts sur les maladies respiratoires sont complexes et à étudier séparément. [13].

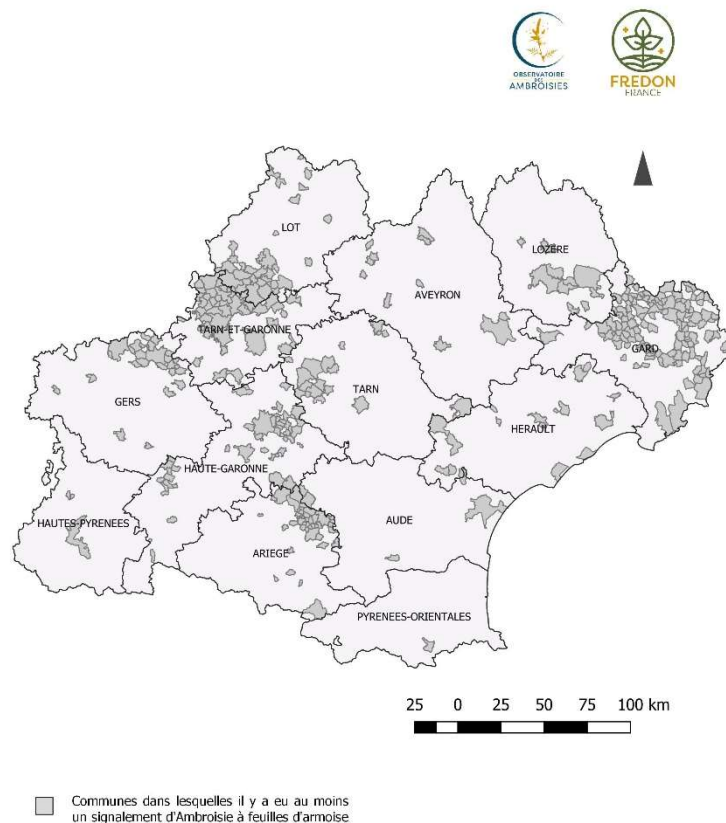
La présence de l’ambroisie, qui est un allergisant fort est de plus en plus signalée par les communes, comme la Figure 19 nous le montre. Cette espèce invasive est présente sur certaines communes du territoire du SCoT même si elle n’est pas majoritaire. Au vu de la présence plus forte dans toute la zone autour de Toulouse, il est attendu que cette espèce s’installe plus largement sur le territoire dans le futur.

L’ambroisie aux feuilles d’armoïse est une espèce originaire d’Amérique du Nord qui a été importée de façon volontaire ou accidentelle depuis moins d’un siècle. Elle fait partie des "mauvaises herbes" et ressemble à un buisson qui peut atteindre plus d’un mètre de haut. Le changement climatique est aussi responsable de la prolifération de cette espèce. Elle va majoritairement se développer sur les régions plus au nord que l’Occitanie mais elle représente un bon exemple de migration d’espèces potentiellement très allergisantes qui pourront arriver dans les décennies à venir.

La Section 4 développera le déplacement des zones climatiques privilégiées pour certaines espèces. Le chêne vert paraît être une des espèces méditerranéennes qui seront adaptées sur le territoire du SCoT sur les décennies à venir. C’est une espèce de chêne assez allergène. Les espèces plus classiques menacées comme le frêne ou le hêtre sont cependant très allergènes aussi. Il convient de documenter les espèces qui se

développent naturellement et celles que l’homme devra planter pour aider l’environnement à s’adapter au changement climatique.

Etat des connaissances sur la répartition de l'Ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) en Occitanie entre 2000 et 2019



Carte réalisée par l'Observatoire des ambrosies - FREDON France - 2019.

Sources des données : plateforme de signalement ambrosie Atlasanté (données validées 2016 à 2019), réseau des Conservatoires botaniques nationaux et partenaires, réseau des FREDON, réseau des CPIE.

Figure 19 – Carte de la présence de l’ambroisie

### 3.3. La qualité de l’air

La qualité de l’air ne semble pas impactée de façon majeure par le changement climatique. Il existe cependant quelques corrélations qu’il est nécessaire de préciser. Premièrement, l’effet des aérosols sur le changement climatique fait consensus. Ces particules en suspension reflètent une partie du rayonnement solaire et ont donc un effet refroidissant. Certains aérosols ont cependant un effet néfaste sur la qualité de l’air et la santé humaine. Les aérosols naturels de grande taille sont émis en grande quantité lors d’épisodes de sécheresse. On s’attend donc à une augmentation de ce type d’aérosols. La transformation de notre industrie et de nos moyens de transports va vers une émission ralentie de particules d’origine humaine.

La transition énergétique impulsée pour répondre aux enjeux climatiques promeut des projets comme la centrale de revalorisation des déchets Econotre de Bessières. L’installation avec ses filtrations émet certes



beaucoup de CO<sub>2</sub> mais selon le rapport d'ATMO Occitanie [14] aucun impact de l'incinérateur n'est visible sur la qualité de l'air autour de l'incinérateur. Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est majoritairement émis par le trafic routier sur le territoire. L'adaptation de la mobilité et la transition vers des moteurs plus propres pourraient faire baisser les taux de NO<sub>2</sub> observés sur le territoire. Une autre étude d'ATMO Occitanie [15] montre que des seuils proches de la limite pour la protection de la santé (40µgm<sup>-3</sup>) sont observés à proximité d'Eurocentre à Villeneuve-lès-Bouloc ou sur le boulevard Lazare Carnot de Grenade.

Les concentrations de certains polluants et aérosols sont vouées à diminuer mais l'impact de l'ozone en périodes de fortes chaleurs et de sécheresses est inquiétant. On ne peut pas conclure largement sur l'évolution de la qualité de l'air sous le prisme du changement climatique, mais il est hautement probable que la place du risque Ozone devienne majoritaire. Des actions de décarbonation de l'industrie et des mobilités sont souhaitables pour limiter les pollutions aux PM<sub>5</sub>, PM<sub>10</sub>, au NO<sub>2</sub> et donc aux polluants secondaires comme l'Ozone. Le rapport d'ATMO Occitanie sur les impacts des confinements sur la qualité de l'air [16] nous montre l'efficacité que pourraient avoir les mobilités douces sur la présence de polluants atmosphériques.

### 3.4. Les épidémies

Le changement climatique semble favoriser la possibilité pour le moustique tigre de porter et transmettre la dengue, le chikungunya et zika. La Haute-Garonne fait partie des départements considérés comme propices à l'apparition de transmission de ces trois maladies [17].

Le lien entre l'épidémie de COVID-19 et le changement climatique n'est pas établi. Il est cependant certain que le changement climatique impose une pression sur la biodiversité qui favorise les interactions entre animaux sauvages, animaux domestiques et humains.

La hausse des températures est accrue aux hautes latitudes. Un réchauffement global de +2°C donnera jusqu'à +3 ou +4°C sur les pôles. Le pergélisol ou permafrost en anglais (plus utilisé), verra sa fonte accélérée sur des zones comme la Sibérie. Un événement de 2016 pose question sur la dangerosité sanitaire de ce dégel. Le dégel d'une carcasse de renne portant l'anthrax a lancé une épidémie. Cette carcasse a dégelé lors d'un épisode caniculaire de juillet. Selon une équipe de recherche russe [18], 2650 rennes ont été touchés par cette épidémie et près de 90% sont morts. Il y a eu 36 cas de passage à l'homme et un décès avéré. De nombreux virus et bactéries sont à l'état végétatif gelés dans le pergélisol, dont certains sont vieux de plusieurs dizaines de milliers d'années et dont on ne connaît pas bien la dangerosité pour notre espèce.

## 4. Des espaces naturels à repenser

### 4.1. Des espaces naturels en transition

#### 4.1.1. Un patrimoine forestier menacé

Pour ce qui touche à la forêt, le réseau AFORCE (réseau français pour l'Adaptation des Forêts au Changement Climatique) dresse un bilan des perspectives d'impact du changement climatique sur le paysage sylvicole. Les paragraphes suivants sont extraits de leurs articles.

L'augmentation des températures induit un allongement de la saison de végétation de plusieurs jours par décennie : débourrement plus précoce, senescence des feuilles plus tardive. La production des forêts tempérées s'en est trouvée augmentée. Cependant, cela augmente aussi les besoins en eau donc le stress hydrique sur les marges méridionales des espèces. À plus long terme, les hivers trop doux devraient perturber la levée de dormance des bourgeons et des graines. Par ailleurs, les compétitions entre espèces, de même que les cycles des champignons pathogènes et des insectes ravageurs, sont également modifiés, avec des conséquences en chaîne sur la composition et le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

On peut simuler les effets du changement climatique sur la répartition géographique future d'une essence en se basant sur des corrélations entre les points de présence de l'espèce et les paramètres climatiques. Il suffit de projeter ces facteurs limitants selon un modèle de climat futur pour modéliser la zone présumée climatiquement favorable à l'espèce étudiée. La Figure 20 présente selon le projet Carbofor [19] la migration des zones bioclimatiques selon les anciens scénarios du GIEC. Pour rappel, le A2 est plutôt pessimiste. Les cartes obtenues ne peuvent cependant être assimilées à des aires de répartition futures. En effet, indépendamment de l'incertitude irréductible sur l'évolution du climat, cette approche n'intègre pas les mécanismes qui conduiront au recul ou à la progression des espèces, ni d'autres paramètres tels que l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub>.

L'évolution des forêts françaises est suivie grâce à l'Inventaire Forestier National (intégré à IGN), aux signalements de problèmes sanitaires collectés par le département santé des forêts (DSF), au le réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR), aux dispositifs de recherche et à plusieurs observatoires régionaux des impacts du changement climatique sur les forêts.

Les observations réalisées depuis quelques décennies viennent globalement confirmer les modèles de fonctionnement ou de répartition évoqués plus haut, bien que ceux-ci ne soient pas toujours convergents. Les incertitudes restent importantes, tant pour l'évolution du climat que pour la réaction des espèces d'arbres. Cependant, les tendances sont claires.

D'un côté, l'augmentation des températures permet aux essences de s'installer plus au nord, vers l'intérieur du pays ou plus haut en altitude. Ainsi, le Chêne vert, qui est cantonné actuellement à la zone méditerranéenne et à une mince frange atlantique, à la faveur de climats suffisamment doux, s'étend en Aquitaine, et le réchauffement lui ouvre potentiellement de nouveaux espaces dans l'Ouest en général. Mais c'est sur la marge méridionale ou inférieure de leur aire de répartition que leur régression sera rapide à cause de l'accroissement du déficit hydrique. Déjà, les dépérissements et mortalités constatés rendent compte d'un fort impact des dernières anomalies climatiques.

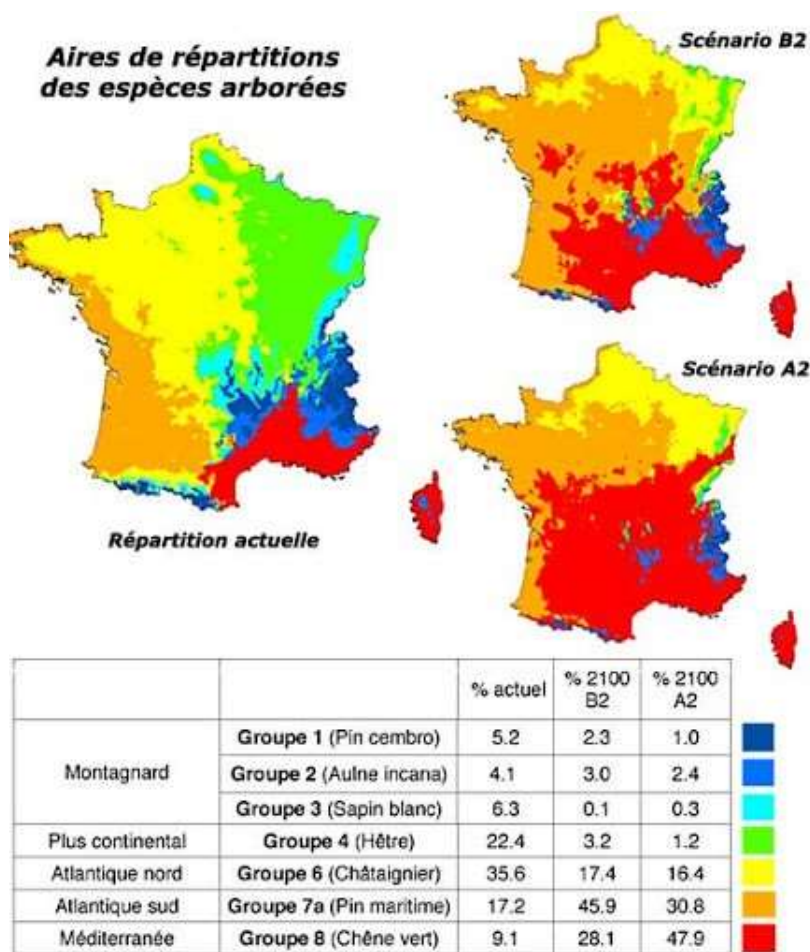


Figure 20 – Migration des zones bioclimatiques

Imaginons, pour les principales essences françaises, une évolution plausible selon un scénario médian à l’horizon 2050 :

- Considérés ensemble, les Chênes sessile et pédonculé, qui constituent la première essence de la forêt métropolitaine verraient un tiers de leur aire actuelle devenir inhospitalière.
- Le retrait du Hêtre, qui couvre 15 % de la surface forestière de production, pourrait concerner les deux tiers de son aire actuelle, avec un repli vers les massifs montagneux et le nord-est de la France.
- Le Sapin, essence montagnarde à affinité méditerranéenne, pourrait subir un recul l’ordre de 60 %, sur ses marges méridionales et à basse ou moyenne altitude.
- L’Épicéa, devrait se replier dans l’étage subalpin, sur seulement un dixième de la surface qu’il occupe actuellement, de dévastatrices attaques de scolytes venant amplifier les effets directs du changement climatique.
- Le Pin maritime, surtout présent en Aquitaine et en région méditerranéenne, voit son extension et sa productivité potentielle stimulées par le réchauffement dans la moitié nord de la France, tandis qu’elle

se maintiendrait dans le Sud à moyen terme. Son avenir est cependant menacé par la probable arrivée en France du nématode du pin.

Ces impacts sur la végétation de la forêt pourraient accélérer l'effondrement de la biodiversité déjà en place en Europe. De nombreux oiseaux nicheurs ont vu leur population baisser en France et en Allemagne, plus de 75% de la biomasse des insectes volants avait disparu en 27 ans dans les zones protégées.

#### 4.1.2. L'état écologique des cours d'eau

L'état des lieux de 2015 réalisé par l'agence de l'eau donne une classification de l'état écologique des cours d'eau, dont le résultat pour le périmètre du SCoT est visible en Figure 21. L'état écologique est « l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux eaux de surface. Il s'appuie sur des critères appelés « éléments de qualité » qui peuvent être de nature biologique - animale ou végétale, hydromorphologique ou physico-chimique. Le changement climatique va apporter des événements extrêmes de crues et sécheresses pour ces cours d'eau dont l'état écologique va être sous pression. Une gestion attentive de ces cours d'eau dont la pression extérieure va s'accroître est capitale pour à minima essayer de conserver les qualités hydromorphologiques et la biodiversité des cours d'eau du territoire.

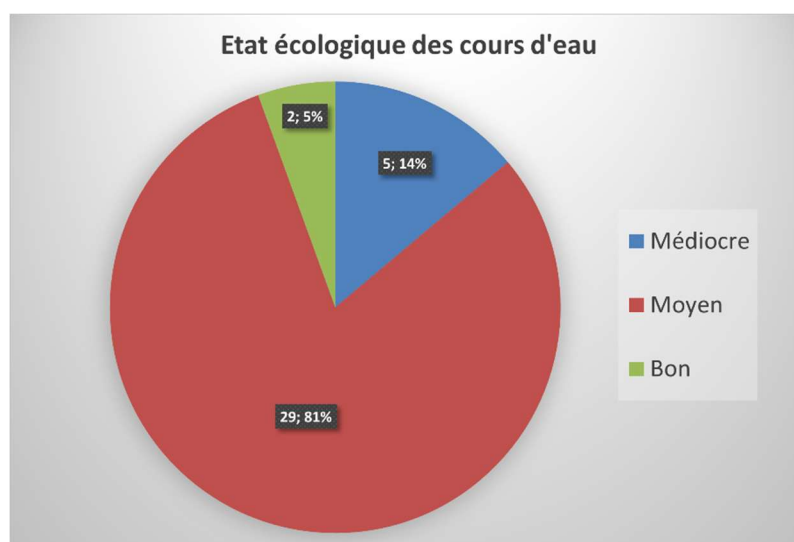


Figure 21 – Répartition de l'état écologique des cours d'eau sur le territoire du SCoT

Un autre volet de la qualité de l'eau est relié à sa température. Par exemple, le captage est interdit sur la Garonne au-dessus de 25°C pour des raisons sanitaires, avec le développement de microorganismes et de végétation invasive. Le conseil scientifique de l'Agence de l'eau Adour-Garonne donne une liste des conséquences du changement climatique sur la biodiversité en lien avec le réseau hydrographique [20] dont une partie est résumée ici :

- Diminution des quantités d'eau, qui donne une fragmentation voire une disparition des habitats
- Perturbation des régimes nutritionnels (substrats, nutriments, proies)
- Modification du métabolisme de base (respiration, activité, reproduction)

- Isolement spatial résultant en un affaiblissement du patrimoine génétique des espèces Le changement climatique ne donne pas seulement une augmentation des températures de l'eau, il est à prendre en compte avec les autres changements (eutrophisation, pesticides).

Des rétroactions Ecosystèmes/Climat peuvent participer au mécanisme d'emballage. Le phénomène de lien entre sécheresse et captation de carbone est un bon exemple. Lors de périodes de sécheresse hydrologiques, les végétaux ralentissent sensiblement leur transpiration et leur photosynthèse, ce qui limite grandement leur captation de carbone et donc augmente le CO<sub>2</sub> présent dans l'air qui augmente le risque futur de sécheresse. Il paraît important de préciser ici que les impacts sur la biodiversité ne sont pas toujours désastreux. Certaines espèces peuvent être favorisées.

## 4.2. Les risques d'incendies

Le mauvais état de santé des forêts, le nombre croissant d'arbres morts et d'arbres secs sont responsables de l'augmentation des risques d'incendies sur la France métropolitaine.

Le modèle DRIAS présenté dans la Section 1 intègre des données de risque incendie. La simulation du CNRM présente un indicateur de risque d'incendie : l'Indice Forêt Météo dont le procédé est décrit en annexes. C'est un indice qui tient compte seulement des données météorologiques, et non de l'état de la végétation sur la zone étudiée. Il est cependant un très bon indicateur de l'impact du changement climatique sur le risque d'incendie. Cet indice varie traditionnellement de 0 à 20 en France, 20 représentant le risque incendie maximal. Il prend en compte la liste de critères suivante :

- L'humidité de l'air en début d'après-midi (c'est le moment où elle est la plus basse)
- La température en milieu d'après-midi (c'est le moment où elle est la plus haute)
- Les précipitations sur 24h (de midi à midi)
- La vitesse maximale du vent moyen

Le modèle intègre aussi la notion de sécheresse de fond avec les données de pluie sur le moyen terme. Il donne des indices de risques d'incendie sur trois horizons de temps :

- Horizon proche : 2030-2050
- Horizon moyen : 2050-2070
- Horizon lointain : 2080-2100

Ces simulations datent de 2009 et ont le même maillage que le modèle climatique de la section 1, c'est à dire 17 points sur le territoire du SCoT ou proches de la limite. Ces simulations étant antérieures au 5ème rapport du GIEC, elles ne sont pas classées avec les RCP. Nous prendrons ici le scénario A2 qui correspond au scénario pessimiste.

	IFM moyen annuel*	IFM moyen été
Scénario de référence 1989-2008	9.3	15.1
Horizon proche 2030-2050	9.6	15.8
Horizon moyen 2050-2070	12.8	21.2
Horizon lointain 2080-2100	15.7	23.3

Table 1 – Résultats de simulation pour les Indices Forêt Météo  
(\* ) moyenne réalisée sur le printemps, l'été et l'automne

Les résultats sont synthétisés en Table 1. L'augmentation sur l'horizon proche est significative lorsqu'on parle de risques incendies mais elle est dramatique sur l'horizon lointain.

La zone du SCoT n'est pas en proie à des incendies fréquents et semble garder un Indice de Forêt Météo relativement faible sur la période de référence mais vient dépasser le seuil de 20 qui est considéré comme un risque majeur.

Sans rien décrire de la réalité de la végétation et des potentiels départs de feu, cette étude met en lumière le terrain propice aux incendies que le changement climatique va consolider. D'un point de vue purement météorologique, les sécheresses, les températures élevées, les vents et le faible taux d'humidité vont considérablement favoriser les potentiels incendies futurs.

Les vagues de sécheresse et la plus faible humidité moyenne des sols va transformer le paysage forestier. Certaines espèces sont vouées à mourir sur la zone du SCoT, comme la section suivante le détaillera. Une sécheresse de fond accrue et une migration vers des espèces méditerranéennes vont considérablement augmenter les risques d'incendies sur le territoire. Certaines zones n'étant pas concernées par le risque incendie vont le devenir. Des zones comme des prairies asséchées ou des zones habitées seront menacées. L'aménagement du territoire ne tient pour l'instant pas particulièrement compte de cet enjeu. C'est compréhensible au vu de l'historique du territoire vis à vis des feux. L'anticipation de l'aménagement sur cette gestion des incendies a des chances de maintenir le nombre d'incendies au plus bas.

Le rapport interministériel sur le changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts [21] est complet et permet d'embrasser les problématiques d'aménagement du territoire en fonction du risque incendie. Il dépeint une situation d'abandon de certaines terres agricoles qui augmente la surface des zones potentielles de feux de forêt. Le rapport explique aussi que l'étalement urbain et la volonté d'implanter les habitations au plus proches des zones boisées augmente les impacts des potentiels incendies.

### 4.3. Des espaces humides cruciaux

Les zones humides sont les écosystèmes les plus productifs de matières organiques et de biodiversité, comme la Figure 22 tirée des travaux d'Acclimaterra [22] le montre.

Il paraît important ici de préciser les fonctions diverses que jouent ces zones humides. Véritables infrastructures naturelles, elles jouent un rôle majeur pour la ressource en eau. Les zones humides retiennent et ralentissent l'écoulement de l'eau. En période de fortes pluies, elles ralentissent les écoulements, atténuant ainsi les effets de crues en aval. L'eau ralentie peut alors s'infiltrer et rejoindre les nappes souterraines. En période de sécheresse, elles gardent l'eau permettant à la végétation de se maintenir, et de garder des zones de pâturage pour les bêtes. Elles relâchent également cette eau vers les ruisseaux qui gardent un niveau d'étiage suffisant pour que la faune piscicole puisse s'y maintenir. Ce rôle de "barrage naturel" protège les populations de ce territoire, préserve leur ressource en eau et sa disponibilité, et leur évite de coûteuses dépenses en infrastructures artificielles. Elles offrent des conditions de vie très particulières, du fait de la présence d'eau permanente ou temporaire, et seules quelques espèces parviennent à vivre dans ces milieux, au point d'en être devenues totalement dépendantes. On dit qu'elles sont inféodées à ces milieux, ce qui signifie, que si la zone humide disparaît, toutes les espèces de faune et de flore qui y vivent disparaissent avec elle, car elles ne peuvent trouver ailleurs refuge offrant les mêmes conditions. C'est pourquoi on trouve dans les zones humides des espèces rares.

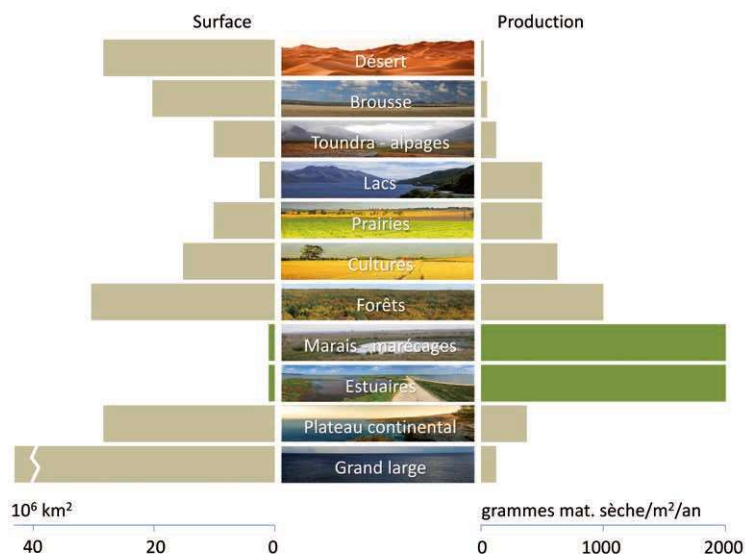


Figure 22 – Production de matière organique par milieu

Elles jouent un grand rôle de captation de carbone puisqu'elles peuvent stocker jusqu'à 30 fois plus de carbone qu'une forêt dans le cas des tourbières par exemple. Elles influencent aussi le climat local. La présence de zones humides nombreuses sur un territoire maintient une ambiance humide et douce qui tempère les excès du climat. Et face au changement climatique actuel, il devient stratégique de préserver ces milieux qui protègent des excès du climat. Elles garantissent aux éleveurs une production de fourrage en fin d'été, lorsque les autres parcelles sont sèches, ce qui leur évite de puiser sur leurs réserves de fourrage de l'hiver. Zones d'alimentation de la faune en période sèche, elles contribuent à maintenir une grande variété d'espèces. Selon l'inventaire départemental de la Haute-Garonne : Le SCoT Nord Toulousain comporte 137 entités inventoriées comme zones humides. Pour une surface de 518 ha. Ce qui correspond à 0,58 % du territoire. L'enjeu général est donc de préserver les zones humides car il y a une tendance soit à l'assèchement, soit à la détérioration (par la pollution des eaux, liées aux pratiques agricoles conventionnelles notamment). [22]

#### 4.4. Les actions d'aménagement

Le CEREMA et la ville de Metz ont développé SESAME. L'objectif est de mettre au point un outil d'aide à la conception territorialisée des espaces boisés en milieu urbain.

*"Quels arbres planter aujourd'hui pour les villes de demain ? Comment assurer leur préservation ?"*

La démarche vise à recenser les services écosystémiques rendus par les arbres en fonction de leur essence, en tenant compte des inconvénients engendrés (allergies par exemple). L'idée n'est pas de pousser à une vision unique d'une essence d'arbre parfaitement adaptée à un climat mais de cibler les faiblesses de certaines essences et de donner un panel d'arbres à planter et expérimenter avec une étude localisée. La démarche de la métropole de Metz peut être un exemple et le CEREMA a lancé des études SESAME sur d'autres territoires [23]. A l'échelle du SCoT ou de la Haute-Garonne, un tel outil serait précieux pour la documentation et la formation des acteurs locaux de l'aménagement du territoire et des espaces verts urbains. Un exemple de fiche technique est présent en annexe [24]. On y retrouve des indicateurs écologiques adaptés aux futures

conditions climatiques locales, des indicateurs de stockage de carbone, d'influence sur le climat local, sur les allergies etc...

L'outil nos villes vertes de Kermap [25] permet de déterminer les espaces boisés dans le cœur des villes mais aussi sur toute la commune. Il peut être utile pour réaliser un diagnostic rapide de la surface boisée par habitant sur une commune par exemple.

L'outil ARBOCLIMAT de l'ADEME permet aussi de se documenter dans le cadre de l'aménagement du territoire pour évaluer les impacts sur le climat local, sur la captation de carbone et les îlots de chaleur urbains.

Le processus de réflexion autour de l'arbre comme atténuation et adaptation au changement climatique est complexe. Il ne s'agit pas de définir un arbre idéal et c'est une démarche qui est continue, les essences qui semblent adaptées au climat de 2050 ne le seront sûrement pas en 2080. Les démarches et initiatives telles que les micro-forêts urbaines ne sont pas miraculeuses mais elles comportent idées novatrices qui vont dans le bon sens. Il est aussi intéressant d'engager les citoyens dans des gestions et plantations participatives pour remettre la biodiversité et les arbres au centre des intérêts.



## 5. Une agriculture perturbée

### 5.1. Les conséquences du changement climatique sur l'agriculture

Ce rapport se contentera de donner des perspectives assez générales sur l'agriculture et le changement climatique dans le futur. En effet, l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE), porté par l'ADEME et la chambre d'agriculture d'Occitanie travaille sur un état des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Occitanie. Ce document, finalisé en 2021 présentera un état des lieux plus précis du changement climatique actuel avec une documentation étoffée et des données de terrain. [26] De plus, le projet CLIMAGRI porté par la chambre d'agriculture d'Occitanie livre lui des perspectives sur les conséquences de l'évolution du secteur agricole en fonction des scénarios choisis pour limiter l'impact sur l'environnement. Une note de synthèse est disponible [27] et elle présente très clairement les enjeux du secteur. Pour ne pas fausser les propos par une simplification excessive, le lecteur sera incité à se tourner vers cette note.

Pour rappeler rapidement les conséquences du changement climatique, il est attendu que la date de début de semis avance, que les durées de floraison s'allongent, que les besoins en irrigation augmentent et que les rendements soient affectés de manière négatives (pas pour toutes les espèces). Les paragraphes suivant se focaliseront sur les conséquences indirectes du changement climatique sur l'agriculture.

#### 5.1.1. Les maladies

Une des conséquences insidieuses du changement climatique sur l'agriculture est la prolifération de maladies détruisant les cultures. Une étude d'AgroParisTech [28] se penche sur les questions de la rouille du blé dur et du mildiou de la vigne, deux cultures bien présentes sur le territoire. Pour le blé, la sévérité de la maladie augmente au cours du siècle sur leurs trois sites d'étude, qui sont Bordeaux, Avignon et Dijon, dans un scénario intermédiaire du GIEC. Ceci est dû en majorité à l'allongement de la période d'activité du champignon avec l'augmentation des températures. Les résultats quant au mildiou sont différents. Il semble qu'un assèchement tend à défavoriser le mildiou mais des périodes très humides comme le début d'été 2021 qui peuvent être favorisées par le changement climatique sont propices à la prolifération du mildiou ou de l'oïdium.

#### 5.1.2. La sécheresse

Le sujet des sécheresses étant traité dans la Section 1, ce paragraphe listera simplement les conséquences des sécheresses sur l'agriculture.

- Elles fragilisent la couche superficielle végétale et renforce donc l'exposition des sols à l'érosion. Les Hauts-Tolosans sont les plus exposés à ce genre de risque. La Figure 23 de l'INRA montre que cet aléa est très fort sur cette zone. Des communes comme Brignemont sont souvent exposées à des coulées de boue qui détruisent une partie des cultures et imposent de l'entretien sur les routes qui sont atteintes.
- La végétation est plus sensible à la sécheresse qu'à des variations de température ou d'humidité. Lors de leur période de croissance printanière, les cultures sont plus sensibles aux sécheresses. Une baisse de rendement agricole est toujours observée sur des cultures non irriguées exposées aux sécheresses de printemps.

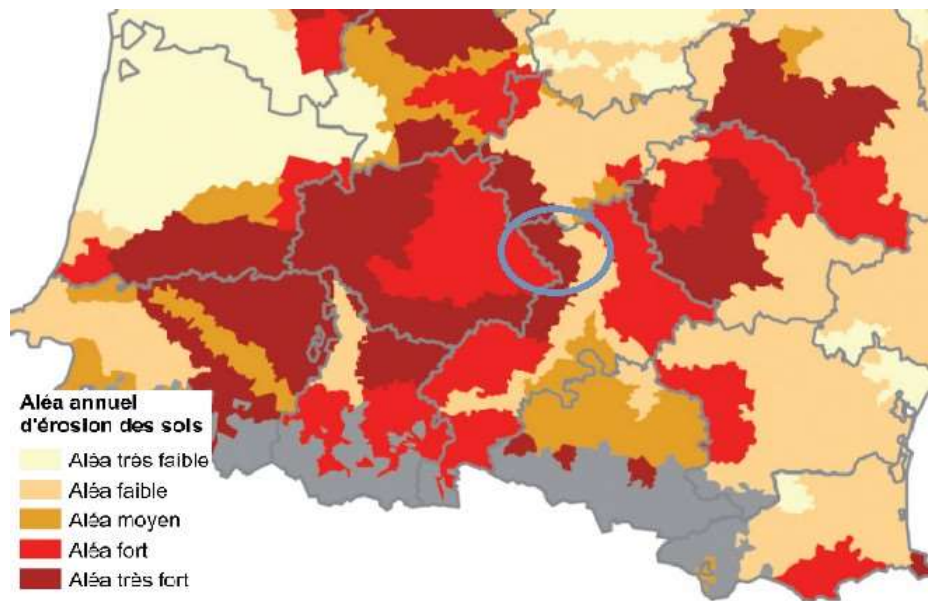


Figure 23 – Aléa d'érosion

- Les fourrages voient leur rendement baisser considérablement, ce qui donne des années compliquées pour l'alimentation du bétail. En 2018, le Grand-Est, la Bourgogne Franche Comté, le Massif central et les Alpes ont dû faire face à un manque de fourrage très prononcé. Face au manque de fourrage et de paille pour nourrir les bêtes, l'ensemble des éleveurs européens ont dû procéder à des abattages anticipés de vaches.

### 5.1.3. Les gelées noires

Comme présenté en Section 1, le nombre de jours de gel annuel baisse sur le XXIème siècle sur le scénario RCP 8.5. La conséquence première est une diminution de l'exposition des cultures aux gels automnaux et hivernaux. Les durées favorables aux phases de croissances phénologiques vont augmenter. Cet impact est plutôt positif. Le nombre de gelées sur le printemps tend aussi à diminuer. Cependant, les plus rares gelées pourraient entraîner des conséquences de plus en plus dévastatrices. Les températures douces de la fin de l'hiver favorisent l'apparition précoce des bourgeons, qui sont donc beaucoup plus exposés aux risques de gelées noires. Les épisodes de gelées noires d'Avril 2021 sont un exemple édifiant de ce phénomène qui risque de revenir de plus en plus. De 60 à 80% du vignoble frontonnais a été touché sur avril 2021. Les vergers ont aussi été touchés sur le territoire, tout comme à Saint-Rustice dans le Tarn-et-Garonne où les dégâts sont considérables sur toute la production.

## 5.2. La production actuelle et la résilience alimentaire

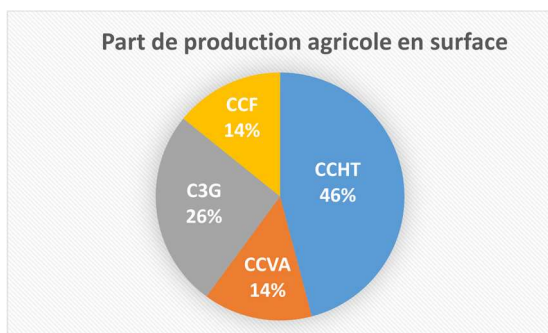


Figure 24 – Répartition des surfaces agricoles sur le territoire

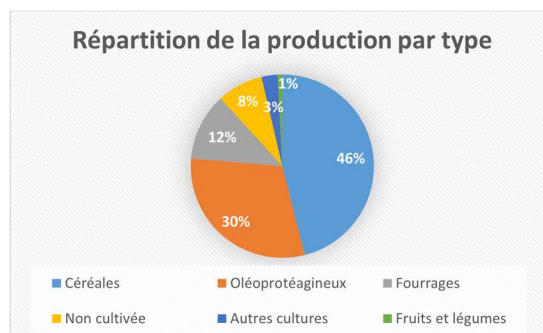


Figure 25 – Répartition de la production agricole par type

Les paragraphes précédents dépeignent un changement climatique à fort impact sur l’agriculture. Il n’est cependant pas le seul à faire pression sur ce secteur. L’appauvrissement des sols, la nécessité de basculer vers des agricultures plus responsables et moins consommatrices en intrants et pesticides auront aussi leurs impacts sur les rendements agricoles. Une terre en agriculture raisonnée ou biologique produit par essence moins à l’hectare que l’agriculture intensive. Les rendements atteints sur le territoire depuis quelques dizaines d’années sont susceptibles d’incarner un maximum de production. A cela s’ajoute la disponibilité des terres agricoles.

Selon les données Corine LandCover de 2018, le territoire est composé à 81.4% de terres agricoles. Cette proportion est en nette baisse depuis 1990 où elle culminait à 86.4%. Un rendement défavorisé en moyenne et des terres arables disponibles en baisse questionnent la résilience alimentaire du territoire pour le futur puisqu’à priori le reste de la France sera exposé aux mêmes problématiques.

La sacralisation des terres agricoles est un chemin essentiel pour préserver une production locale et permettre aux agriculteurs de faire leur transition sans pression extrême sur les rendements.

Un rapide état des lieux est fait en Figure 26. Ces données viennent du calculateur de résilience alimentaire des territoires CRATER. La production est mise en regard des besoins alimentaires de la population. Un manque de production de fourrages et de fruits et légumes est constaté. Les catastrophes climatiques et épidémiques vouées à augmenter touchant en priorité la catégorie fruits et légumes, il semble judicieux de multiplier les lieux de production pour limiter les risques. Le soutien à l’implantation du maraîchage sur le Nord-Toulousain pourrait permettre de retrouver une résilience alimentaire.

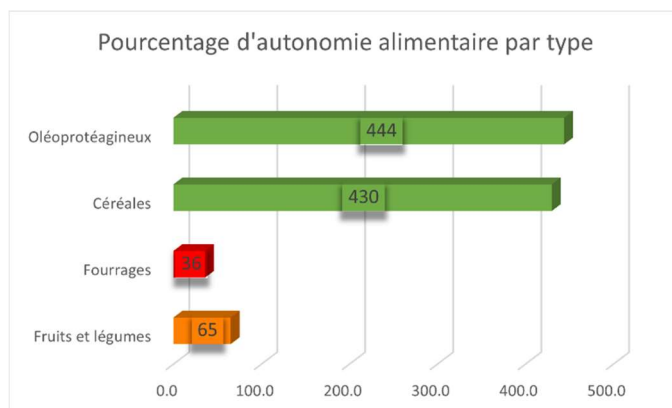


Figure 26 – Pourcentages d’autonomie alimentaire par type

### 5.3. Le rôle de l’agriculture dans la mitigation du changement climatique

Le territoire est en grande majorité agricole avec une couverture à plus de 80% de la surface. Cette proportion majoritaire justifie l’intérêt majeur de la question de ces surfaces dans l’atténuation du changement climatique. Une parcelle cultivée présente de la végétation à croissance rapide et incarne en première lecture un atout majeur de la séquestration de carbone. Il arrive cependant que la captation de carbone sur les parcelles soit plus compliquée. En fonction du décompte de la production et des pratiques agricoles, il arrive parfois qu’une parcelle soit émettrice de CO2 sur une mauvaise année. Ce champ de recherche est récent et les travaux du CESBIO par exemple sont prometteurs pour la meilleure compréhension des flux de carbone sur les terres cultivées. Le potentiel de captation de carbone par l’agriculture est énorme et la question mérite d’être creusée.

Les 80% de couverture du territoire par l’agriculture dimensionnent largement la "couleur" du territoire. En effet, la part de l’énergie solaire réfléchiée mais surtout celle absorbée par le sol dépend de cette "couleur". C’est ce qu’on appelle l’albedo. Allant de 0 à 1, cet indicateur donne la part d’énergie solaire réfléchiée. L’albedo moyen de la Terre est autour de 0,3. Les pratiques agricoles comme les couverts intermédiaires permettent d’augmenter cet albedo (passer de terres de couleur marron foncé à une couverture verte) et donc de changer la part d’énergie solaire absorbée par les sols. Ce n’est pas en lien avec les gaz à effet de serre mais cela permet de contrer leurs effets.

Selon l’agence européenne pour l’environnement, le changement climatique risque de générer une boucle de rétroaction positive et donc un mécanisme d’emballement. Les organismes qui décomposent la matière organique sont favorisés par une concentration en CO2 plus importante et risquent donc d’émettre plus de CO2 par une simple augmentation de leur activité.

## 6. Les conséquences pour l'énergie

La question de l'énergie semble sortir du cadre de cette étude, car les impacts du changements climatiques sont assez faibles sur les installations énergétiques du territoire. Le levier que l'énergie représente dans l'atténuation du changement climatique est pourtant si fort que ce document dressera tout de même un petit bilan des installations énergétique et des évolutions de consommation dues au changement climatique.

### 6.1. La production et la consommation actuelles

Les données des paragraphes suivants sont issues d'OREO, l'Observatoire Régional de l'Énergie d'Occitanie. C'est un outil de l'AREC, dont les données sont présentes sur Pictostat [29]. La consommation d'énergie est stable entre 2013 et 2019 selon Pictostat autour de 16.5MWh/hab. Pour information, les SCoT de Gascogne, de Vaurais et de Gaillac sont au-dessus de 20MWh/hab.

En Figure 27, la consommation d'énergie finale de 2017 nous informe sur les grandes dynamiques de consommation du territoire. Le transport routier et le résidentiel représentent une large majorité de la consommation énergétique. C'est la norme pour un territoire péri-urbain et rural sans grande implantation industrielle.

Pour répondre à cette consommation, le territoire produit de l'énergie, à 100% renouvelable. Le détail de cette production est visible en Figure 28. La centrale de revalorisation de déchets de Bessières, les centrales hydroélectriques de Bessières, Montaignut-sur-Save, Saint-Rustice et Villemur-sur-Tarn et les centrales solaires de Bouloc et Lapeyrouse-Fossat par exemple sont les installations majeures du territoire du SCoT. Cette énergie ne répond en 2017 qu'à 15.4% des besoins du territoire. L'importation d'énergie est donc majoritaire. L'autonomie énergétique du territoire reste très faible. La démarche REPOS (Région à énergie positive) de l'Occitanie vise à monter ce pourcentage à 100. Le chemin est encore long et le niveau de retard du territoire doit être pris en compte dans la gestion des nouveaux projets d'énergies renouvelables. La Figure 29 nous montre la dynamique sur 2013-2018 qui est à la hausse, mais sans augmentation drastique.

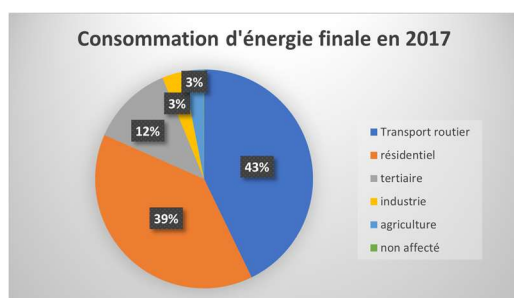


Figure 27 – Consommation 2017

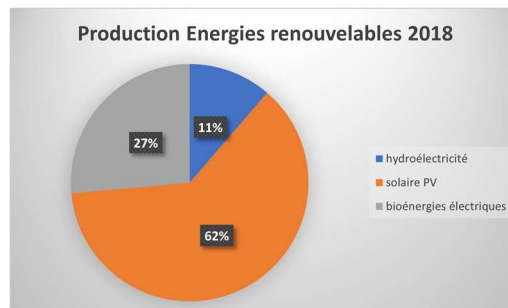


Figure 28 – Production 2018

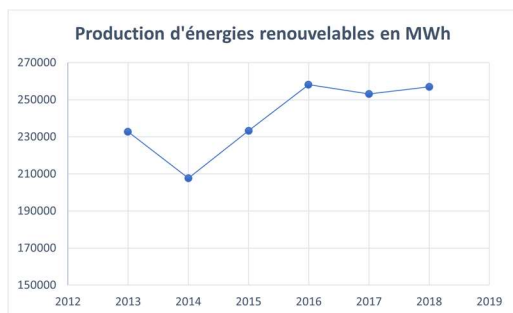


Figure 29 – Production d'énergies renouvelables

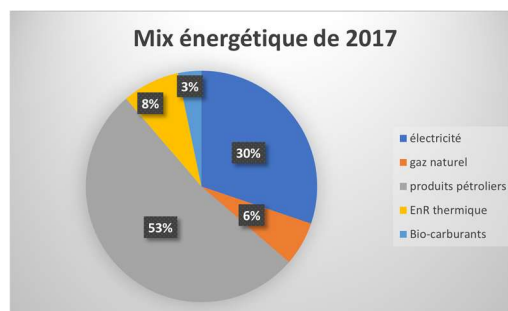


Figure 30 – Mix énergétique de 2017

La Figure 30 nous montre la dépendance du territoire en énergies fossiles. Sans compter les productions d'électricité carbonées, 59% de l'énergie utilisée sur le territoire provient de ressources fossiles. La consommation d'énergie finale due au résidentiel est en grande partie attribuée aux besoins de chauffage. Les différents moyens de chauffage sont référencés en Figure 31. L'empreinte des énergies fossiles reste ici modérée (moins de 30%) mais ce secteur est très énergivore.

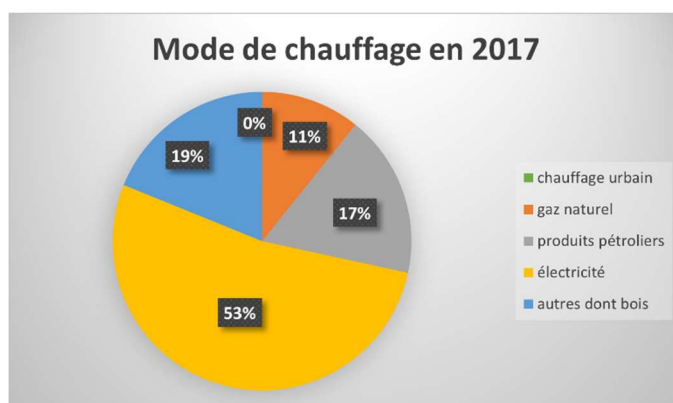


Figure 31 – Mode de chauffage des foyers

## 6.2. Les évolutions dues au changement climatique

Les évolutions climatiques du territoire vues en Section 1 auront des impacts directs et indirects sur la production et la consommation d'énergie. La partie gestion des risques liés à l'eau et aux sécheresses a été traitée en Sections 1 et 2. Les conclusions sur l'érosion, les inondations et les mouvements argileux sont applicables aux outils de production énergétique (barrages, centrales nucléaires, éoliennes etc).

70% des logements du territoire du SCoT sont classés par l'ADEME comme énergivores (étiquettes énergétiques D,E,F ou G). La consommation pour les besoins de confort thermique des habitants sera impactée par le changement climatique. L'outil ClimatHD de Météo France offre des prévisions de besoins en climatisation et en chauffage pondérées par le climat.

Le Scénario RCP 8.5 nous montre en Figures 32 et 33 que le nombre de degré jour (unité modélisant le nombre de jours nécessitant une utilisation du chauffage/ de la climatisation multiplié par la température à modifier). On remarque qu'on passe d'une situation de besoin de chauffage de 2000 à 1000 degrés-jour et de 300 à 1000

degrés-jour pour la climatisation. Deux leçons sont à tirer : le réchauffement climatique pourrait ne pas faire baisser les besoins énergétiques pour le confort thermique et les consommations énergétiques pour la climatisation pourraient devenir de l'ordre de celles du chauffage.

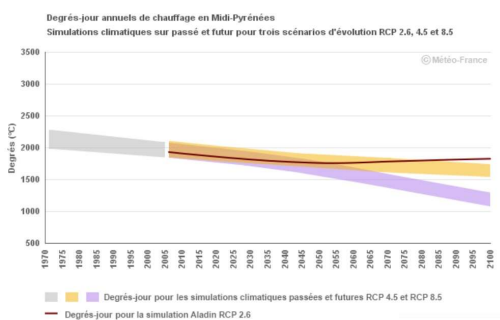


Figure 32 – Evolution du besoin climatique en chauffage

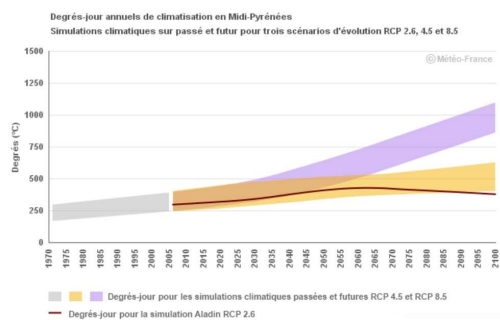


Figure 33 – Evolution du besoin climatique en climatisation

Une des conséquences indirectes du changement climatique est la décarbonation de notre société qui est inéluctable dans l'atténuation de ce changement climatique. La volonté politique semblant se dégager met l'hydrogène au premier plan, pour l'aviation, les trains et même les voitures individuelles. Avec l'augmentation de la part des véhicules électriques, ces deux technologies pourraient devenir dominantes dans la balance de la consommation électrique. L'hydrogène est en effet produit à l'aide d'énergie électrique. La programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit la fermeture de centrales nucléaires pour une planification ambitieuse d'énergies renouvelables pour que l'hydrogène soit "vert". Une vision systémique est nécessaire sur ces questions car la promotion de l'hydrogène comme une solution en conservant un avis défavorable sur le nucléaire et des refus d'implantation de centrales solaires ou éoliennes ne mène qu'à une contradiction.

## 7. Des impacts sociétaux à ne pas négliger

### 7.1. Les inégalités sociales accentuées

Les inégalités sociales sont accentuées par le changement climatique. En effet, le rapport sur les conséquences du changement climatique sur la santé humaine et animale de l'Académie nationale de médecine va dans ce sens [30]. L'accès aux technologies de confort comme la climatisation, aux soins et à des espaces végétalisés sont des moyens d'adaptation au changement climatique qui dépendent des moyens financiers. De plus, les travailleurs des domaines industriels, du génie civil et de l'agriculture sont exposés aux canicules violentes. L'égalité devant l'adaptation au changement climatique est un sujet d'importance capitale car une fracture sociale pourrait en découler. Les personnes âgées, en situation de handicap, de surpoids sont aussi les plus sensibles aux vagues de chaleur à venir. Les parties du territoire du SCoT caractérisées comme rurales sont souvent associées à un parc de logements classés comme énergivores (voir Section 6) et mal isolés et à un éloignement significatif des lieux de soin.

### 7.2. Des mouvements de population inévitables

Le changement climatique va transformer les paysages et modifier les conditions de vie sur l'ensemble du globe. Des territoires vont devenir très peu accueillant pour la vie humaine, et plus rarement les conditions climatiques de certains lieux vont s'améliorer. Les deux moteurs principaux de ces migrations sont la hausse du niveau de la mer et l'apparition de conditions de températures et d'humidité mortelles. Ces deux phénomènes concernent des centaines de millions de personnes en Asie du Sud-Est majoritairement, mais aussi en Afrique et en Amérique du Sud. Ces changements vont induire des mouvements de populations, qu'ils soient nationaux ou internationaux. L'ouverture d'un statut de réfugié climatique est dans les débats politiques. Les prévisions de l'INSEE sur la démographie pour le territoire pourraient être chamboulées par le climat. Les territoires les plus chanceux vont inévitablement attirer ceux des zones les plus atteintes. En dépit de la longue liste des conséquences parfois dramatiques que ce rapport dresse, le Nord-Toulousain reste à l'échelle mondiale un territoire largement épargné par le changement climatique.

### 7.3. L'altération accélérée du bâti

Selon un rapport du BRGM [31], les sécheresses estivales, responsables en climat tempéré de la majorité des sinistres liés au retrait-gonflement, risquent de devenir plus fréquentes ce qui devrait conduire à une augmentation du nombre des années présentant une sinistralité importante. Il souligne aussi que l'effet cumulatif lié à la succession rapide d'épisodes de sécheresses pourrait amplifier les effets de retrait-gonflement argileux.



La récurrence de sécheresses analogues à 2003 sont poussées à deux ou trois ans sur les scénarios pessimistes sur la fin du siècle. La Figure 34 montre que le Nord-Toulousain fut en 2003 un des territoires les plus touchés par les dégâts liés à la sécheresse. Le rapport du BRGM attend un doublement des conséquences économiques du retrait-gonflement d'ici 2050 et une multiplication par 3 à 6 d'ici la fin du siècle à l'échelle de la France. Le Nord-Toulousain, particulièrement exposé, devrait se situer dans la fourchette haute.

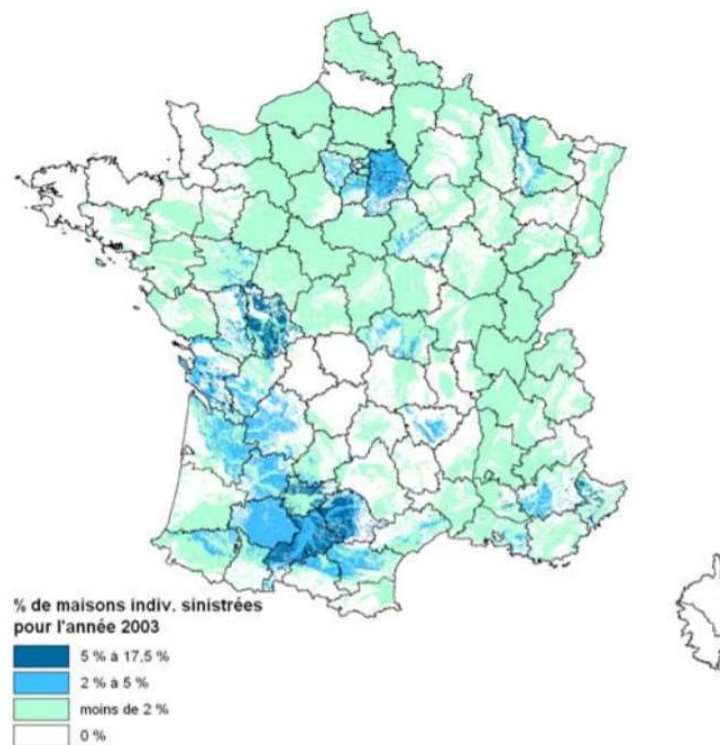


Figure 34 – Part des maisons sinistrées en 2003

#### 7.4. Les espèces invasives

Le changement climatique fait bouger les zones bioclimatiques et donne la possibilité à certaines espèces de s'adapter dans de nouvelles zones, où les espèces locales sont en général fragilisées par ce même changement climatique. L'introduction volontaire ou involontaire par l'homme de certaines espèces accélère les proliférations favorisées par le changement climatique. Par exemple, le frelon asiatique est apparu en France en 2004 à cause du commerce international. Le changement climatique va favoriser sa reproduction et sa survie en hiver [32]. On peut s'attendre à des conséquences de santé de plus en plus importantes, mais aussi des dégâts grandissants sur les abeilles, car le frelon asiatique en est un prédateur. Les apiculteurs sont touchés et la pollinisation naturelle des espaces naturels en danger.

La zone d'acclimatation de la chenille processionnaire du pin progresse, même si elle est présente sur le territoire depuis longtemps [33]. Les hivers plus doux favorisent l'activité et la vivacité des larves. L'enjeu de santé publique est important et les risques sur les animaux de compagnie vont augmenter dans les années à venir. Le ragondin a été introduit par l'homme et ne semble pas favorisé par le changement climatique mais la mangouste indienne pourrait arriver rapidement et massivement sur le territoire car son acclimatation est désormais possible, avec des conséquences similaires au ragondin sur la biodiversité locale [34].

La biodiversité déjà sous pression sur le territoire va devoir faire face au renforcement des espèces invasives présentes et à l'arrivée de nouvelles. La gestion par les autorités compétentes de ces espèces sera une clé de la préservation de la biodiversité locale.

## 8. Références

- [1] R.K. Pachauri et L.A. Meyer GIEC, "Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. contribution des groupes de travail i, ii et iii au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat" 2014.
- [2] Hugues Lantuit Boris K. Biskaborn, Sharon L. Smith, "Permafrost is warming at a global scale" 2019.
- [3] Samuel Somot Anika Obermann-Hellhund, Dario Conte, "Mistral and tramontane wind systems in climate simulations from 1950 to 2100" 2017.
- [4] Météo France, "<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-duchangement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changementclimatique-et-tempetes>".
- [5] GIEC, "Climate change 2021 : The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change" 2021.
- [6] Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, "Le changement climatique dans les pyrénées : impacts, vulnérabilités et adaptation" 2018.
- [7] SDAGE, "Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin adourgaronne : Etat des lieux" 2019.
- [8] Agence Adour-Garonne, "Etude prospective sur les besoins et les ressources en eau à l'échelle du bassin adour-garonne" 2014.
- [9] Ministère de la transition écologique, "Plan national d'adaptation au changement climatique" 2018.
- [10] Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, "Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique" 2018.
- [11] Santé publique France, "Evolutions de l'exposition aux vagues de chaleur et de la mortalité associée en france métropolitaine entre 1970 et 2013" 2019.
- [12] M. Thibaudon J.-P. Besancenot, C. Sindt, "Pollen et changement climatique. bouleau et graminées en france métropolitaine" 2019.
- [13] Jonathan A Bernstein John R Cohn Jeffrey G Demain Elliot Horner Estelle Levetin Andre Nei Wanda Phipatanakul Charles Barne, Neil E Alexis, "Climate change and our environment : the effect on respiratory and allergic diseases" 2013.
- [14] ATMO Occitanie, "Suivi de la qualité de l'air autour de l'incinérateur de Bessières" 2019.
- [15] ATMO Occitanie, "Évaluation de la qualité de l'air sur le territoire du scot nord toulousain" 2019.
- [16] ATMO Occitanie, "Crise sanitaire et qualité de l'air en occitanie en 2020 : premières estimations" 2021.
- [17] Elise Mourot, "Biodiversité et moustiques face au changement climatique et à la mondialisation : Impacts sur la santé en france métropolitaine" 2020.
- [18] Yuri O. Selyaninov Elena A. Liskova, Irina Y. Egorova, "Reindeer anthrax in the russian arctic, 2016 : Climatic determinants of the outbreak and vaccination effectiveness" 2021.
- [19] Denis Loustau, "Carbofor, séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en france. quantification, spatialisaton, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles" 2004.

- [20] Conseil scientifique de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, "Les effets du changement climatique sur la biodiversité des milieux aquatiques et humides" 2020.
- [21] Michel LE QUENTREC Jean-Jacques LAFITTE Denis LAURENS Bertrand CREUCHET Christian CHATRY, Jean-Yves LE GALLOU, "Rapport de la mission interministérielle changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts" 2010.
- [22] Comité scientifique régional AcclimaTerra, "Anticiper les changements climatiques en nouvelle-aquitaine, pour agir dans les territoires" 2018.
- [23] Metz métropole CEREMA, Ville de Metz, "Sesame : Services écosystémiques rendus par les arbres, modulés selon l'essence" 2019.
- [24] Ville de Metz CEREMA, "Fiches espèces de l'outil sesame" 2019.
- [25] Kermap, "<https://www.nosvillesvertes.fr/data/>".
- [26] Observatoire régional sur l'agriculture et le changement climatique, "Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région occitanie" 2021.
- [27] Chambre d'agriculture d'Occitanie, "Etude climagri occitanie" 2019.
- [28] Julie Caubel, "Modélisation dynamique et générique de pathosystèmes fongiques aériens application à l'étude des impacts du changement climatique sur la rouille brune du blé et le mildiou de la vigne" 2012.
- [29] Région Occitanie, "<https://www.picto-occitanie.fr>".
- [30] Académie nationale de médecine B.Swynhdedauw, J-L Wéméau, "Conséquences du changement climatique sur la santé humaine et animale" 2021.
- [31] BRGM, "Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France pour le risque de sécheresse géotechnique (retrait-gonflement des sols argileux)" 2009.
- [32] Barbet-Massin, "Climate change increases the risk of invasion by the yellow-legged hornet" 2013.
- [33] Rousselet J Roques A, "Climate warming and past and present distribution of the processionary moths (Thaumetopoea spp.) in Europe, Asia Minor and North Africa" 2015.
- [34] Leroy B Louppe V, "The globally invasive small Indian mongoose *Urva auropunctata* is likely to spread with climate change" 2020.

### 9. Annexes

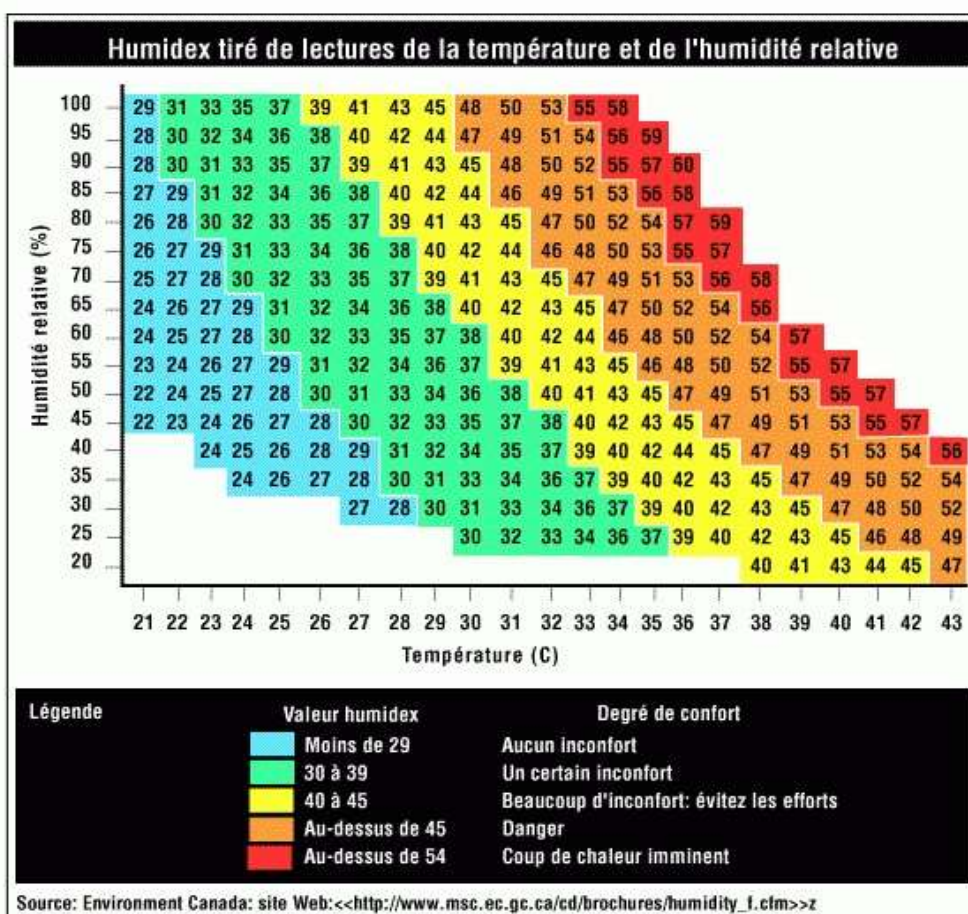


Figure 35 – Tableau Humidex et risques pour la santé

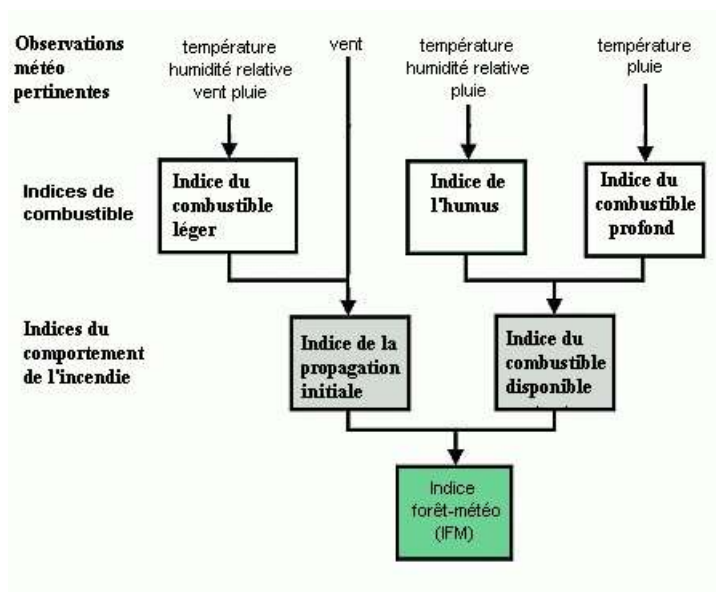


Figure 36 – Indice Forêt Météo

## NOISETIER, *CORYLUS AVELLANA*

FAMILLE : Betulaceae  
 TAILLE : 8 m  
 DESCRIPTION GÉNÉRALE :

Arbuste buissonnant. Fleurs mâles (chatons) en fin d'hiver.  
 Feuilles arrondies caduques, doublement dentées, pubescentes.  
 Autochtone.

FLORAISON :



Source : CEREMA

### ÉCOLOGIE :

Besoin en lumière : - Supporte un air sec : +  
 Supporte la chaleur : + Supporte un sol pauvre : ++  
 Continental : +

### FACTEURS LIMITANTS

Liés au contexte urbain :

Supporte un sol compact :   
 Supporte un sol sec :

### ADAPTATION AU CLIMAT MESSIN, DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE :

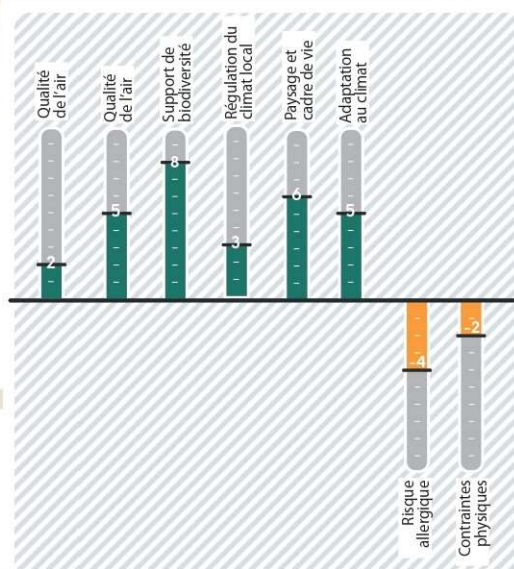
Espèce rustique et adaptée au climat lorrain, présentant une certaine résistance à la pollution.

### ATOUTS

Arbuste autochtone, très intéressant pour la faune terrestre et les oiseaux (noisettes), comme abri, mais aussi pour les insectes notamment pour le pollen précoce.

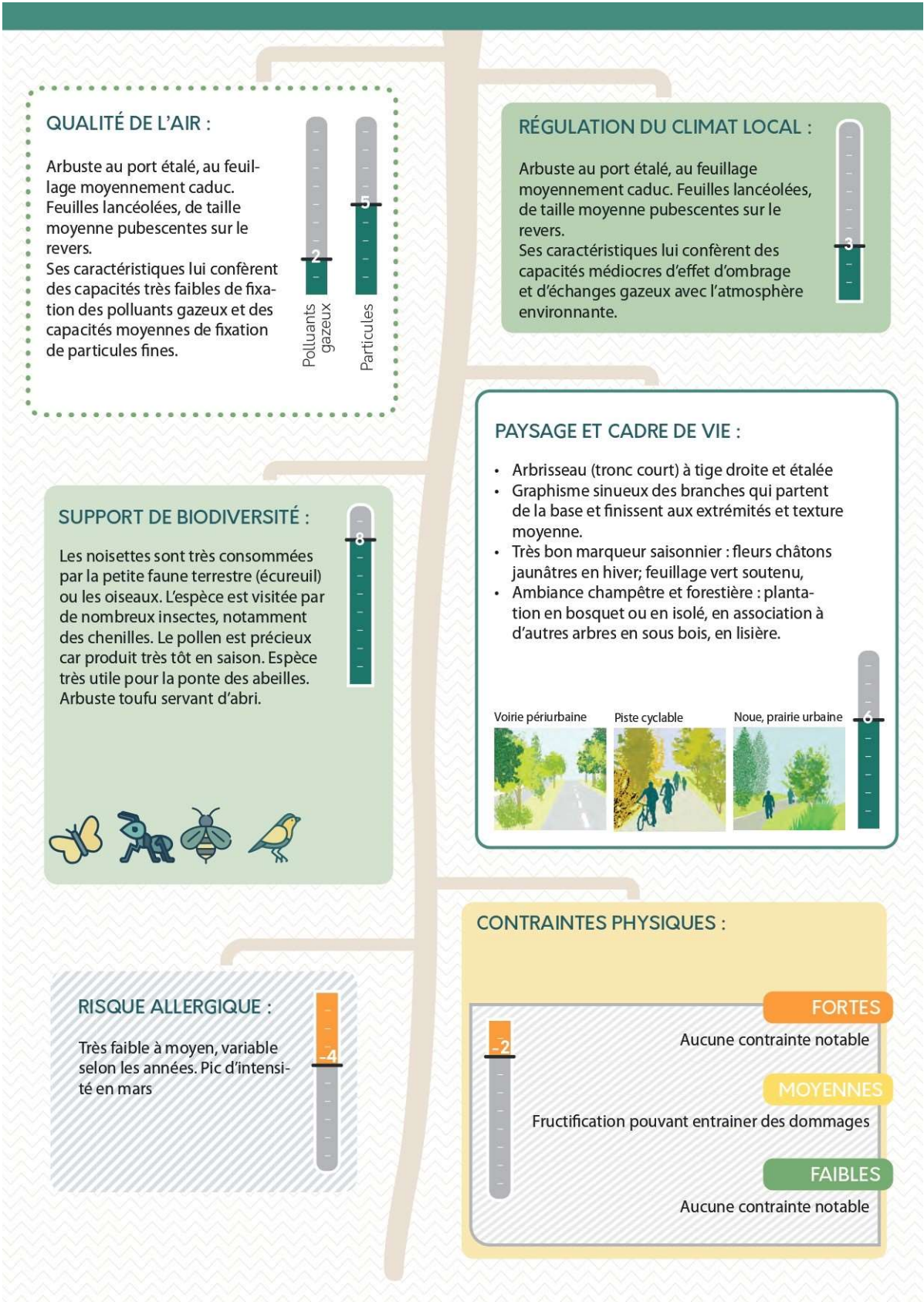
### LIMITES

Espèce au pollen moyennement allergisant, capacités limitées de régulation climatique et de captation des polluants gazeux.



Conception graphique





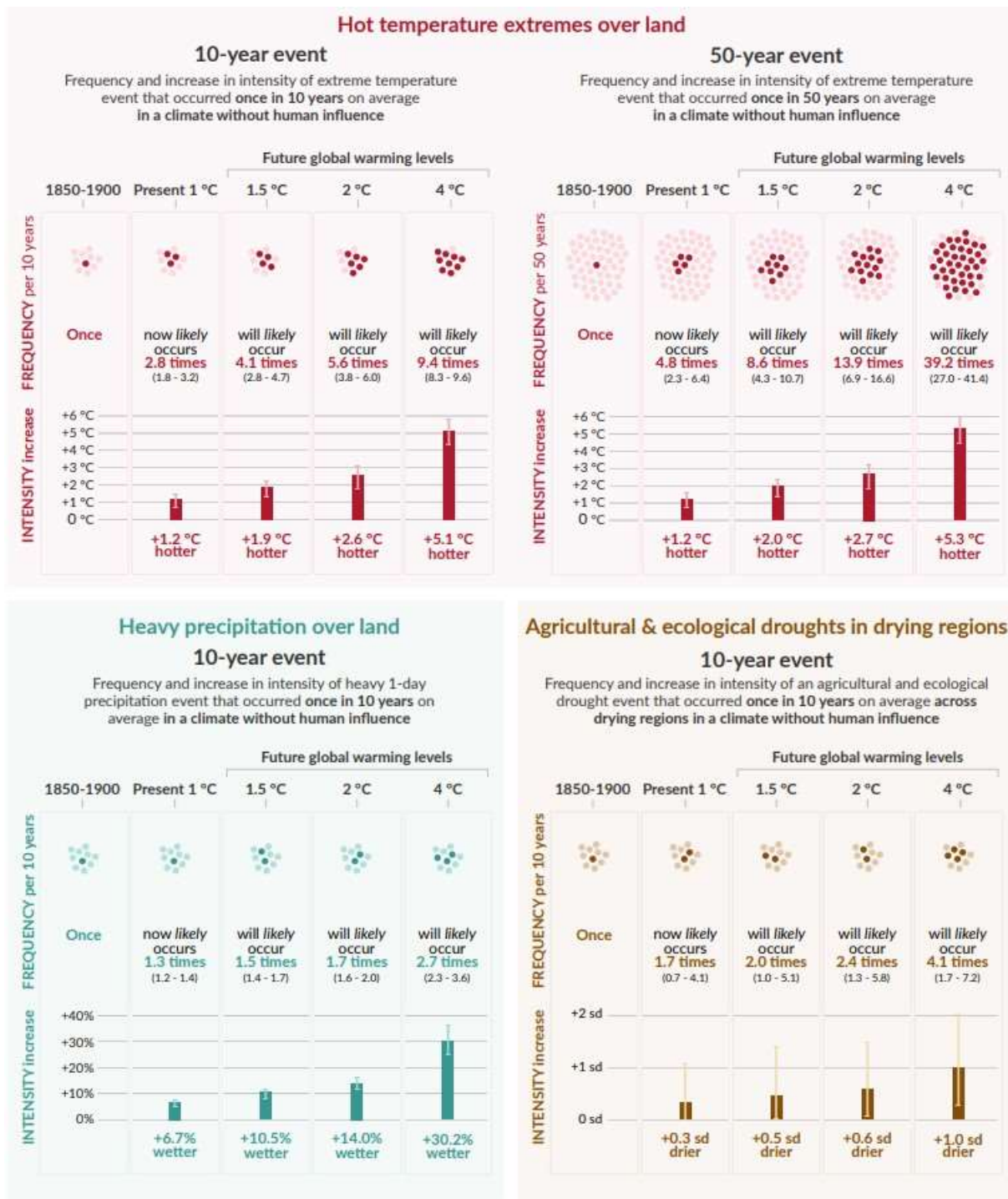


Figure 37 – Probabilités d’occurrence d’événements extrêmes