



Vulnérabilités du territoire de la CUCM aux changements climatiques



Avril 2018

SOMMAIRE

Ce document comprend deux grandes parties :

- ▶ une première partie (page 5) présente sous une forme synthétique un résumé du diagnostic des vulnérabilités du territoire face aux changements climatiques, suivi des grandes lignes de ce qui pourrait être une stratégie d'adaptation,
- ▶ une seconde partie (page 24) détaille le diagnostic de vulnérabilité.

Première partie

1. S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	6
1.1. Le climat change	6
1.1.1. En France	6
1.1.2. En Bourgogne	6
1.1.3. Ce que l'on peut dire des évolutions du climat sur le territoire de la CUCM	6
1.2. Les conséquences sur le territoire des évolutions du climat	7
1.2.1. Disponibilité et qualité de l'eau	8
1.2.1.1. Les changements climatiques accentuent les problèmes de quantité et de qualité des eaux de surface	8
1.2.1.2. La disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines	9
1.2.1.3. Les sols deviennent de plus en plus secs	10
1.2.2. Transformation des milieux naturels	10
1.2.3. Santé	11
1.2.3.1. Les épisodes de fortes chaleur	11
1.2.3.2. Les allergies	12
1.2.3.3. Les pathologies favorisées par les changements climatiques	12
1.2.3.4. Effets conjugués des conditions climatiques et de la qualité de l'air	12
1.2.4. Retrait-gonflement des argiles	12
1.2.5. Infrastructures	13
1.2.6. Productions agricoles	14
1.2.6.1. La question des fourrages	14
1.2.6.2. Performance agronomique ou résilience économique ?	15
1.2.7. Forêt	16
1.2.8. Tourisme et activités de plein air	18
1.2.9. Activités industrielles	18
1.2.10. Energie	19
1.3. Quelle stratégie ?	20
1.3.1. Premier pilier d'une stratégie d'adaptation : face aux enjeux globaux, renforcer la résilience du territoire.	22
1.3.2. Second pilier d'une stratégie d'adaptation : des réponses aux enjeux sectoriels.	23

2. LE CLIMAT CHANGE	25
2.1. A l'échelle planétaire	25
2.2. En France	26
2.3. En Bourgogne	27
3. LE CLIMAT DE LA CUCM	29
3.1. Entre climats océanique et semi-continentale	29
3.2. Ce que l'on peut dire des évolutions du climat sur le territoire de la CUCM	31
3.2.1. Températures	32
3.2.2. Précipitations	35
3.2.3. Evènements "extrêmes"	39
4. LES CONSÉQUENCES SUR LE TERRITOIRE DES ÉVOLUTIONS DU CLIMAT	40
4.1. Disponibilité et qualité de l'eau	41
4.1.1. Les changements climatiques accentuent les problèmes de quantité et de qualité des eaux de surface	41
4.1.1.1. Les débits des cours d'eau diminuent	41
4.1.1.2. Des températures plus élevées dégradent la qualité des eaux	43
4.1.1.3. La réduction des débits et l'augmentation des températures compromettent l'amélioration de la qualité des eaux	44
4.1.1.4. Des problématiques à prendre en compte dans l'aménagement des cours d'eau, l'assainissement des eaux usées, la gestion des eaux pluviales.	44
4.1.1.5. Risques d'inondations	46
4.1.1.6. La disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines	49
4.1.2. Les sols deviennent de plus en plus secs	54
4.2. Transformation des milieux naturels	56
4.3. Santé	58
4.3.1. Les épisodes de fortes chaleurs	58
4.3.2. Les allergies	68
4.3.3. Les pathologies favorisées par les changements climatiques	71
4.3.4. Effets conjugués des conditions climatiques et de la qualité de l'air	73
4.4. Retrait-gonflement des argiles	75
4.5. Infrastructures	77
4.6. Productions agricoles	79
4.6.1. Les activités agricoles sur la CUCM	79
4.6.2. Les conséquences du changement climatique sur les activités agricoles	79
4.6.2.1. Fourrages	81
4.6.2.2. Maïs	83
4.6.3. Adapter les cultures au manque d'eau	84
4.6.4. Performance agronomique ou résilience économique ?	85

4.7.	Forêt	87
4.8.	Tourisme et activités de plein air	95
4.9.	Activités industrielles	97
4.10.	Energie	98
5.	ANNEXES	101
5.1.	Contacts	101
5.2.	Cartographie des zones humides	102
5.3.	Cartes d'évolution de l'indice feu météo	104
5.4.	Changements climatiques 2013 - Les éléments scientifiques - Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat - Résumé à l'intention des décideurs (extraits)	106
5.5.	L'évolution observée des températures en France	108
5.6.	Sigles, abréviations et précisions	112
5.7.	Exemples d'incidences des changements climatiques à l'échelle planétaire	115
5.8.	Prévisions d'écarts de température en France métropolitaine entre la fin du XXème siècle et la fin du XXIème siècle	118
5.9.	Optimiser la gestion des pâturages	119
5.10.	Le changement climatique mange notre agriculture	120
5.11.	Les effets physiologiques des fortes chaleurs	122

Vulnérabilité aux changements climatiques : la définition du GIEC

" Le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquelles un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation".

Première partie

Synthèse du diagnostic
et stratégie pour une politique d'adaptation du territoire aux changements climatiques

1. S'adapter au changement climatique

Pourquoi et comment s'adapter aux changements climatiques ?

Cette première partie comprend

- ▶ un résumé du diagnostic des vulnérabilités du territoire de la CUCM aux changements climatiques, diagnostic développé ensuite à partir de la page 25,
- ▶ la présentation d'une stratégie d'adaptation, qui pourra se décliner à travers le plan d'action du PCAET.

1.1. Le climat change

"Le réchauffement (...) est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. (...) Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. Les années 1983 à 2012 constituent probablement la période de 30 ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère Nord depuis 1 400 ans"¹.

"La température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,6 °C (plus de 1 °C en France métropolitaine) entre le début et la fin du XXe siècle (...). Cette tendance s'accélère (...). Les scientifiques s'accordent aujourd'hui sur le diagnostic et sur les causes (...). Ils s'accordent aussi sur le pronostic : le réchauffement devrait s'accroître. Les différents scénarios (...) sont tous orientés à la hausse"².

1.1.1. En France

Le réchauffement observé en France est un peu supérieur à celui que l'on observe à l'échelle de la planète : les températures y ont augmenté de près d'un degré au cours du XX^{ème} siècle.

1.1.2. En Bourgogne

En Bourgogne comme sur l'ensemble du territoire métropolitain, la température annuelle moyenne a augmenté entre les années 1960-1970 et aujourd'hui. Mais ce réchauffement ne s'est pas opéré progressivement : il y a eu une rupture climatique en 1987-1988 et une hausse brutale des températures, marquant le passage à un climat plus chaud.

Les précipitations annuelles ont peu évolué, mais sous l'effet de la chaleur, qui accentue l'évaporation, les sécheresses hydriques et hydrologiques sont nettement plus sensibles et deviennent préoccupantes.

1.1.3. Ce que l'on peut dire des évolutions du climat sur le territoire de la CUCM

L'augmentation attendue des températures annuelles est importante : de 2 à 5° environ d'ici la fin du siècle.

Cette augmentation est plus marquée encore l'été, avec notamment une forte hausse des températures estivales maximales.

¹ Changements climatiques 2013 - Les éléments scientifiques - Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; résumé à l'intention des décideurs.

² Les cahiers de Météo France, "Le climat".

En hiver, les températures moyennes augmentent également, mais la tendance la plus significative, notamment dans ses conséquences pour la faune, la végétation et les cultures, est le relèvement des minimales hivernales et la diminution des périodes de gel.

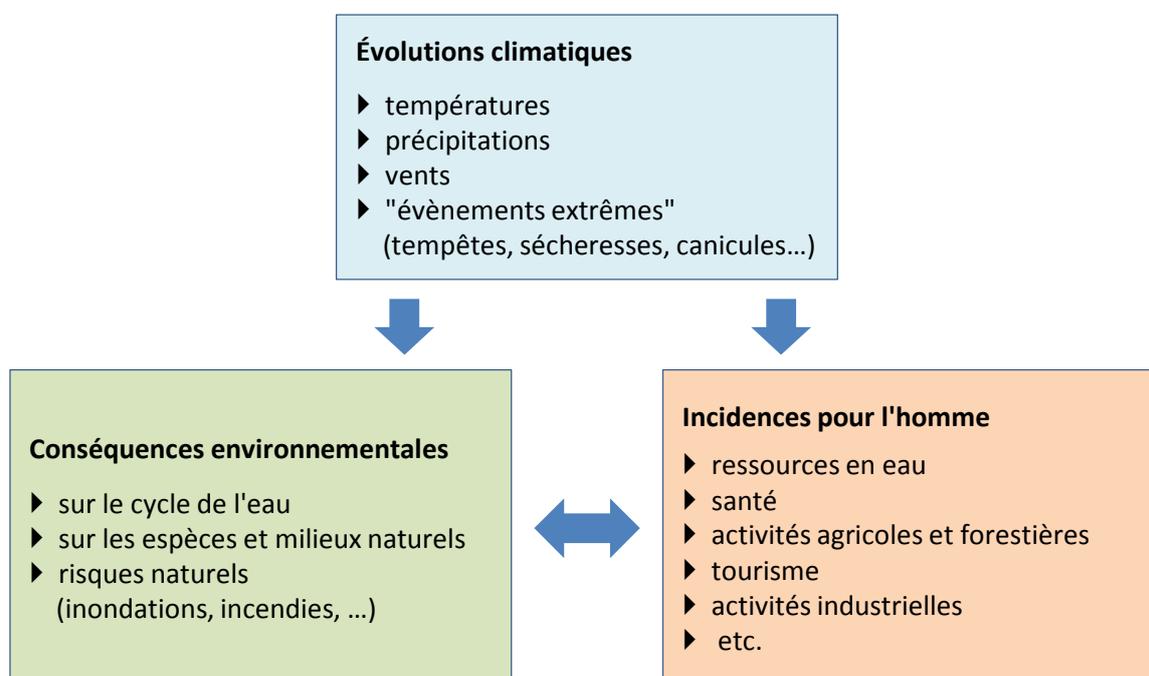
Les précipitations annuelles tendent à diminuer, mais surtout à devenir plus irrégulières. Leur diminution est plus sensible en été et à l'automne. Il pleut moins souvent, les épisodes de précipitations plus intenses deviennent plus fréquents, les périodes de sécheresse également, l'été notamment.

Ces évolutions, dont on connaît les tendances mais dont il est difficile de préciser le rythme et l'ampleur, s'accompagnent d'une augmentation de la variabilité climatique ; le changement climatique n'est uniforme ni dans le temps ni dans l'espace : **c'est à un dérèglement climatique tout autant qu'à un changement climatique qu'il faut s'adapter.**

L'ampleur des évolutions en cours est importante, mais plus encore leur rapidité : elles sont comparables, sur guère plus d'un siècle, à des évolutions qui s'étaient dans l'histoire de la planète sur des milliers d'années. Elles vont entraîner des changements des conditions de vie face auxquelles les adaptations spontanées et progressives seront insuffisantes. **Il est indispensable de se préparer aux adaptations nécessaires.**

1.2. Les conséquences sur le territoire des évolutions du climat

Les évolutions climatiques ont des conséquences directes sur les activités humaines, et des conséquences indirectes à travers leur impact sur l'environnement :



1.2.1. Disponibilité et qualité de l'eau

La disponibilité de l'eau est celle des cours d'eaux et des aquifères, indispensable pour répondre aux besoins des activités économiques et domestiques. **Elle est aussi celle des sols**, car cette disponibilité en eau des sols est déterminante pour les activités agricoles et forestières, bien sûr, mais aussi d'une façon plus générale pour l'ensemble des milieux "naturels" et leur *résilience*, c'est-à-dire leur capacité à s'adapter à des conditions de vie qui évoluent : **elle conditionne ainsi dans une large mesure le devenir des territoires et de leurs paysages.**

C'est donc sous ces deux aspects qu'il faut considérer la question des conséquences des changements climatiques sur la disponibilité de l'eau :

- le premier de ces deux aspects concerne principalement les eaux souterraines et superficielles,
- le second concerne les sols, considérés comme un compartiment essentiel des milieux "naturels", qu'ils soient agricoles, forestiers ou "sauvages".

Cela conduit à bien différencier les deux types de sécheresse qui, indépendamment de la sécheresse météorologique, peuvent affecter la disponibilité des eaux : la sécheresse *hydrologique*, dont les effets se traduisent sur les cours d'eau et les aquifères. et la sécheresse des sols (sécheresse *édaphique*).

1.2.1.1. Les changements climatiques accentuent les problèmes de quantité et de qualité des eaux de surface

L'impact des changements climatiques est important sur les systèmes aquatiques, la disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines et les risques inhérents aux épisodes de sécheresse ou de fortes précipitations.

L'état des lieux du SAGE dégage différents enjeux, associés notamment à la disponibilité et aux usages de la ressource en eau, aux inondations, aux milieux aquatiques, à l'assainissement.

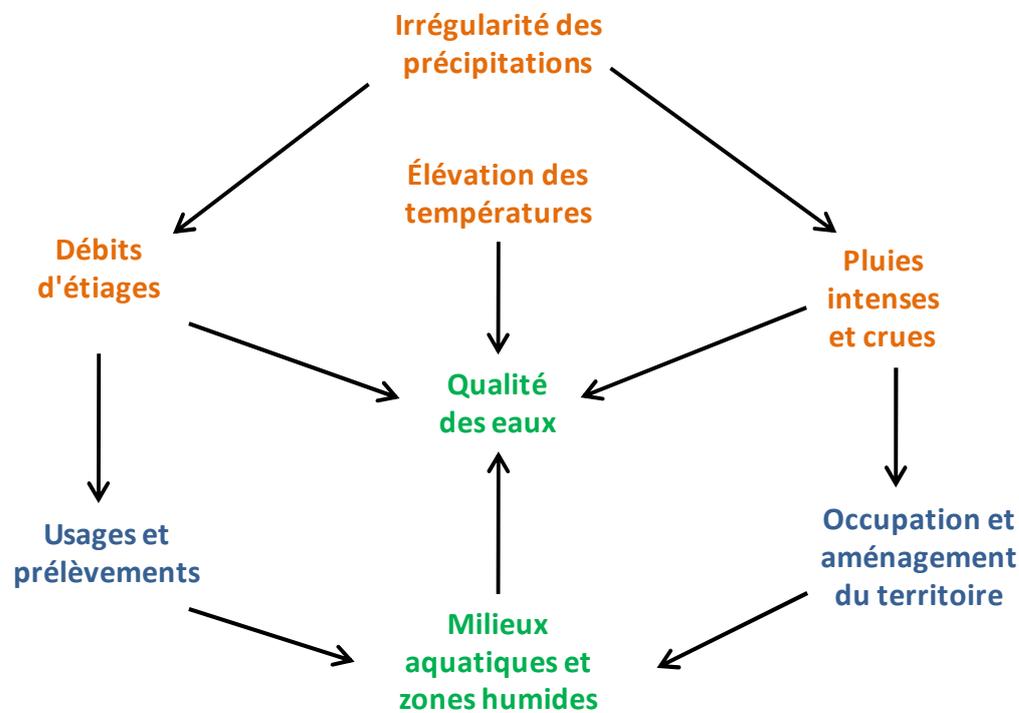
Ces enjeux sont, à des degrés divers, accentués par les changements climatiques :

- ▶ débits d'étiage plus marqués en raison de la diminution des pluies estivales ainsi que d'une évaporation plus importante ;
- ▶ qualité de l'eau impactée selon les saisons :
 - par de plus faibles débits associés à des températures plus élevées (accentuation des phénomènes d'eutrophisation)³ ;
 - par le ruissellement d'eau chargée de polluants et la surcharge des stations d'épuration lors de fortes précipitations ;
- ▶ ressources en eau limitées par la diminution des précipitations estivales ;
- ▶ risque de crues plus fortes liées à des épisodes pluvieux plus intenses.

Ces enjeux renvoient à des questions :

- ▶ **d'occupation et d'aménagement de l'espace, et notamment du lit des cours d'eau,**
- ▶ **de gestion des dispositifs de collecte (réseau séparatif/unitaire) des eaux et de leur traitement (stations d'épuration),**
- ▶ **de maîtrise des consommations d'eau.**

³ Corollaire : les objectifs d'épuration des eaux doivent être reconsidérés.



ZONES HUMIDES : UN ENJEU FORT DE PRESERVATION

Les zones humides constituent une "infrastructurelle naturelle" dont le rôle est encore plus important dans un contexte marqué par une variabilité accrue du régime des précipitations et des épisodes de sécheresse plus prononcés en durée et en intensité, mais elles peuvent en même temps être fragilisées par ces évolutions.

Dans le cadre du SDAGE Loire Bretagne, les EPCI sont invités à intégrer, dans les documents d'urbanisme, les enveloppes de forte probabilité de présence de zones humides produites par les commissions locales de l'eau, et à préciser les orientations de gestion qui contribuent à leur préservation.

1.2.1.2. La disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines

L'alimentation en eau du territoire repose en totalité sur les eaux de surface, et les aménagements réalisés au fil du temps pour s'en assurer la disponibilité. Tous ces aménagements constituent un système complexe qui permet aujourd'hui de répondre aux différents usages, mais qui reste vulnérable.

Les cours d'eau du territoire font principalement l'objet de prélèvements :

- ▶ **industriels** : de l'ordre de 2 millions de m³ par an (en 2013).
Ces consommations par l'industrie ont structurellement tendance à diminuer depuis deux décennies. La prolongation de cette tendance est nécessaire pour réduire la vulnérabilité des établissements de production aux aléas climatiques qui peuvent restreindre leurs possibilités d'utiliser de l'eau. Il est en effet difficile pour un établissement industriel de réduire conjoncturellement ses consommations⁴.
- ▶ **pour l'eau potable** : environ 6,3 millions de m³ par an⁵. Les eaux proviennent de ressources superficielles communautaires (sources et réservoirs, dont celui de la Sorme).
- ▶ **alimentation du canal du Centre**, à partir de la Bourbince et de différentes réserves.

⁴ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

⁵ en 2013.

Les réseaux alimentés par des eaux superficielles - CUCM, Autun - ont connu en 2003 des situations critiques qui auraient pu conduire à une rupture totale de l'approvisionnement si la sécheresse s'était prolongée de quelques semaines encore. Des concurrences d'usages ont pu conduire à des situations extrêmement tendues. Cela a notamment été le cas pour la CUCM avec des eaux de surface utilisées pour le refroidissement de la centrale Lucy à Montceau-les-Mines⁷⁵, qui a depuis été fermée. Les dispositions qui ont été prises depuis⁶, et la fermeture de la centrale de Montceau-les-Mines, font que des circonstances similaires ne conduiraient aujourd'hui plus à la même situation. Il y a néanmoins des questions de sécurisation de l'alimentation en eau potable, comme par exemple le fait que 50 000 habitants environ dépendent en totalité du lac de la Sorme, ce qui peut constituer un point faible.

1.2.1.3. Les sols deviennent de plus en plus secs

Les sols du territoire de la CUCM seront rapidement et de plus en plus souvent en situation de stress hydrique durant la période estivale.

Cette sécheresse des sols a des conséquences majeures pour la végétation, qu'il s'agisse des plantes sauvages ou cultivées, et par conséquent pour les cultures, les forêts, et les milieux naturels d'une façon générale ; elle aura ainsi des répercussions importantes sur les paysages, et donc sur la physionomie du territoire.

L'expertise réalisée en 2006 par l'INRA sur l'évolution en France des sécheresses au XXIème siècle et leurs conséquences pour l'agriculture considère ce scénario comme "**particulièrement inquiétant**".

Cette expertise souligne que l'augmentation des températures accentuera l'évaporation, et que les sécheresses du sol seront ainsi plus rapides et plus fortes que les sécheresses météorologiques, corroborant les travaux réalisés en Bourgogne ; c'est bien l'effet conjugué de l'évolution du régime des précipitations et de l'augmentation des températures, mais aussi des vents, qui remet en cause la disponibilité en eau des sols pour la végétation.

1.2.2. Transformation des milieux naturels

Les conditions de vie de la faune et de la flore sont notamment déterminées par les températures hivernales minimales et par la disponibilité de l'eau en période estivale.

De ce point de vue, trois manifestations des changements climatiques impactent l'activité biologique des êtres vivants de façon particulièrement importante : le relèvement des températures hivernales minimales, l'augmentation des températures estivales, la diminution de l'humidité des sols.

Ces trois phénomènes risquent d'entraîner des conséquences majeures dans la propagation et la répartition des espèces animales et végétales, et par conséquent de transformer les grands équilibres écologiques et les paysages :

- ▶ Les espèces dont l'aire de répartition est jusqu'à présent limitée par des températures hivernales trop basses pour elles vont gagner du terrain tandis qu'inversement, celles qui ont besoin de froid hivernal ou de fraîcheur estivale vont reculer.
- ▶ Cela se traduira par des modifications des écosystèmes, l'apparition ou le développement de parasites ou d'agents pathogènes, des changements importants pour les exploitations agricoles et la production forestière.

⁶ Avec notamment la définition de débits réservés d'une part, des consignes écrites de gestion du niveau d'eau du lac de la Sorme (2007) d'autre part.

1.2.3. Santé

1.2.3.1. Les épisodes de fortes chaleur

Les populations sont directement impactées par les épisodes de fortes chaleurs, dans les logements, dans les transports ou sur leurs lieux de travail ou de loisirs. Les activités économiques, les rythmes de vie et les pratiques de déplacement se modifient alors.

La vague de chaleur du mois d'août 2003 et ses conséquences sanitaires ont marqué l'opinion publique. Cette canicule a été à l'origine de la première politique publique affichée en matière d'adaptation aux changements climatiques : le *Plan Canicule*, mis en œuvre dès 2004.

Au cours de la première quinzaine d'août 2003, la vague de chaleur d'une durée et d'une intensité exceptionnelles a entraîné en France une surmortalité estimée à environ 15 000 personnes.

Les personnes âgées et, dans une moindre mesure, les enfants de moins d'un an, sont les plus vulnérables. Trois principaux groupes de causes de décès ont été identifiés :

- les effets directs de la chaleur (coup de chaleur, hyperthermie et déshydratation),
- l'augmentation des maladies du système nerveux, troubles mentaux, maladies de l'appareil respiratoire (incluant les pneumonies), maladies infectieuses, maladies de l'appareil génito-urinaire, maladies endocriniennes et états morbides mal définis,
- la quasi-totalité des autres causes médicales ont également progressé, mais de façon moins prononcée.

La Bourgogne a été au troisième rang des régions françaises touchées par la canicule 2003. Entre le 4 et le 18 août, la mortalité y a été près de deux fois plus importante qu'aux mêmes dates entre 2000 et 2002⁷.

La proportion des personnes âgées est élevée sur le territoire de la CUCM. Les personnes de plus de 75 ans représentent 13,3 % de la population et cette proportion augmentera dans les prochaines années, compte tenu du nombre également important des personnes âgées de 60 à 74 ans: 18,7 %. C'est ainsi une part croissante de la population qui est particulièrement vulnérable aux épisodes de fortes chaleurs⁸.

EVITER ET LIMITER LA CLIMATISATION

La climatisation ne peut pas être une réponse de long terme du système sanitaire dans la lutte contre la chaleur, pour des raisons de cohérence des politiques climatiques⁹, parce qu'elle peut fragiliser le système électrique, parce qu'elle pose des problèmes et parce qu'elle reste inaccessible à ceux qui pourraient en avoir le plus besoin.

SE PROTEGER... MAIS AUSSI S'HABITUER

"Jusqu'à présent, lorsqu'une vague de chaleur touche une région tempérée, les conseils délivrés aux populations sont des recommandations d'éviction. L'évolution vers des messages incitant à une exposition graduelle, très prudente au début, serait pertinente pour préparer l'avenir"¹⁰.

⁷ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

⁸ Vulnérabilité d'autant plus importante que, parmi les personnes de plus de 75 ans, plus de 4 sur 10 vivent seules.

⁹ La climatisation augmente les consommations d'énergie et, par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre.

¹⁰ "S'adapter à un monde plus chaud : jusqu'où l'homme peut-il aller ?" Analyse rédigée par Laurence Nicolle-Mir (Hanna E, Tait P. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. Int J Environ Res Public Health 2015; 12: 8034-74).– Vol 15 n° 3 – Mai-Juin 2016, in Year book Environnement et santé 2017, John Libbey Eurotext.

1.2.3.2. Les allergies

Plus de 20% de la population française souffre d'allergies respiratoires, qui peuvent être provoquées par des allergènes à l'intérieur des locaux (acariens, moisissures, poils de chats, de chiens, etc.), des allergènes extérieurs (pollens, moisissures...) et les polluants atmosphériques. Il existe des relations triangulaires entre pollution, pollens et allergie. La pollution peut par exemple agir à la fois sur les pollens en modifiant leur structure et par là même leur allergénicité, et sur les muqueuses respiratoires de l'homme en modifiant sa sensibilité immunologique aux grains de pollens.

1.2.3.3. Les pathologies favorisées par les changements climatiques

Les conditions climatiques influencent l'apparition, le développement et la transmission des maladies infectieuses.

Il est fortement présumé que les évolutions des équilibres climatiques auront des conséquences en termes d'éco-épidémiologie.

Le relèvement des températures hivernales devrait probablement faire baisser la mortalité hivernale des vecteurs et rendre de nouvelles régions propices à leur transmission.

1.2.3.4. Effets conjugués des conditions climatiques et de la qualité de l'air

Les fortes chaleurs interfèrent doublement avec la pollution atmosphérique :

- ▶ les vagues de chaleur sont dans la plupart des cas associées...
 - à des conditions anticycloniques qui favorisent l'augmentation des taux de polluants dans l'atmosphère (dioxyde d'azote, particules en suspension, soufre), en s'opposant, en l'absence de vent, à leur dispersion tant verticale qu'horizontale : elles s'accompagnent ainsi très souvent de niveaux élevés de pollution ;
 - à un fort ensoleillement, qui favorise la formation d'ozone.
- ▶ ... et les conséquences sur la santé de la chaleur et des polluants atmosphériques ne se contentent pas de s'additionner, ils se conjuguent : *"la qualité de l'air et la chaleur agissent ainsi de façon synergique"*¹¹.

1.2.4. Retrait-gonflement des argiles

"Sous l'effet de la sécheresse, certaines argiles se rétractent de manière importante et entraînent localement des mouvements de terrain non homogènes pouvant aller jusqu'à provoquer la fissuration de certains bâtiments : c'est ce qu'on appelle le phénomène de retrait-gonflement des argiles.

*Ces mouvements de terrains provoquent la fissuration des maisons individuelles, structures légères, fondés souvent de manière très superficielle ou hétérogène, ce qui les rend particulièrement vulnérables"*¹². Ils représentent, derrière les inondations, le risque naturel qui entraîne les dépenses les plus importantes). Le retrait-gonflement des argiles constitue un risque majeur, susceptible de s'accroître sous l'effet du changement climatique, en lien avec l'accroissement du nombre d'épisodes de sécheresse.

Sur l'ensemble du territoire de la CUCM, 3,5 % des maisons individuelles sont exposées à un aléa de retrait-gonflement des argiles qualifié de moyen. Les communes principalement concernées sont Blanzay, Les Bizots, Charmoy, Ciry le Noble, Gélénard, Perrecy les Forges, Saint-Pierre-de-Vareennes et Torcy.

¹¹ Professeur Besancenot

¹² BRGM, extrait du communiqué de presse "prévenir le risque de fissuration des maisons dû au retrait-gonflement des argiles, conséquence de la sécheresse", 7 août 2003.

1.2.5. Infrastructures

Les infrastructures - routes, voies ferrées, réseau électrique, lignes téléphoniques, réseaux de distribution et d'assainissement d'eau, éclairage urbain - peuvent être affectés par les inondations et par les épisodes de grand froid ou, au contraire, de chaleurs trop élevées.

Les conséquences des inondations sont identifiées dans le cadre des Plans de prévention du risque inondation (PPRI).

Les épisodes de grand froid affectent principalement la circulation routière, lorsqu'ils sont associés à des chutes de neige et au verglas ; ils peuvent également affecter les réseaux aériens - électricité, téléphonie, caténaires, tandis que des chaleurs élevées peuvent impacter les réseaux routiers (déformation des revêtements) et ferroviaires (dilatation / déformation des rails et des caténaires).

1.2.6. Productions agricoles

Les principales conséquences des changements climatiques sur les activités et les productions agricoles sont les suivantes :

Variable climatique	Conséquences sur les activités et productions agricoles
allongement de la période de végétation	▶ allongement des périodes de production, augmentation de la production de biomasse
augmentation des températures	▶ réduction de la durée du cycle des cultures
sécheresses estivales	▶ déficit de production fourragère ▶ stress hydrique des cultures
chaleurs estivales	▶ échaudages ▶ effet physiologique sur le bétail ▶ modification qualitative des productions (fruits, vigne) ▶ réduction possible de certaines maladies (ex : mildiou)
relèvement des minimales hivernales	▶ fructification réduite (vergers) ▶ perturbations physiologiques des espèces cultivées ▶ modification du cycle de vie des insectes, parasites et agents pathogènes, et développement d'espèces jusqu'alors cantonnées plus au sud ⇒ risques sanitaires, risques de proliférations
radoucissement des températures printanières	▶ avancée de la floraison ⇒ augmentation des risques de gels tardifs
sécheresses estivales + chaleurs estivales	▶ sécheresses édaphiques (réduction de la réserve d'eau utile des sols), qui peuvent encore être accentuées par le vent, qui favorise l'évaporation de l'eau des sols
vents	▶ érosion des sols

2003 : DES RENDEMENTS FORTEMENT DIMINUES

En Bourgogne¹³, les rendements des principales cultures ont été nettement inférieurs aux moyennes quinquennales. Cette diminution des rendements a particulièrement touché le blé, l'orge d'hiver et le maïs ; les oléagineux ont été moins touchés.

Au-delà de ces conséquences quantitatives, la sécheresse et la canicule ont également eu un impact sur la qualité des productions.

1.2.6.1. La question des fourrages

L'impact des changements climatiques sur la production de fourrages est sans doute l'un de ceux qui pose le plus rapidement les problèmes les plus importants¹⁴. Cet impact concerne particulièrement les exploitations de la CUCM, où l'élevage constitue la principale activité agricole et les prairies occupent la plus grande partie des espaces agricoles.

¹³ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

¹⁴ "L'élevage est plus sensible à la sécheresse que l'agriculture stricto sensu pour deux raisons :

- pour une même sécheresse, à une baisse de production du blé de 20% pourra correspondre une baisse de production fourragère de l'ordre de 50%,
- la consommation des animaux étant peu plastique sur une longue période, l'autoprotection est indispensable pour l'éleveur s'il ne veut pas "décapitaliser" en réduisant son cheptel".

2003 : UN DEFICIT FOURRAGER IMPORTANT

Au niveau national, le déficit fourrager a été de l'ordre de 20 %, avec des disparités très importantes d'une région à l'autre.

En Bourgogne¹³⁶, la production de fourrage pour l'alimentation du bétail a été très inférieure aux moyennes quinquennales et surtout aux besoins. Le déficit a été de plus de 50 % sur une grande partie de la région. **La Saône-et-Loire a été le département le plus touché**, les pertes de rendements atteignant, fin août, 60 % sur une grande part de la zone allaitante. A partir de la mi-juin, aucune pousse d'herbe n'a été observée. Les prairies se sont transformées en de véritables "paillasons". Le retour des fortes pluies d'octobre a amélioré les conditions de pâturage, mais l'achat de fourrage complémentaire s'est poursuivi pour reconstituer le stock hivernal.

"Le changement climatique devrait accentuer la production d'herbe au printemps et le manque de fourrages en été"¹⁵. Il entraîne le creusement du déficit hydrique estival, mais également l'accroissement de la variabilité interannuelle de la production fourragère d'été (entre le 15 mai et le 15 septembre) : les variations d'une année sur l'autre sont du même ordre que le changement climatique moyen sur 30-40 ans – avec pour conséquence une grande difficulté pour les éleveurs à prendre les dispositions nécessaires pour assurer l'alimentation du bétail.

Dans le contexte d'un changement climatique dont l'une des principales manifestations est la variabilité accrue des conditions rencontrées d'une année sur l'autre, la recherche d'un optimum de gestion, fondé sur un nombre d'animaux pas trop élevé par rapport aux surfaces disponibles¹⁶, constitue un facteur essentiel de résilience et donc d'adaptation.

LE ROLE PRIMORDIAL DU BOCAGE

Le bocage reste relativement bien conservé sur les communes rurales. Il contribue à la diversité biologique du territoire de la CUCM et par conséquent à ses capacités d'adaptation aux évolutions climatiques. Il contribue à une meilleure rétention, régulation et épuration de l'eau, à la protection des sols (limitation de l'érosion) et à l'atténuation des contraintes climatiques (abri du bétail de la chaleur et du soleil, maintien de l'humidité de l'air, protection des vents forts...).

Les haies hautes et les arbres qui les constituent tendent à disparaître progressivement par non renouvellement lié à la taille basse. Le nombre actuel des arbres est très réduit par rapport à ce qu'il était dans le bocage des années 60. Depuis la fin des années 70, la majorité des haies sont maintenues basses, ce qui réduit le rôle de protection qu'elles peuvent jouer.

La pérennité d'un bocage haut est menacée par la mécanisation de l'entretien des haies et la déconnexion des haies lors des arrachages (absence de continuités biologiques entre les haies). La modification des pratiques de gestion et un retour aux bouchures hautes sont à encourager pour le maintenir.

1.2.6.2. Performance agronomique ou résilience économique ?

Le changement climatique se manifeste tendanciellement par une évolution des températures et du régime des précipitations, mais il tend en même temps à accentuer la variabilité interannuelle des conditions météorologiques.

¹⁵ http://www.avignon.inra.fr/cours_en_ligne_climator/cultures/prairie

¹⁶ L'INRA recommande de diminuer le chargement animal global de l'exploitation afin de faire des stocks en quantité suffisante en effectuant des reports de stocks d'une année sur l'autre, correspondant à environ à 6 mois.

Cette plus grande variabilité, au sein d'une évolution plus globale, rend difficile la gestion des exploitations. Ce que l'expression d'un agriculteur résume bien : "Ce qui est compliqué, ce n'est pas que ça change, c'est que ça change tout le temps".

Face à ces évolutions et au caractère de plus en plus imprévisible des conditions climatiques, la recherche de la performance, mesurée en rendements à l'hectare, ne paraît plus la stratégie la plus efficace. Réduire l'exposition aux aléas devient un facteur essentiel de viabilité économique de long terme des exploitations. Cela représente un **changement de paradigme : ne pas nécessairement chercher à produire plus, ni même peut-être autant, mais augmenter la "robustesse" du système de production, quitte à peut-être moins gagner les bonnes années, pour moins perdre les mauvaises.** Dans la même optique, conserver ou restaurer la capacité des sols à retenir une réserve utile d'eau pour les plantes représente un atout essentiel. Cette capacité est liée au taux de matière organique des sols. Conserver et augmenter ce taux de matière organique doit devenir un objectif majeur en matière d'adaptation aux changements climatiques. Cela passe par le maintien d'une activité biologique importante, nécessaire à l'entretien des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et à la santé des plantes.

1.2.7. Forêt

Les milieux boisés couvrent près de 20% du territoire, avec principalement des peuplements de chênaie-charmaie et de ses essences associées - hêtre, merisier, bouleau.

Les principales conséquences des changements climatiques sur les arbres peuvent être résumées de la façon suivante :

Causes	Effets	Conséquences				
		Gain de productivité	Stress	Sensibilité aux ravageurs	Difficultés de régénération	Mortalité
↗ Taux de CO ₂	↗ Photosynthèse	X				
↗ Températures d'automne, d'hiver et de printemps	↗ Photosynthèse hivernale (résineux)	X				
	↗ Saison de végétation	X				
	↗ Activité des mycorhises	X				
	↗ Gelées (automne et printemps) ?		X		X	
	↗ Gel hivernal ?		X	X	X	X
	↗ Dessiccation hivernale (résineux)		X	X	X	X
↗ Températures estivales et sécheresses	↗ Progression de certains ravageurs		X	X		X
	↗ Respiration		X			
	↗ Transpiration et stress hydrique		X	X	X	X
	↗ Dégâts dus à la chaleur		X	X	X	X
↗ Tempêtes	↗ Incendies		X	X		X
	↗ Chablis		X	X		X

Les constats du Centre régional de la propriété forestière sur les conséquences de la sécheresse et de la canicule de l'année 2003

Des essences comme l'épicéa, en plaine, et le sapin grandis ("sapin de Vancouver"), ont connu une mortalité particulièrement élevée. Ces deux essences ont été implantées en raison de la rapidité de leur croissance à des endroits qui n'offraient pas nécessairement des conditions écologiques propices à leur développement. Le grandis, par exemple, se développe bien sur les franges littorales du Canada (1600 mm de pluies annuelles) ; il n'est pas adapté à des conditions plus continentales et il a particulièrement souffert de la sécheresse. Les conditions climatiques ont ainsi posé la question de l'adéquation de certaines essences aux conditions régionales. La même question peut être posée pour le douglas, lui aussi originaire de la côte Pacifique nord-américaine et qui a aussi souvent été introduit en dehors de son optimum écologique, notamment dans des secteurs où la pluviométrie est déjà limite en année normale. Même chose pour l'épicéa introduit en plaine et qui n'est pas à sa place : ce sont les peuplements les plus atteints par les scolytes¹⁷.

Les aléas climatiques incitent à une réflexion sur les pratiques forestières : *"40 % des plantations ont enregistré des dégâts contre 15 % des massifs à régénération naturelle"*.

Prendre en compte à la fois les évolutions mais aussi la variabilité du climat

Le choix des essences est une décision qui engage le long terme.

Un arbre est capable, dans certaines limites bien sûr, de surmonter les conditions de stress hydrique ou thermique auxquelles il peut être soumis à un moment donné. Ce qui le menace surtout, c'est moins la vigueur d'un épisode de canicule, de grand froid ou de sécheresse, que la répétition d'épisodes plus ou moins rapprochés de canicule, de grand froid ou de sécheresse.

Moins qu'à l'évolution des moyennes (de pluviométrie ou de températures), le forestier sera par conséquent amené à considérer la fréquence des épisodes de gel, de canicule ou de sécheresse auxquels ses arbres sont et seront confrontés. Et leur capacité à traverser sans dommage ces épisodes sera en grande partie liée à son environnement : type de peuplement, caractéristiques du sol, exposition, etc.

La gestion forestière doit par conséquent intégrer quatre grands principes :

- Adaptation stricte et raisonnée des essences au milieu,
- Mélanger les essences,
- Diversifier les gestions,
- Favoriser et augmenter la variabilité génétique.

FEUX DE FORET

La recrudescence d'épisodes de sécheresse et de fortes chaleurs favorise les feux de forêt

On peut considérer que le risque d'incendie sur le territoire de la CUCM, faible actuellement, n'évoluera guère à court terme (horizon 2040). En revanche, il augmentera au cours de la seconde moitié du siècle. On peut dire, pour en donner une idée, qu'il sera alors comparable à ce qu'il est aujourd'hui dans les départements de l'Ardèche ou de la Drôme. Si ce risque peut paraître encore éloigné, il doit cependant être pris en compte dès à présent dans la gestion des massifs forestiers, qui s'inscrit nécessairement dans la longue durée.

¹⁷ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

Défense incendie

La prévention et la lutte contre les incendies sont essentielles dans la sécurité publique. Environ 35% du territoire ne sont toutefois pas couverts par des ouvrages publics de défense incendie. Cette compétence est déléguée à la CCM qui assure la maintenance des poteaux incendies sur le territoire, puisque faisant partie du dispositif d'alimentation en eau, et des aménagements (bassins, accès aux réserves d'eau).

1.2.8. Tourisme et activités de plein air

Les changements climatiques peuvent faire évoluer les pratiques touristiques (choix des destinations, calendrier, activités pratiquées...), mais également modifier les facteurs d'attractivité du territoire (paysages, disponibilité de l'eau...).

Dans ce domaine encore, l'analyse qui a pu être faite de l'année 2003 est riche d'enseignements.

"La Bourgogne est une région dont les motivations de séjour (découverte des vins et de la gastronomie, visite de sites culturels et de villes...) sont peu compatibles avec les records de températures enregistrés durant l'été, les prestataires ont vu la clientèle s'éloigner de leurs établissements vers des contrées moins caniculaires, notamment les régions de l'ouest. D'ailleurs, les espaces bourguignons les plus frais, tels le Morvan des lacs, ont semble-t-il à cet égard bénéficié cet été d'un avantage substantiel; de même pour les activités rurales, comme les gîtes ruraux et les activités de plein air."

Sur la période de mai à septembre, l'activité hôtelière s'inscrit en baisse par rapport à la même période de 2002 ; cette baisse est de même amplitude que celle enregistré au niveau national. *"Le nombre de nuitées en hôtels a diminué en Bourgogne (de - 4.4 % sur l'année et - 5.2 % sur les mois de mai à septembre) en 2003 par rapport à 2002. En revanche les campings ont connu une hausse de 2.4 % sur la saison du nombre de nuitées"*.

"La canicule a bénéficié au Morvan, qui a enregistré une baisse du nombre de nuitées dans les hôtels de seulement 1.4 % sur les mois de mai à septembre, et en revanche, une augmentation nette de 19 % de la fréquentation dans les campings entre 2002 (261 949 nuitées en camping) et 2003 (311 647 nuitées en camping)"¹⁸.

1.2.9. Activités industrielles

Les activités industrielles peuvent être impactées de différentes façons par les changements climatiques :

- ▶ au regard de la ressource en eau, dont elles utilisent des volumes importants ;
- ▶ au regard de leur approvisionnement énergétique, qui peut être fragilisé à certains moments ;
- ▶ au regard de leurs process, lorsque ceux-ci requièrent des conditions précises de température - cela peut concerner également leurs dispositifs d'épuration des eaux ;
- ▶ au regard des risques d'inondation, lorsqu'elles sont dans des secteurs exposés ;
- ▶ au regard de leur production, lorsque la consommation de ce qu'elles produisent est influencé par les conditions météorologiques¹⁹ ;
- ▶ au regard des conditions de travail des salariés, lors des épisodes de fortes chaleurs ; les entreprises peuvent être amenées à prendre des mesures pour s'adapter à ces épisodes : modification des horaires de travail, mesures d'atténuation (pauses, boissons), ...

¹⁸ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

¹⁹ Ce qui est particulièrement vrai pour le secteur alimentaire, peu représenté sur le territoire de la Communauté urbaine.

1.2.10. Energie

L'activité du secteur énergétique est particulièrement sensible aux conditions climatiques.

C'est l'énergie électrique qui s'avère la plus impactée par les changements climatiques, comme on a pu notamment l'observer en 2003 ²⁰ : "On n'a pas observé de conséquences pour le pétrole, le gaz et le charbon. En revanche, pour les productions et consommations d'électricité l'été 2003, et plus particulièrement la semaine du 15 août, a connu un "effet de ciseau" alliant une réduction de l'offre (...) à une augmentation de la demande (la canicule a entraîné une augmentation de 5 à 10 % de la consommation d'électricité, les fortes chaleurs obligeant à "fabriquer plus de froid" : les réfrigérateurs, congélateurs, climatiseurs, ventilateurs et instruments industriels de refroidissement ont été en effet pleinement sollicités ; *"pour chaque degré de température au-dessus de 25 degrés, la France consomme environ 250 à 300 mégawatts supplémentaires, ce qui représente grosso modo la consommation de la ville de Nantes"*.

²⁰ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

1.3. Quelle stratégie ?

Les changements climatiques, encore relativement peu perçus jusqu'à présent à l'échelon local, vont s'amplifier dans les prochaines décennies, et transformer nos conditions d'existence. Dans certains domaines, nous nous y adapterons progressivement, spontanément. Dans beaucoup d'autres, nous aurons au contraire à anticiper ces changements, nous y préparer de manière active si nous voulons éviter d'en subir les effets négatifs - et profiter le cas échéant de leurs effets positifs : c'est l'objet d'une stratégie d'adaptation aux changements climatiques.

Effets du changement climatique : des risques encore abstraits pour les Français

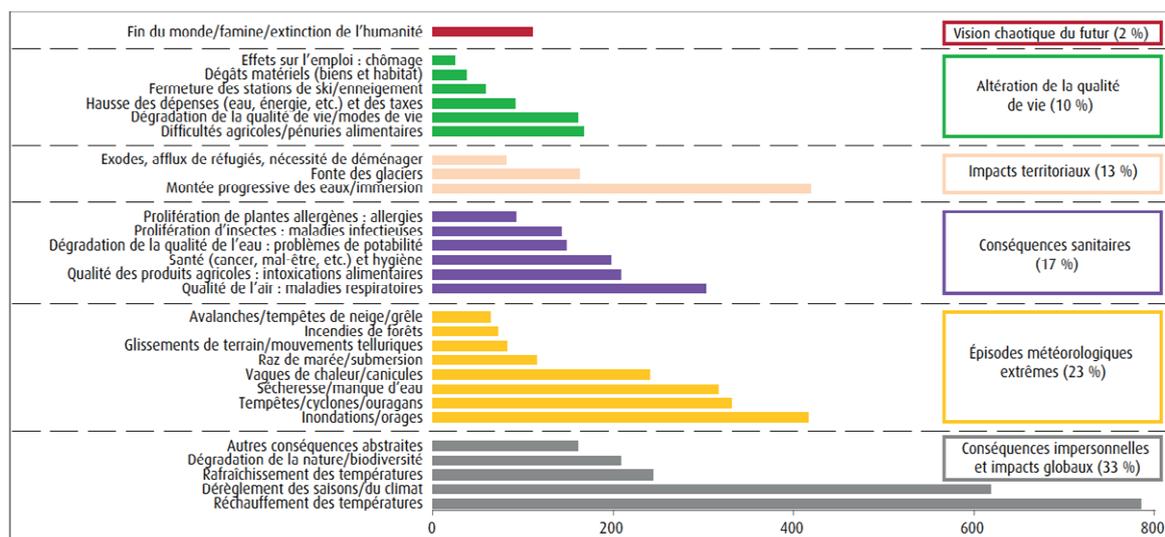
[Commissariat général au développement durable, "Le point sur", n° 213, octobre 2015]

Parmi les différentes questions environnementales, le changement climatique est le premier sujet de préoccupation environnementale des Français. Ce risque s'avère cependant difficile à appréhender de manière concrète. Interrogés pour savoir quelles conséquences les changements climatiques pourraient avoir pour eux à l'avenir, un quart des Français n'ont pas idée des impacts potentiels. Par ailleurs, 15.% jugent que cela n'aura pas d'effet négatif à leur échelle.

Au premier rang des conséquences redoutées, les phénomènes météorologiques extrêmes et les problèmes de santé induits par le changement climatique devancent les impacts territoriaux et la dégradation des conditions de vie. Pour autant, plus de la moitié des réponses spontanément citées s'avèrent impersonnelles, dans la mesure où elles insistent principalement sur les impacts globaux de ce phénomène à l'échelle planétaire. Cette relation distante voire abstraite que certains Français entretiennent avec ce sujet se révèle pour partie liée au niveau d'études et à l'âge des enquêtés.

Figure 2 : répartition des conséquences citées

En nombre d'occurrences



L'adaptation aux changements climatiques - plus précisément : aux conséquences du changement climatique - n'est bien évidemment pas une question qu'il serait possible de "traiter" en une fois. C'est **une préoccupation de longue haleine qu'il va falloir intégrer - et apprendre à intégrer - dans l'ensemble des politiques publiques et des stratégies des acteurs du territoire.**

Soulignons d'emblée que les questions soulevées par les conséquences du changement climatique ne sont pas forcément nouvelles : dans de nombreux cas, ces évolutions accentuent des problématiques existantes.

Pour être pragmatique, il faut commencer par identifier les problématiques auxquelles il faut répondre, puis les hiérarchiser.

La hiérarchisation proposée est simple. Elle repose sur une distinction entre :

- ▶ les problématiques auxquelles il est indispensable de s'attaquer dès à présent, car la façon dont elles seront traitées conditionne, de façon parfois irréversible, les capacités d'adaptation à court, moyen et long terme ;
- ▶ les problématiques auxquelles des réponses pourront être apportées progressivement, en fonction du rythme et de l'ampleur des évolutions observées.

Il y a ensuite un tri à opérer entre des problématiques qu'il paraît nécessaire de traiter au niveau du territoire, et celles qui sont traitées par ailleurs, ou par d'autres acteurs ; par exemple :

- ▶ la prévention des effets des canicules pour les personnes fragiles rentre dans la seconde catégorie, dans la mesure où elle fait l'objet des Plans départementaux de gestion des canicules, sous l'autorité des préfets ;
- ▶ la sobriété en eau des activités domestiques et économiques relève en revanche d'une approche au niveau de la CUCM.

En outre, certaines problématiques sont à une échelle qui n'est pas celle de la CUCM ; c'est par exemple le cas pour ce qui concerne la prévention de nouveaux risques sanitaires pouvant résulter des changements climatiques.

Cela conduit à proposer le classement suivant :

Les problématiques	auxquelles il est nécessaire de s'attaquer dès à présent	auxquelles des réponses pourront être apportées progressivement
à traiter à l'échelle de la CUCM	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des eaux • Disponibilité et usages de l'eau • Crues • Sécheresse des sols • Transformation des milieux naturels et conservation des "infrastructures naturelles" (bocage, zones humides...) • Allergies • Qualité de l'air • Retrait/gonflement des argiles • Adaptation des gestions forestières 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptation des activités agricoles • Adaptation des activités touristiques • Adaptation des activités industrielles • Adaptation des infrastructures
à traiter à une autre échelle	<ul style="list-style-type: none"> • Allergies 	<ul style="list-style-type: none"> • Effets des épisodes de fortes chaleurs sur la santé • Pathologies favorisées par les changements climatiques • Adaptation des infrastructures

Enfin, il faut garder présent à l'esprit que :

- ▶ si nous savons quelles sont les évolutions auxquelles nous devons nous attendre, nous en connaissons avec moins de certitudes le rythme (la vitesse) et l'ampleur,
 - ▶ les conséquences des changements climatiques se traduisent davantage par l'accentuation de problématiques existantes que par l'introduction de questions nouvelles,
- ⇒ **ce qui conduit à privilégier des stratégies d'adaptation "sans regret", c'est-à-dire celles qui généreront des "bénéfices" quoi qu'il arrive.**

1.3.1. Premier pilier d'une stratégie d'adaptation : face aux enjeux globaux, renforcer la résilience du territoire.

Si des vagues de chaleur ou des événements climatiques "extrêmes" sont des événements qui marquent davantage les esprits, **les principaux enjeux liés aux changements climatiques tiennent sur le territoire de la CUCM à la disponibilité des ressources en eau et à la résilience des milieux naturels** – c'est-à-dire leur capacité à faire face à un changement de leurs conditions de vie.

Pourquoi ?

En raison, dans les deux cas, d'un "effet ciseau" :

▶ **Pour la disponibilité des ressources en eau,**

- d'un côté : des précipitations plus irrégulières diminuent et rendent plus aléatoires le renouvellement et par conséquent la disponibilité des ressources en eau,
- de l'autre : le réchauffement augmente les besoins en eau aux périodes où elle est la moins disponible.

⇒ **en jeu : la disponibilité de l'eau pour les milieux naturels et les activités humaines.**

▶ **Pour les milieux naturels,**

- d'un côté : le changement climatique en fragilise les équilibres, et diminue par conséquent leurs possibilités s'adapter à de nouvelles conditions et de résister à des agressions (stress hydrique et thermique, propagation de nouvelles espèces, parasites ou maladies),
- de l'autre : il favorise de nouvelles espèces, et la propagation d'agents potentiellement parasites, pathogènes, infectieux ou allergiques – vis-à-vis desquels la diversité et la bonne santé des écosystèmes constituent les meilleurs remparts.

⇒ **en jeu : l'équilibre des milieux naturels et risques inhérents aux possibles déséquilibres.**

Ces deux enjeux, **la disponibilité des ressources en eau et la résilience des milieux naturels, entretiennent en outre des liens étroits** : des milieux naturels équilibrés contribuent à limiter les conséquences de l'irrégularité des précipitations, ils favorisent l'infiltration des pluies, ralentissent les écoulements et retiennent, dans les sols et les feuillages, des quantités d'eau qui leur permettent de mieux affronter les périodes sèches²¹.

Renforcer la résilience du territoire face aux conséquences des changements climatiques constitue par conséquent le premier pilier d'une stratégie d'adaptation pour le territoire : il s'agit concomitamment d'atténuer les effets de l'évolution des températures et du régime des précipitations sur la disponibilité de l'eau²², et de mettre pour cela en œuvre tout ce qu'il est possible de faire pour freiner l'eau, favoriser son infiltration, en préserver la qualité, et de préserver la diversité des milieux et des espèces, qui constitue un facteur essentiel d'adaptation.

²¹ Et, plus spécifiquement, des cours d'eau en bon état réduisent davantage les polluants organiques qui sont sinon à l'origine d'une eutrophisation que de faibles débits et la chaleur accentuent.

²² Pas seulement, il faut le souligner, pour les activités humaines, mais pour l'ensemble des besoins, y compris ceux des milieux naturels, pour lesquels la disponibilité de l'eau est également un facteur de résistance, d'adaptation à des conditions de vie qui évoluent.

Les mesures proposées dans le cadre de la stratégie locale de la biodiversité (2011) constituent une bonne illustration des moyens à mettre en œuvre²³.

Milieux / habitats	Enjeux / actions à engager
Milieux boisés	Type de gestion et plans de gestion, évolution naturelle des milieux boisés et mise en place d'îlots de vieillissement, soumission au régime forestier, expertise des propriétés forestières du territoire
Bocage	Replantations et retour de haies hautes, reconstitution d'arbres de hautes tiges, diversification des essences et espèces, plans de gestions bocagers
Prairies mésophiles de fauche	Extensification agricole, mise en place de « bonnes pratiques »
Prairies para-tourbeuses et zones humides	Maintien des bonnes pratiques, retour à l'aulnaie marécageuse
Etangs	Gestion des berges et du marnage, mise en place de plans de gestion de la biodiversité
Mares	Maintien, restauration, création, inventaire exhaustif des mares du territoire, accès au bétail
Cours d'eau	Reconstitution des ripisylves, destruction des seuils infranchissables, clôture des berges, aménagements d'abreuvoirs pour le bétail
Landes acides	Contrôle du boisement et surveillance de la progression, mise en place de plan de gestion.
Surfaces urbanisées	Préservation des continuités écologiques, inventaire des espèces liées au bâti, réhabilitation des friches industrielles, limitation de la consommation d'espace

1.3.2. Second pilier d'une stratégie d'adaptation : des réponses aux enjeux sectoriels.

Les réponses locales aux enjeux plus sectoriels constituent le second "pilier" de cette stratégie d'adaptation.

- ▶ Elles passent notamment à travers :
 - la sobriété des usages de l'eau (domestiques et industriels en particulier),
 - la performance des systèmes d'assainissement des eaux usées,
 - la prise en compte des écoulements d'eau et de la place de la végétation dans les aménagements urbains,
 - l'information et la prise en compte des risques liés au retrait gonflement des argiles dans les constructions neuves,
 - la prise en compte du confort d'été dans les bâtiments,
 - l'adaptation des essences et des modes de gestion dans les forêts publiques et privées,
 - l'adaptation des pratiques agricoles,
 - la définition de dispositions adaptées aux épisodes de fortes chaleurs dans les entreprises privées et les organismes publics,
 - la poursuite d'une réflexion sur l'adaptation des activités touristiques d'une part, la prise en compte des effets des extrêmes climatiques sur les infrastructures d'autre part.
- ▶ Elles recoupent les autres volets du PCAET pour ce qui concerne les questions liées à la qualité de l'air et à l'énergie.
- ▶ Elles doivent s'accompagner d'une information de l'ensemble des acteurs du territoire sur les conséquences des changements climatiques, la plupart du temps sous-estimées à l'échelon local.

²³ Etat des lieux de l'environnement du PLUi.

Seconde partie

Diagnostic de vulnérabilité du territoire aux changements climatiques

2. Le climat change

"Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. (...) Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. Les années 1983 à 2012 constituent probablement la période de 30 ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère Nord depuis 1 400 ans"²⁴.

"La température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,6 °C (plus de 1 °C en France métropolitaine) entre le début et la fin du XXe siècle (...). Cette tendance s'accélère : les dix années les plus chaudes depuis 100 ans sont toutes postérieures à 1997. Les scientifiques s'accordent aujourd'hui sur le diagnostic et sur les causes (...). Ils s'accordent aussi sur le pronostic : le réchauffement devrait s'accroître. Les différents scénarios fournis par les experts mondiaux du climat sont tous orientés à la hausse: la température moyenne de la Terre pourrait probablement augmenter entre 1,1 °C et 6,4 °C au cours du XXI^{ème} siècle"²⁵.

2.1.A l'échelle planétaire

En un siècle (de 1906 à 2005), la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté d'environ 0,74 °C²⁶.

La comparaison entre les observations et les simulations du climat permet d'attribuer l'essentiel du réchauffement climatique des 50 dernières années aux gaz à effet de serre d'origine humaine.

Cette augmentation se poursuit : d'ici 2100, la température moyenne à la surface de la terre pourrait encore augmenter de 1,1 à 6,4°C²⁷.

Ce réchauffement est important : l'étude des carottes de glace prélevées en Antarctique ou au Groenland sur quelques centaines de milliers d'années révèle en effet que l'écart de température moyenne du globe entre une ère glaciaire et une ère interglaciaire n'est que de 4 à 6°C.

Il est également extrêmement rapide et, plus encore que son ampleur, c'est cette rapidité qui pose problème : **avec le climat, ce sont les conditions de vie qui vont se trouver très rapidement modifiées, avec des incidences majeures pour les activités humaines²⁸.**

Plusieurs signes témoignent d'ores et déjà de ce réchauffement : le recul des glaciers de montagne, la montée du niveau des océans et la réduction de la surface occupée par la banquise. Les résultats des simulations montrent également des variations du régime des précipitations. Mais les moyennes cachent des disparités notables : l'augmentation des températures et les conséquences du changement climatique ne se manifestent pas de façon uniforme, **toutes les régions du globe ne sont pas touchées de la même façon**. Malgré cela, les différents modèles s'accordent sur un certain nombre de tendances pour la fin du XXI^{ème} siècle :

- **le réchauffement sera plus marqué sur les continents que sur les océans**, le réchauffement maximal étant prévu pour les régions arctiques ;
- à l'échelle planétaire, **le cycle de l'eau va s'intensifier**, ce qui implique un accroissement des précipitations moyennes sur les régions les plus humides et une diminution sur les régions les plus arides.

²⁴ Changements climatiques 2013 - Les éléments scientifiques - Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; résumé à l'intention des décideurs (on trouvera en annexe, p. 124, des extraits significatifs de ce résumé).

²⁵ Les cahiers de Météo France, "Le climat".

²⁶ http://climat.meteofrance.com/chgt_climat2/presentation/climat_futur/rechauffement%20?page_id=13312
http://climat.meteofrance.com/chgt_climat2/presentation/climat_futur/evolution_monde?page_id=13602

²⁷ Cette fourchette de réchauffement s'explique par l'incertitude due aux divers scénarios d'émissions de gaz à effet de serre et aux modèles simulant l'évolution du climat.

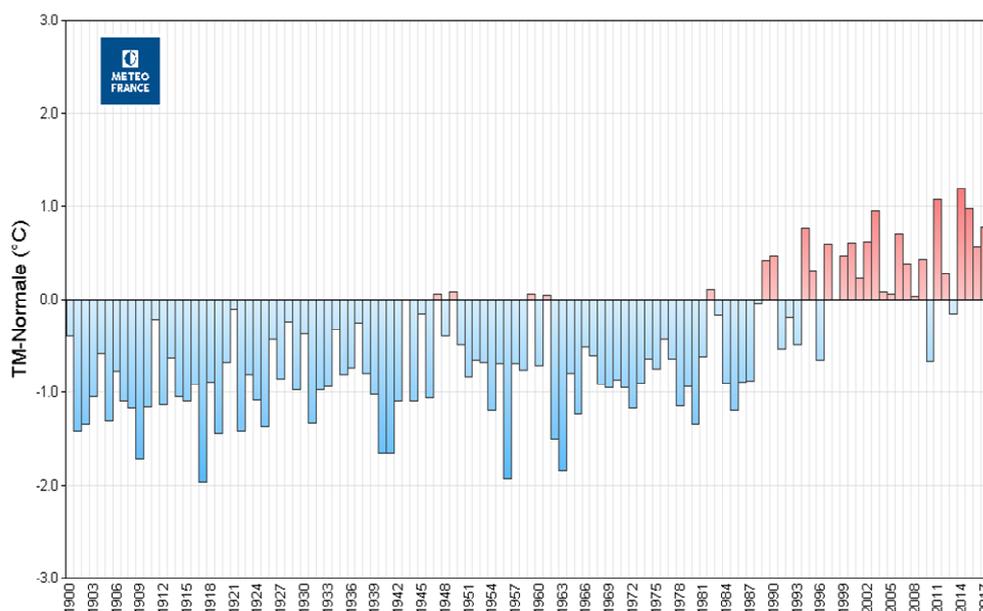
²⁸ Cf. les " Exemples d'incidences des changements climatiques à l'échelle planétaire" en annexe, p. 112.

2.2. En France

Le réchauffement observé en France est un peu supérieur à celui que l'on observe à l'échelle de la planète : les températures y ont augmenté de près d'un degré au cours du XX^{ème} siècle²⁹.

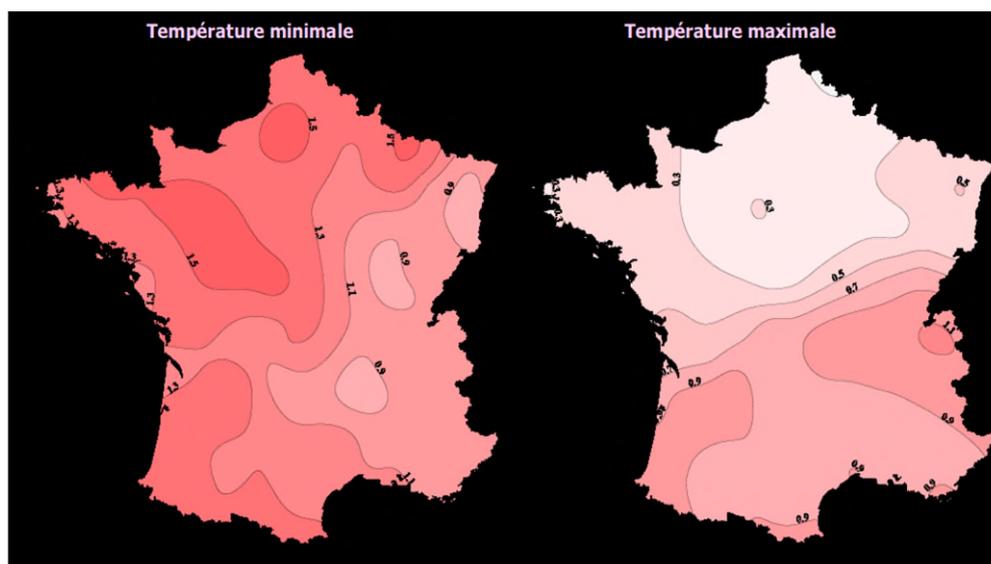
Ce réchauffement a été légèrement plus marqué sur le Sud que sur le Nord du pays, et les températures minimales (en fin de nuit) ont jusqu'à présent davantage augmenté que les températures maximales. Les 10 années les plus chaudes du siècle sont toutes postérieures à 1988.

Ecart à la normale 1981-2010 des températures moyennes depuis 1900



30

L'augmentation des températures en France au cours du XX^{ème} siècle³¹:



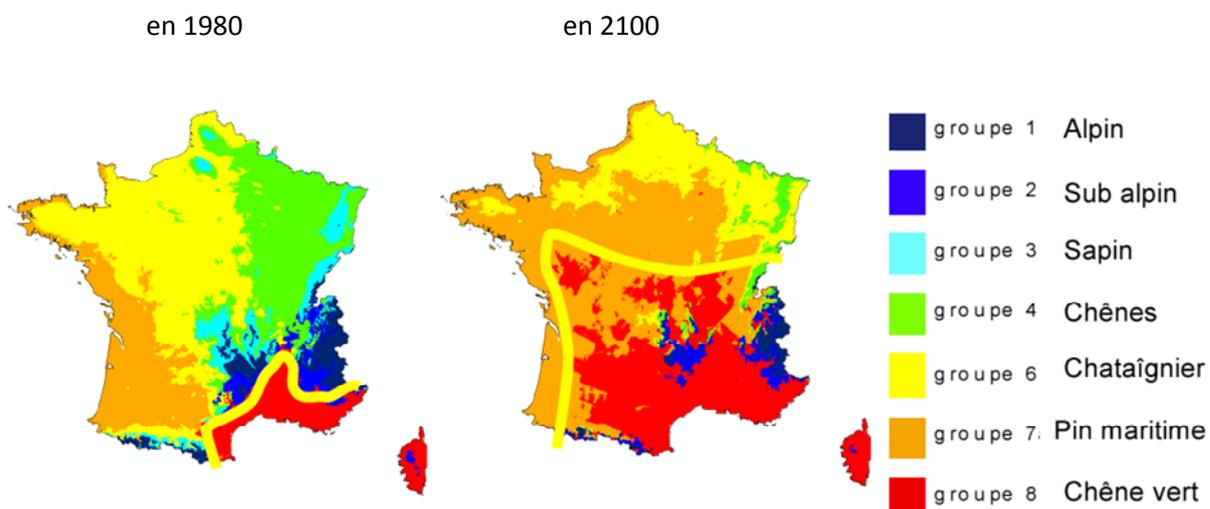
Ce réchauffement se poursuit et s'amplifiera au cours du XXI^{ème} siècle, avec des conséquences importantes, notamment sur le régime des précipitations et la disponibilité de l'eau.

²⁹ On trouvera en annexe, p. 121, une présentation plus détaillée de ces évolutions, en fonction notamment des saisons.

³⁰ <http://www.meteofrance.fr/actualites/56721703-2017-remarquablement-chaude-et-seche>

³¹ http://climat.meteofrance.com/chgt_climat2/chgt_climatique/constat/climat_rechauffe_france?page_id=13586

Ces évolutions modifient progressivement tout notre environnement ; on s'attend ainsi par exemple à une évolution importante de l'aire de répartition des principales formations forestières :

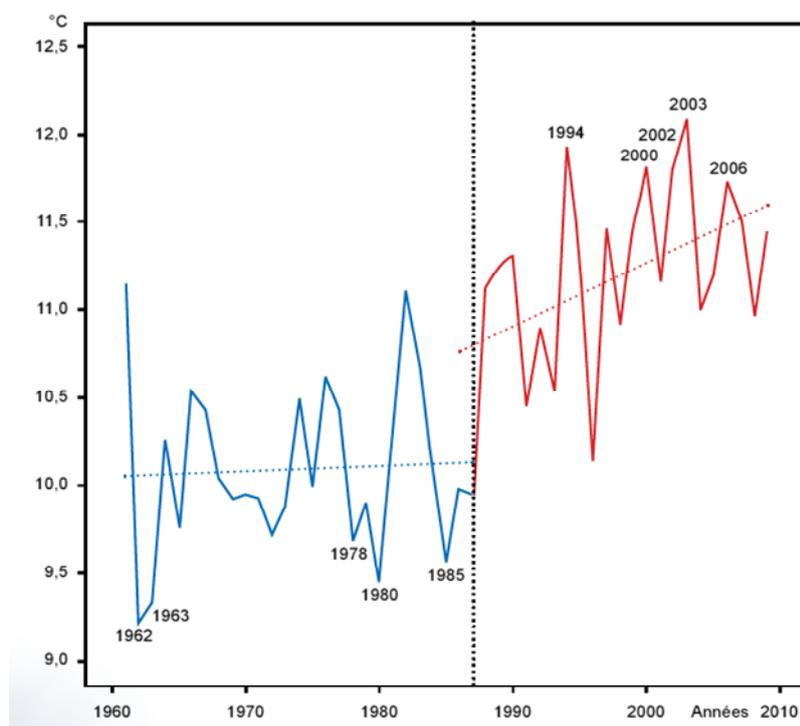


2.3. En Bourgogne

■ Les évolutions récentes

En Bourgogne comme sur l'ensemble du territoire métropolitain, la température annuelle moyenne a augmenté entre les années 1960-1970 et aujourd'hui. Mais ce réchauffement ne s'est pas opéré progressivement : il y a eu une rupture climatique en 1987-1988 et une hausse brutale des températures, marquant le passage à un climat plus chaud ³² :

Moyenne calculée sur les stations Météo France en Bourgogne



³² Cette partie est pour l'essentiel rédigée à partir de "*Le changement climatique en Bourgogne (1961-2040)*", Yves RICHARD et Thierry CASTEL - Biogéosciences / Centre de Recherches de Climatologie, Unité Mixte de Recherche -- 6282 - CNRS / Université de Bourgogne, Juillet 2012.

Jusqu'en 1987, la moyenne régionale témoigne de températures pouvant varier d'une année à l'autre de plus ou moins 1°C autour d'une moyenne dépassant à peine 10°C. Une année sur deux, à quatorze reprises, la température annuelle est inférieure à 10°C. Lors des années les plus froides (1962, 1963 et 1980), elle est à peine supérieure à 9°C. Deux années seulement (1961 et 1982) ont vu la température dépasser 11°C. Les cinq années les plus froides depuis 50 ans (1962, 1963, 1978, 1980 et 1985) sont intervenues avant 1987.

Depuis 1988, les températures sont toujours supérieures à 10°C. Elles dépassent 11,5°C, température jamais atteinte avant 1987, à six reprises (1994, 2000, 2002, 2003, 2006 et 2007). Elles culminent à 12,1°C en 2003. Les cinq années les plus chaudes (1994, 2000, 2002, 2003 et 2006) sont enregistrées depuis 1988 et quatre d'entre elles appartiennent aux années 2000.

À l'échelle saisonnière, ce sont le printemps et l'été qui se réchauffent le plus, avec des hausses atteignant jusqu'à 0,5°C par décennie. En automne et en hiver, les tendances sont également en hausse, mais avec des valeurs moins fortes.

En cohérence avec cette augmentation des températures, le nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures ou égales à 25°C) augmente et le nombre de jours de gel diminue³³.

Les précipitations annuelles ont légèrement augmenté. *La lame d'eau annuelle moyenne serait passée de 723 à 796 mm, soit une progression de l'ordre de +10%. Cette augmentation des précipitations est partagée par l'ensemble des mois, excepté le mois de mai. Mais elle est principalement due à une augmentation des pluies automnales (octobre-novembre).*

Le nombre de jours avec précipitations a augmenté, il est passé de 111 à 121. Cette augmentation concerne l'ensemble des catégories d'intensité. On assisterait donc à des précipitations plus abondantes en raison de deux facteurs combinés : des précipitations plus fréquentes et plus intenses.

Mais les sécheresses hydriques et hydrologiques sont pourtant plus sensibles. *L'absence d'augmentation des sécheresses météorologiques (période prolongée de précipitations en dessous de la moyenne) peut surprendre. En effet, ces dernières années, sécheresses hydriques et hydrologiques semblent être plus fréquentes. Les sécheresses hydriques, qui concernent l'eau dans le sol, ne sont pas une fonction simple des sécheresses météorologiques. Elles prennent également en compte l'évaporation et l'évapotranspiration (via les plantes). Dans un contexte plus chaud, ces processus sont renforcés. Pour les sécheresses hydrologiques, qui concernent les nappes phréatiques, on doit également considérer l'intensité des prélèvements anthropiques (irrigation, eau à usage urbain...). **Ainsi, même si les sécheresses météorologiques ne sont ni plus fréquentes ni plus intenses depuis 1988, les sécheresses hydriques et hydrologiques, du fait du réchauffement et des besoins accrus, sont plus préoccupantes qu'auparavant.***

■ Les évolutions attendues pour les décennies à venir

Les températures moyennes sur la période 2031-2040 sont simulées par modélisation.

Entre les périodes 1971-1980 et 2031-2040, les températures simulées sont toutes en augmentation (jour et nuit, été et hiver) et partout. Le réchauffement est de l'ordre de +2°C. Cela concorde avec l'augmentation observée depuis 1988.

³³ "De 1961 à 1987, on compte en moyenne 89 jours de gel par an. Depuis 1988, ce nombre tombe à 63, soit 26 jours de gel en moins par an. Les résultats concernant les fortes gelées ($T < -5^{\circ}\text{C}$) et très fortes gelées ($T < -10^{\circ}\text{C}$) sont du même ordre. Les très fortes gelées restent possibles de décembre à février, mais deviennent très rares (1 par an contre 5 auparavant). La saison où les gelées sont à craindre est plus courte. De 1961 à 1987, les gelées tardives affectent régulièrement la Bourgogne en mai (mois comprenant les fameux Saints de glace), ce n'est plus le cas depuis 1988, tout du moins de manière régulière. De même, les gelées précoces (intervenant dès septembre) tendent à disparaître. En mars, les fortes gelées ($T < -5^{\circ}\text{C}$), fréquentes avant 1987, sont rares depuis 1988. Les risques de gel au printemps et en automne sont moindres. Le calendrier est modifié avec des printemps plus précoces et des automnes plus tardifs".

Ces simulations permettent de décomposer saisonnièrement et géographiquement le réchauffement à venir. L'été devrait se réchauffer plus que l'hiver, et les températures maximales (jours) plus que les minimales (nuits). A noter que cela est conforme avec ce qui est déjà observé. La modélisation offre enfin la possibilité de spatialiser les variables climatiques. En été, c'est la plaine de la Saône, et plus généralement le sud et l'est de la région, qui se réchaufferaient le plus. En hiver, à l'opposé, c'est l'Yonne et le Chatillonnais, et plus généralement le nord de la Bourgogne, qui connaîtraient la plus forte évolution. Ces résultats positionnent la Bourgogne dans une situation charnière entre les évolutions simulées par plusieurs équipes de recherche sur l'Europe du Nord (à laquelle appartiendrait le nord de notre région) et du sud (à laquelle se rattacherait la moitié sud de la Bourgogne).

Concernant les précipitations, les projections sont plus incertaines³⁴. Si une augmentation des précipitations annuelles au cours du XXI^{ème} siècle ne peut être exclue, elle n'est pas le scénario le plus probable, la moyenne des simulations tendant plutôt à mettre en évidence une diminution des précipitations.

3. Le climat de la CUCM

3.1. Entre climats océanique et semi-continentale

Les climatologues discernent huit grands types de climats sur la France³⁵ :

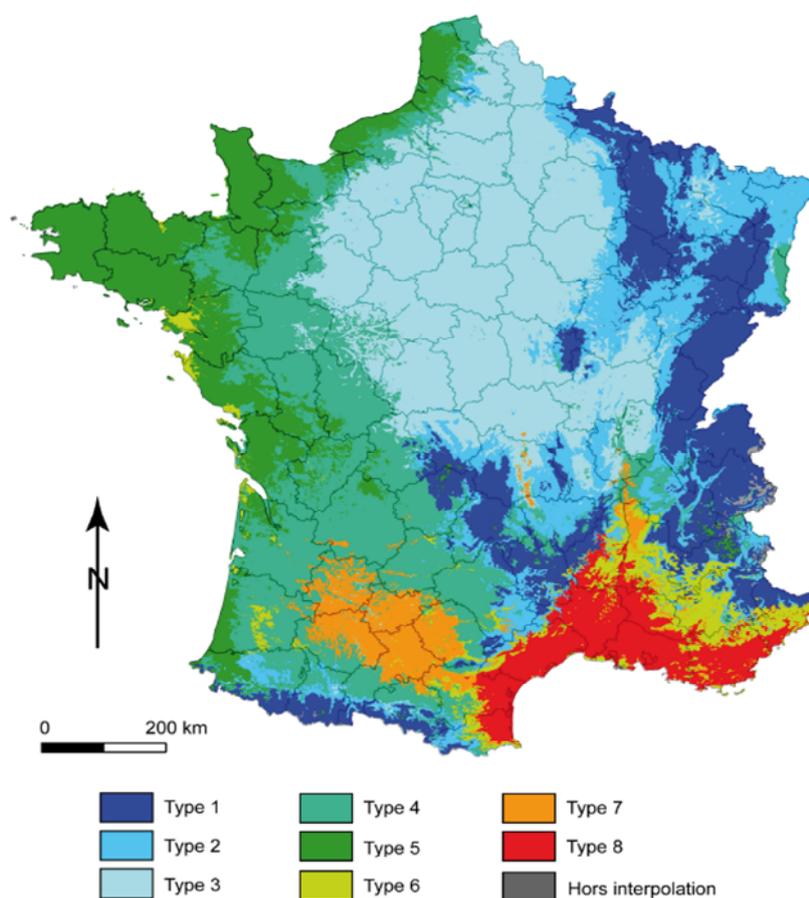


Figure 2. Typologie climatique du territoire français en 8 classes

³⁴ Rapport final du projet HYCCARE Bourgogne, avril 2016, p. 54.

³⁵ Daniel Joly, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailhes, Mohamed Hilal et Pierre Wavresky, « Les types de climats en France, une construction spatiale », Cybergeog : European Journal of Geography [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, article 501, mis en ligne le 18 juin 2010, consulté le 28 février 2013. URL : <http://cybergeog.revues.org/23155> ; DOI : 10.4000/cybergeog.23155

Le territoire de la CUCM peut être considéré dans une situation intermédiaire entre les types 2 et 3 :

▶ Type 2 : le climat semi-continental et le climat des marges montagnardes

Il regroupe les périphéries montagnardes et s'étend sur de vastes secteurs en Bourgogne, Lorraine et Alsace où les températures sont moins froides qu'en montagne (elles sont cependant, à altitude égale, plus froides que partout ailleurs), les précipitations légèrement plus faibles et moins fréquentes, mais la variabilité climatique sur la normale 1971-2000 tout aussi élevée. Le faible rapport entre les précipitations d'automne et d'été est une autre caractéristique de ce type.

▶ Type 3 : Le climat océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord

Ce type affecte l'ensemble du Bassin parisien avec une extension vers le sud (vallée moyenne de la Loire, le nord du Massif central et vallée de la Saône). Le climat reste océanique mais avec de belles dégradations. Les températures sont intermédiaires (environ 11°C en moyenne annuelle, entre 8 et 14 jours avec une température inférieure à -5°C). Les précipitations sont faibles (moins de 700 mm de cumul annuel), surtout en été, mais les pluies tombent en moyenne sur 12 jours en janvier et sur 8 en juillet, valeurs moyennes rapportées à l'ensemble français. La variabilité interannuelle des précipitations est minimale tandis que celle des températures est élevée.

3.2.Ce que l'on peut dire des évolutions du climat sur le territoire de la CUCM

Précisions méthodologiques

Les scientifiques utilisent depuis 2013 quatre scénarios d'émission de gaz à effet de serre : les RCP ("*Representative Concentration Pathway*"). A partir de ces scénarios de référence, les équipes travaillent simultanément : les climatologues produisent des projections climatiques utilisant les RCP comme entrée, tandis que les socio-économistes élaborent des scénarios d'émission qu'ils comparent aux scénarios RCP³⁶.

Les quatre scénarios RCP s'intitulent RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5. Ces chiffres sont ceux du forçage radiatif, exprimé en W/m^2 , de chacun de ces scénarios à l'horizon de la fin du XXI^{ème} siècle. Un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (différence entre le rayonnement entrant et le rayonnement sortant) au sommet de la troposphère (situé entre 10 et 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat – comme la concentration des gaz à effet de serre³⁶. Ils traduisent ainsi différentes hypothèses d'évolution du climat.

Nous avons choisi de présenter les évolutions du climat sur le territoire de la CUCM à partir des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 parce que :

- ▶ il est désormais acquis que le scénario RCP 2.6, correspondant à l'hypothèse de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre susceptibles de limiter le réchauffement planétaire à 2°C (objectif fixé fin 2015 lors de la COP 21 à Paris), sera malheureusement inéluctablement dépassé,
- ▶ le scénario RCP 6.0, se rapproche sensiblement du scénario 4.5 (même s'il conduit à des conséquences plus pessimistes).

⇒ En définitive, le choix des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 permet de dégager une trajectoire des évolutions climatiques auxquelles le territoire doit se préparer fondées sur des hypothèses que l'on peut brièvement résumer de la façon suivante :

RCP 4.5	Ce scénario se fonde sur l'hypothèse d'une population mondiale qui atteint un maximum de 9 milliards d'individus au milieu du siècle pour décliner ensuite, avec une économie rapidement dominée par les services, les "techniques de l'information et de la communication", et dotée de technologies énergétiquement efficaces, mais sans initiatives supplémentaires par rapport à aujourd'hui pour gérer le climat. Ce scénario est le plus optimiste.
RCP 8.5	Ce scénario prolonge les tendances actuelles jusqu'à la fin du XXI ^{ème} siècle.

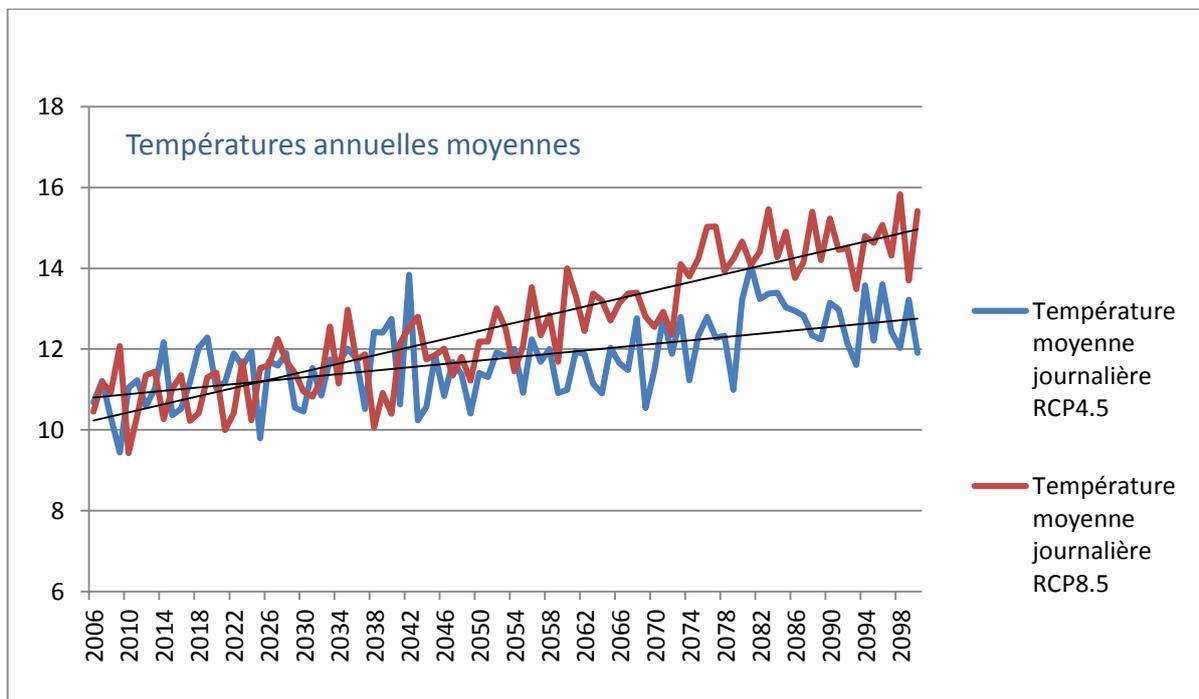
Les données utilisées sont celles des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM-GAME) et mises à disposition par Météo France sur le portail Drias^{les futurs du climat} ³⁷. La résolution spatiale de la grille de représentation des données la plus fine est de 8 km. Nous avons utilisé les données de la maille géographique centrée sur Blanzky (modèle ALADIN, données 2006 à 2100).

³⁶ <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/175>

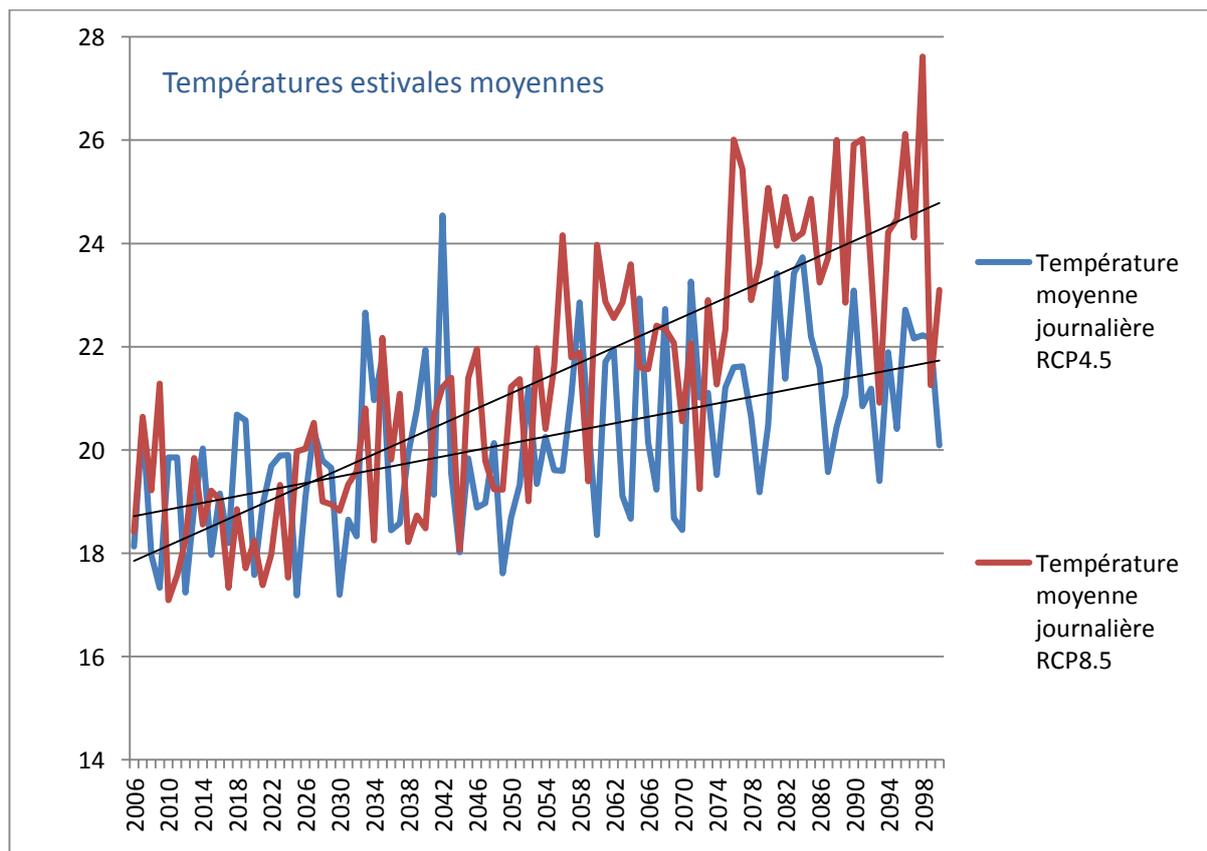
³⁷ <http://www.drias-climat.fr/>

3.2.1. Températures

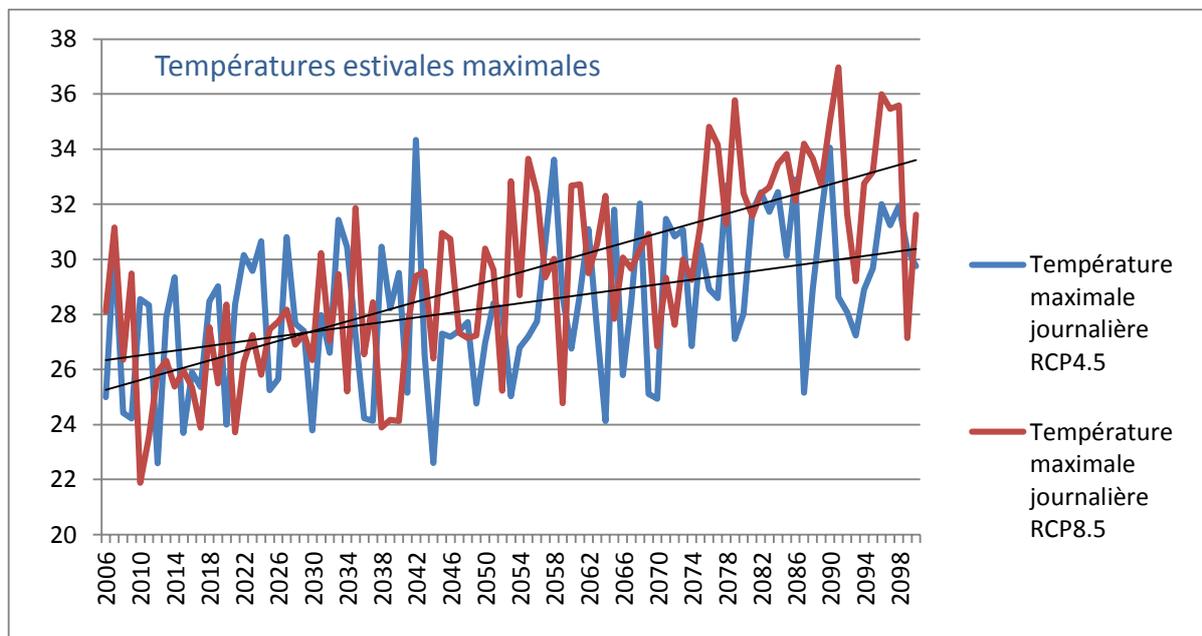
L'augmentation attendue des températures annuelles est très nette : de 2 à 5° environ d'ici la fin du siècle.



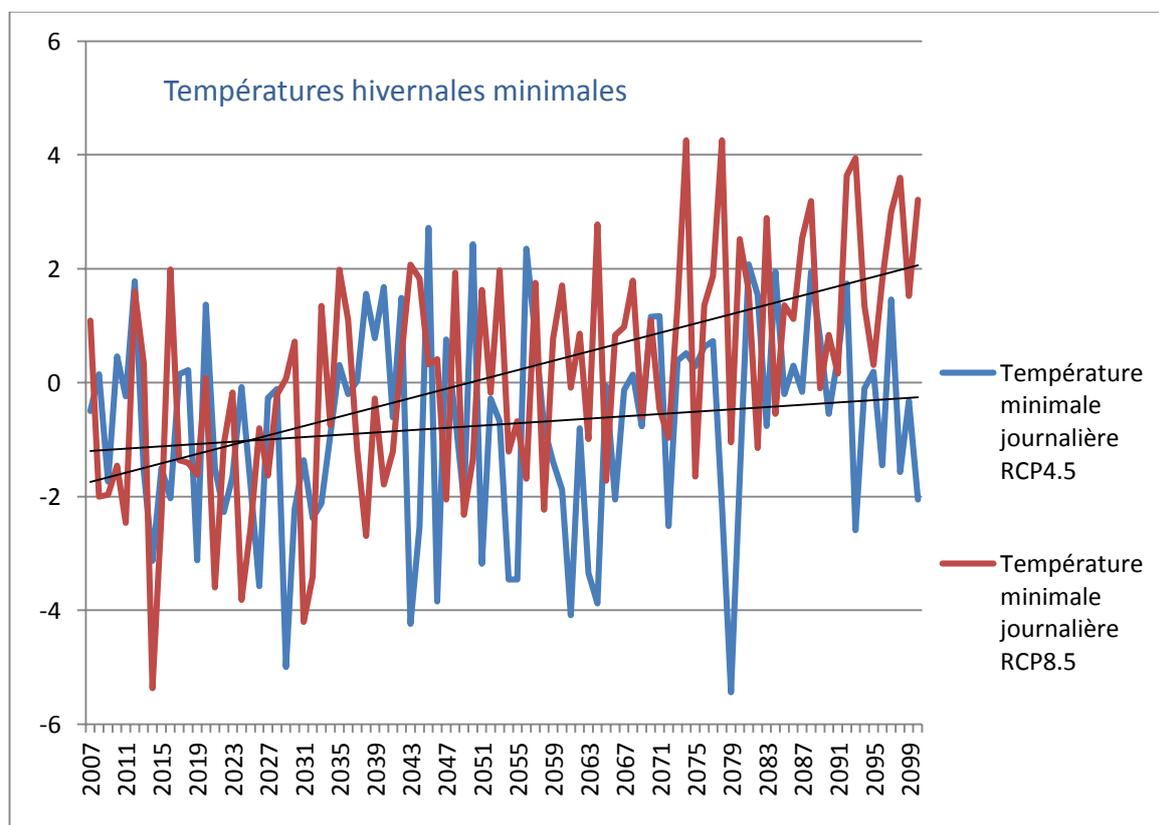
Cette augmentation est plus marquée encore l'été (de + 3 à + 6° pour les températures moyennes) :



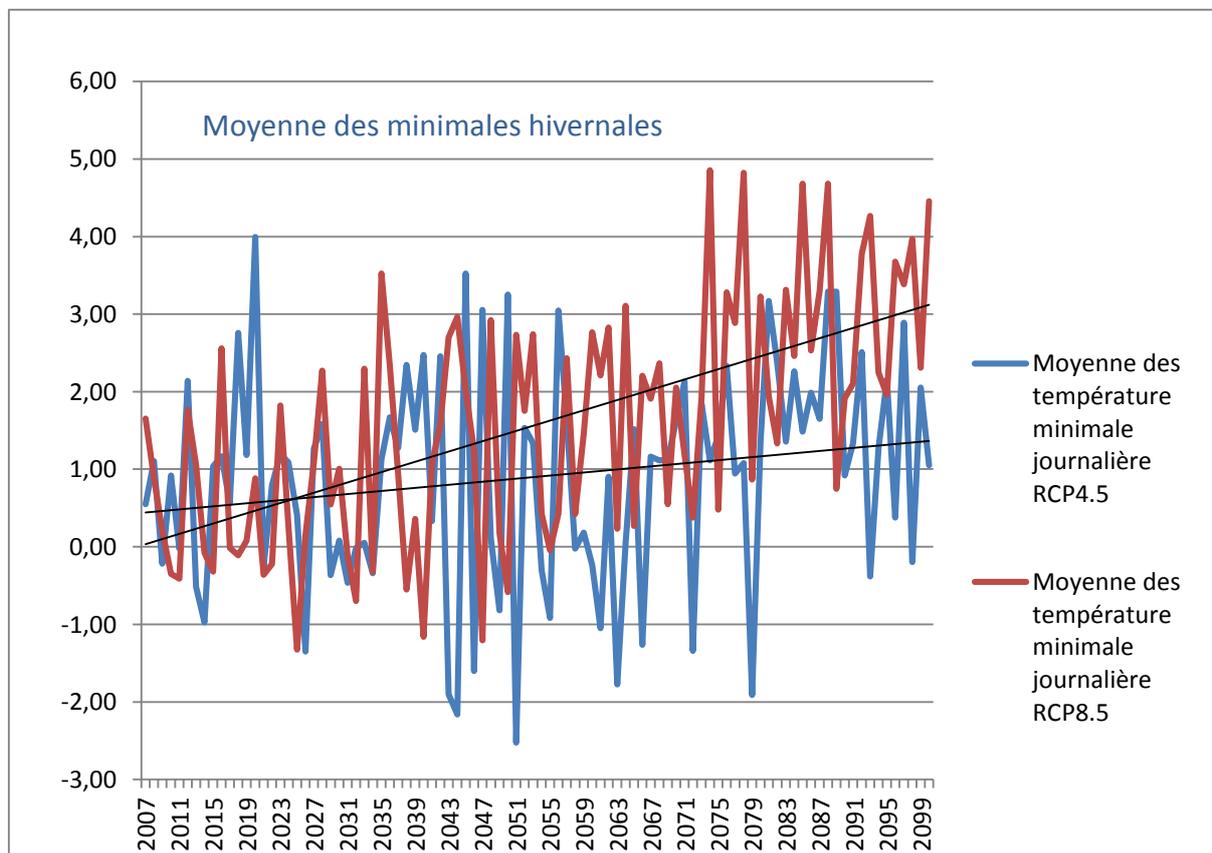
avec notamment une forte hausse des températures estivales maximales :



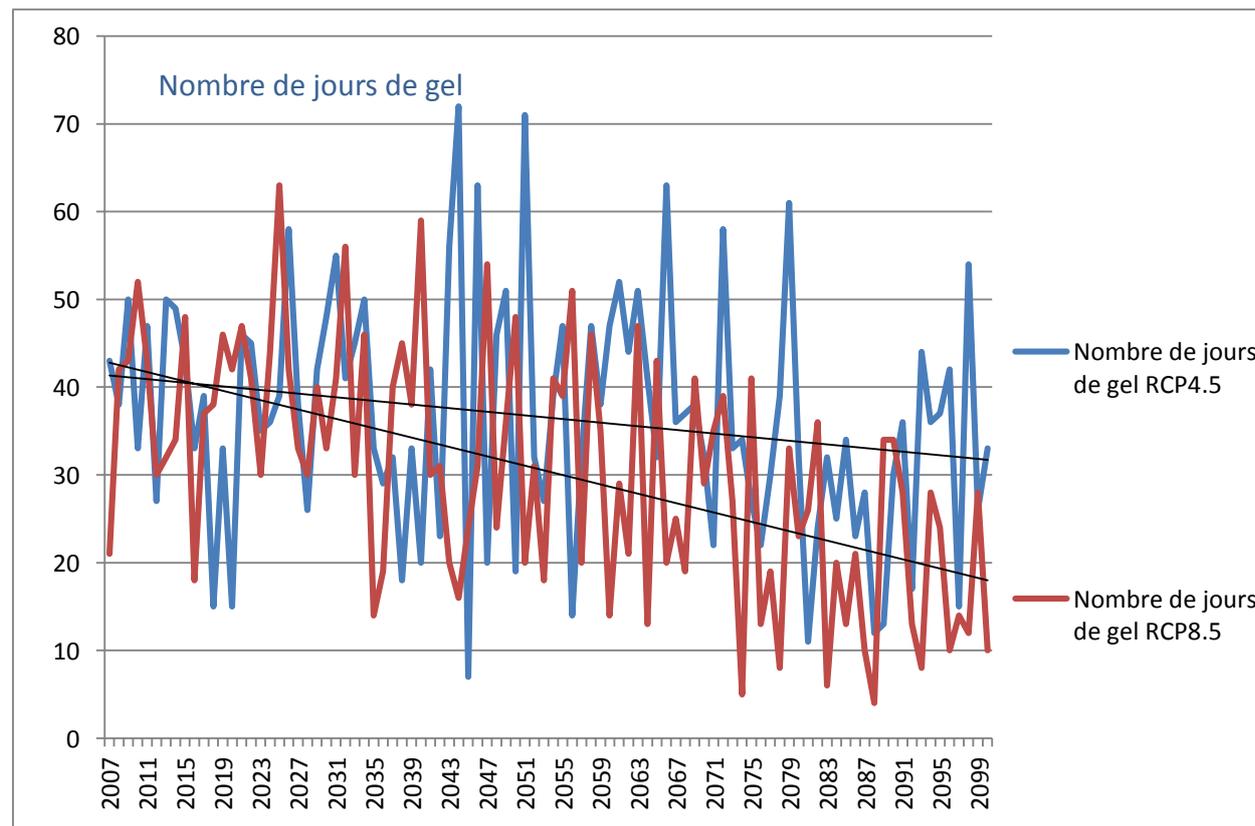
En hiver, les températures moyennes augmentent également :



Mais la tendance la plus significative, notamment dans ses conséquences pour la faune, la végétation et les cultures, est le relèvement des minimales hivernales :

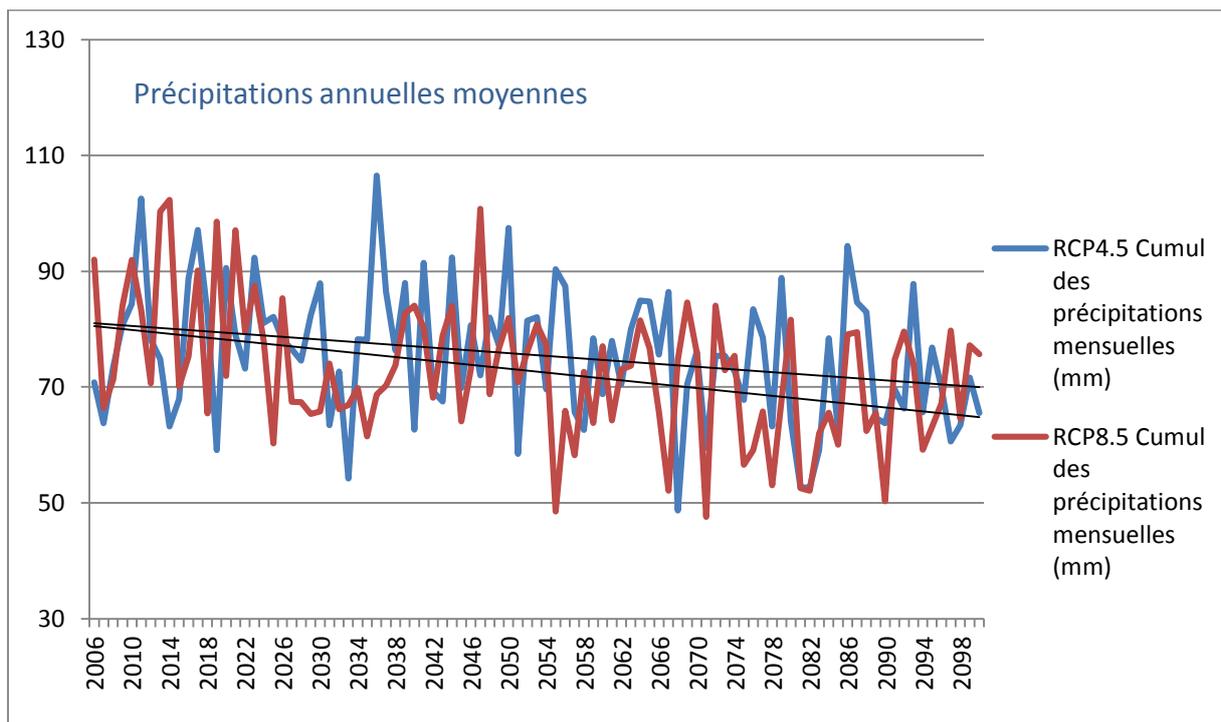


avec une diminution des périodes de gel :

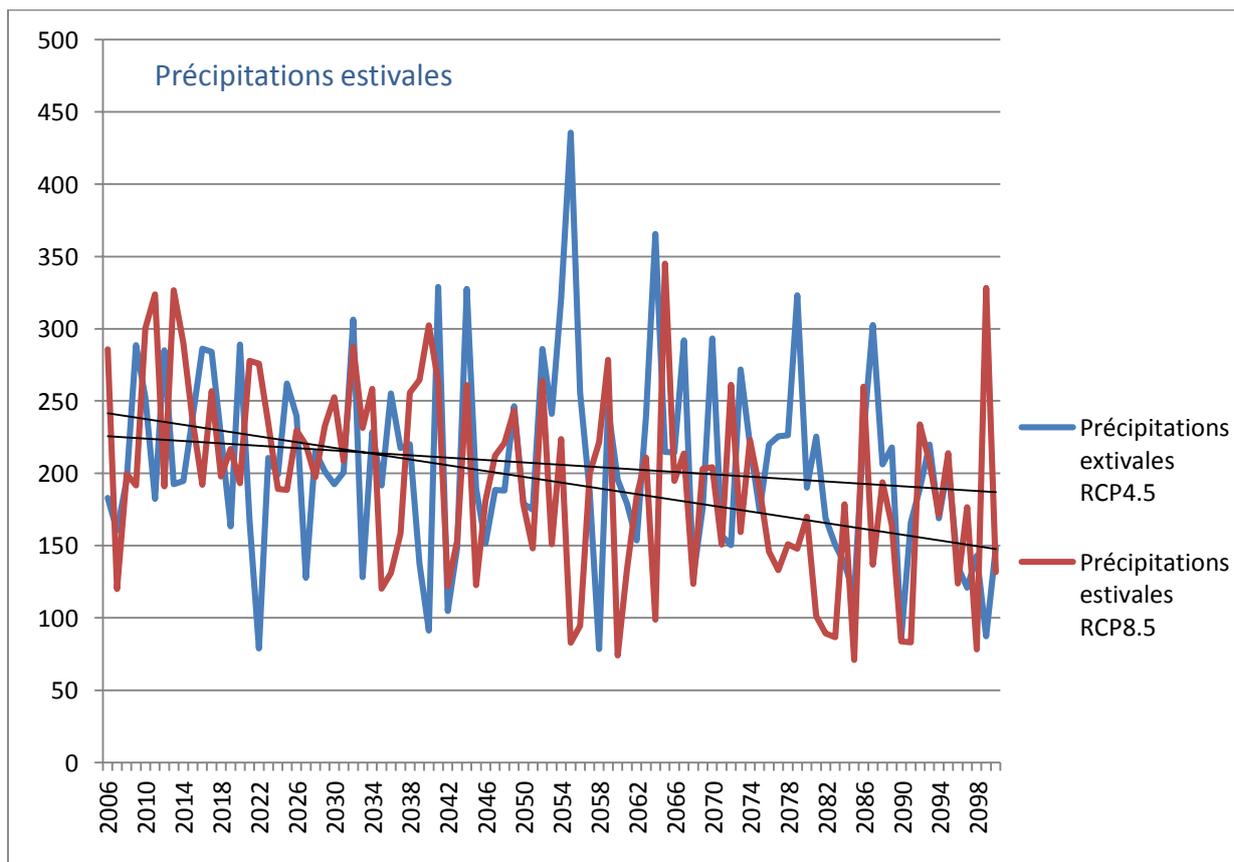


3.2.2. Précipitations

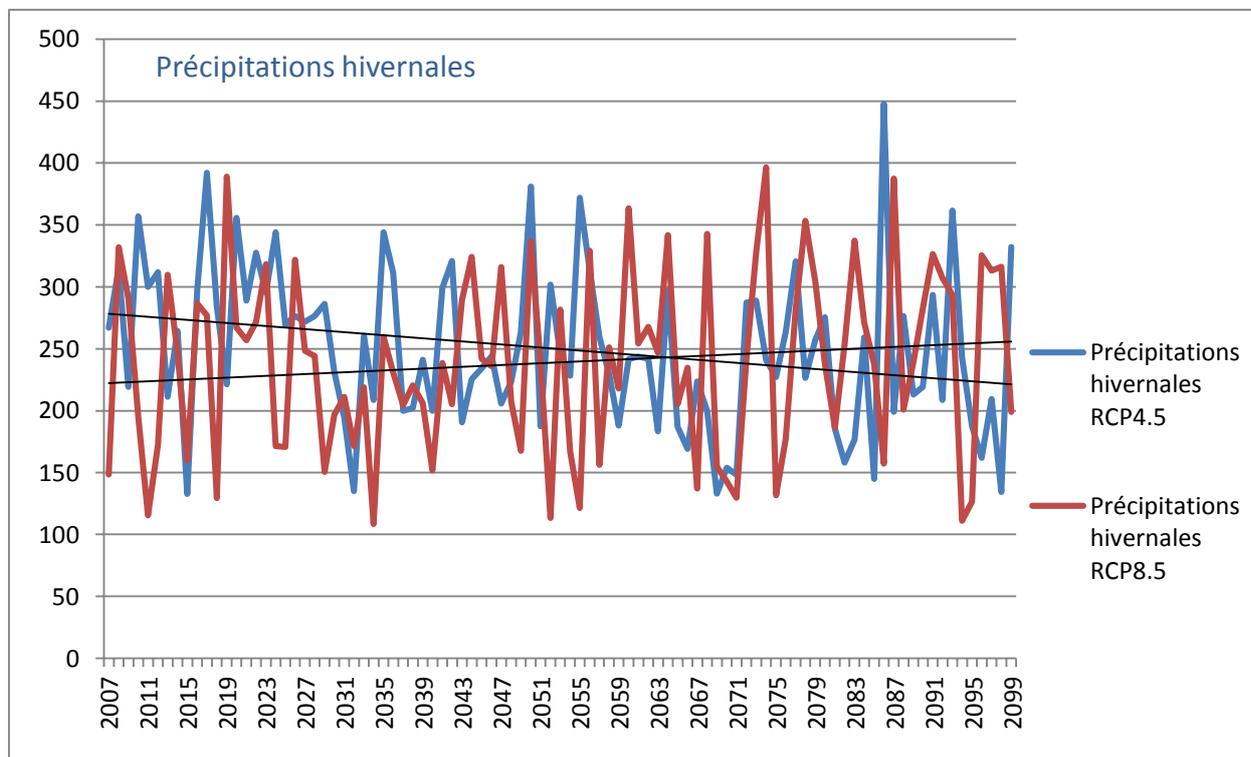
On s'attend à une diminution sensible des précipitations annuelles, sans très grande différence entre les deux scénarios :



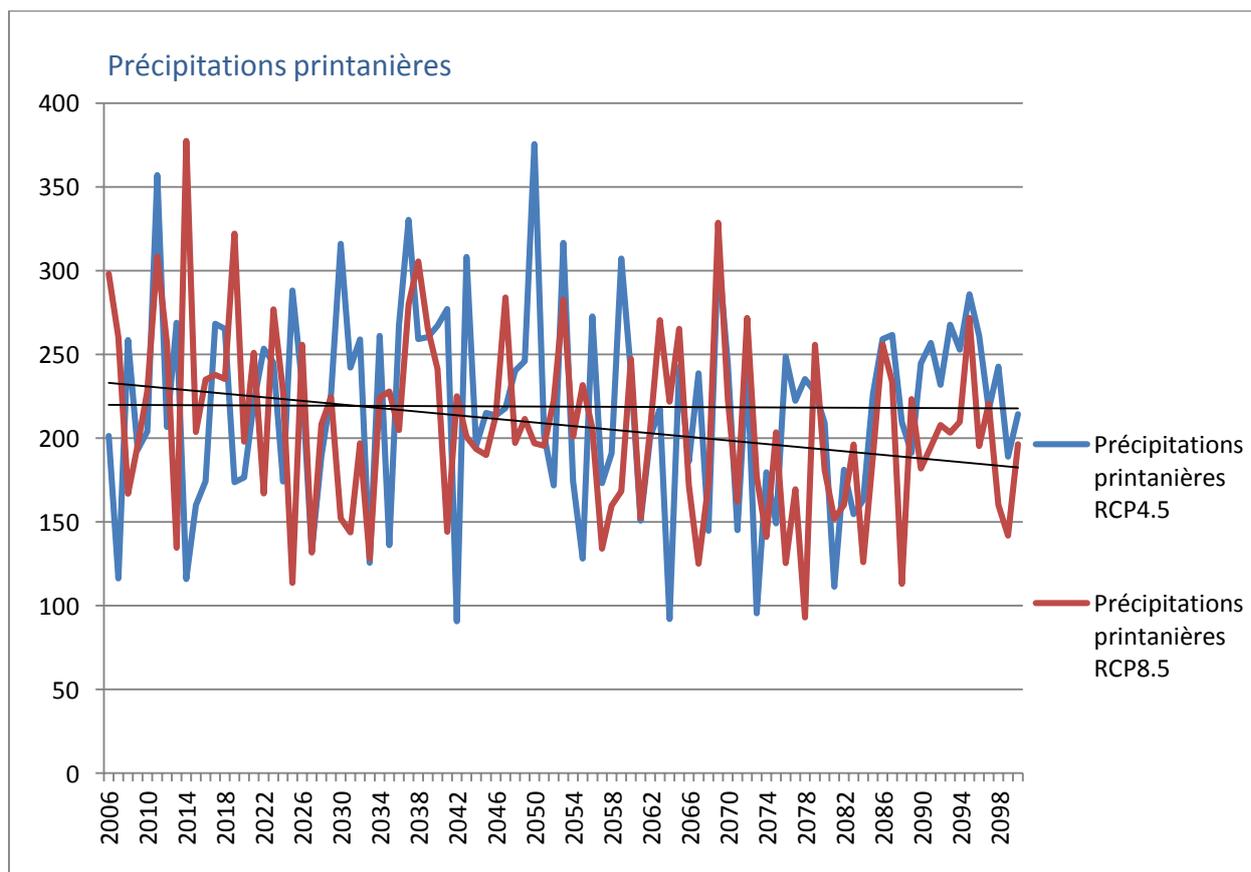
Cette diminution sera plus marquée en été :



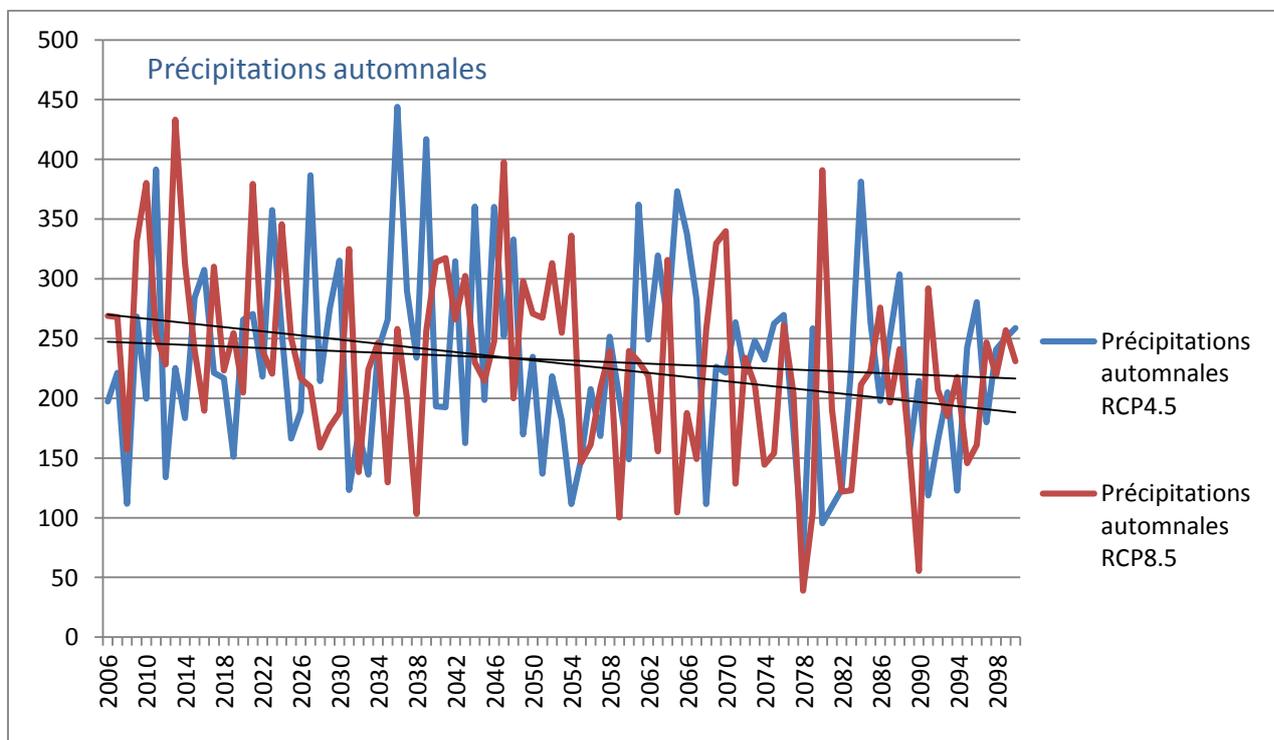
L'évolution des précipitations hivernales (sur le mois de décembre, janvier et février) n'est pas la même selon les deux scénarios : les précipitations hivernales diminuent dans le scénario RCP4.5, elles augmentent dans le scénario RCP8.5.



Les précipitations printanières évoluent peu dans le scénario RCP4.5, elles diminuent en revanche de façon significative dans le scénario RCP8.5 :

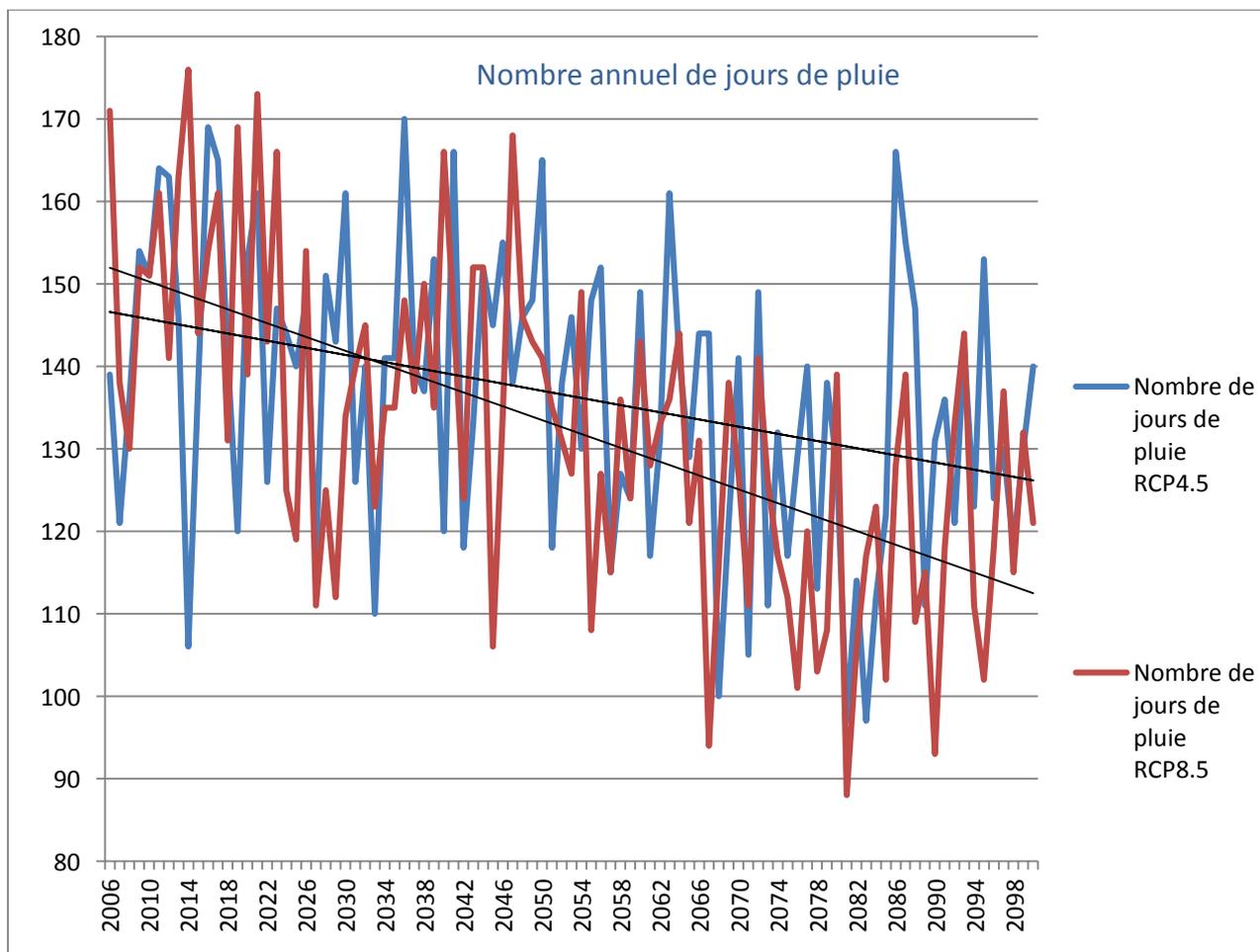


Les précipitations automnales diminuent de façon significative, et davantage dans le scénario 8.5 :

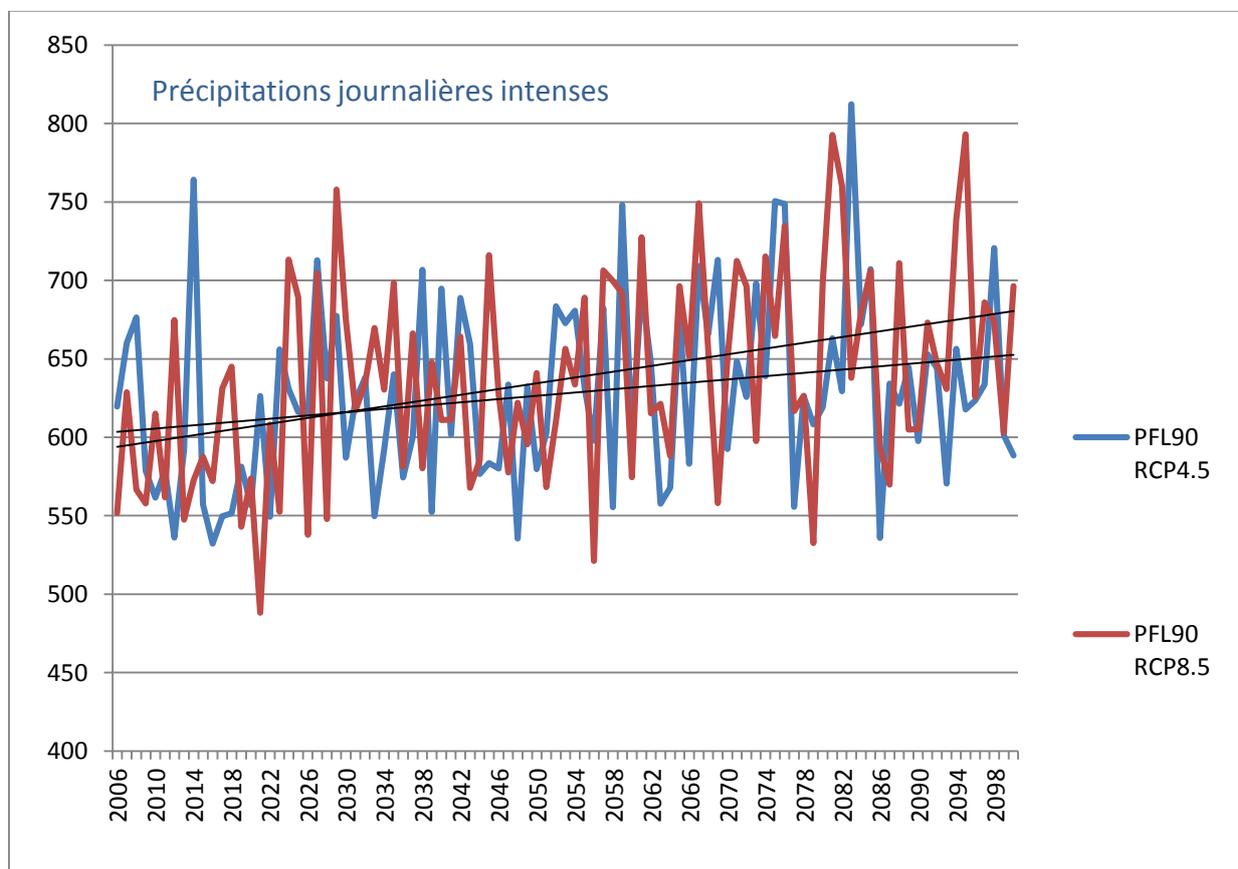


Au-delà du volume des précipitations, il est important d'en observer l'évolution du régime.

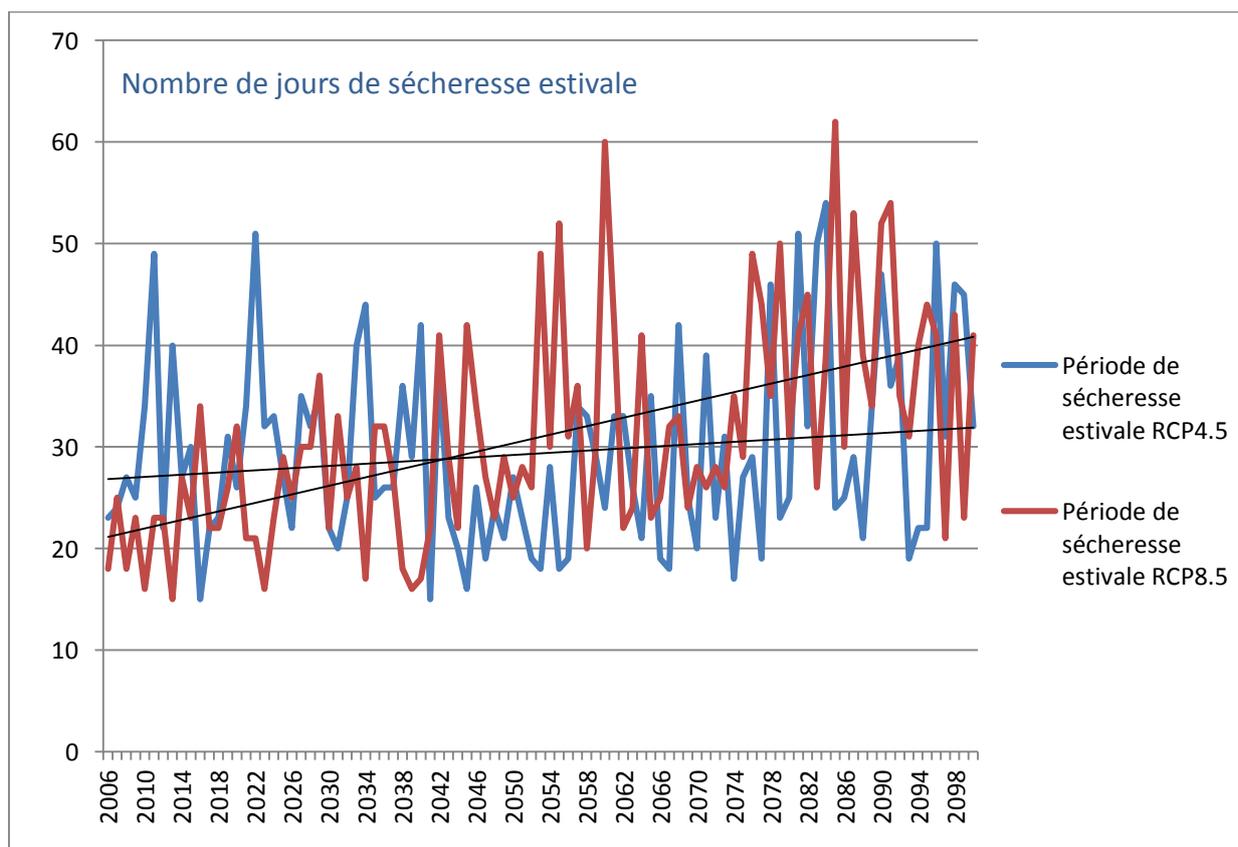
Les jours de pluie deviennent moins nombreux :



et les épisodes de précipitations plus intenses plus fréquents :



Les précipitations deviennent ainsi plus irrégulières. Le nombre de jours de sécheresse augmente, notamment l'été :



3.2.3. Evènements "extrêmes"

Contrairement à une idée répandue, il n'est actuellement pas possible de dire si le changement climatique s'accompagnera d'une augmentation des évènements qualifiés d'"extrêmes" (tempêtes³⁸, tornades...). Mais :

- ▶ il en accentue l'ampleur,
- ▶ il a des conséquences majeures sur le régime des précipitations, qui deviennent de plus en plus irrégulières, avec des conséquences importantes sur le cycle et donc la disponibilité de l'eau³⁹.

En résumé :

les grandes tendances des évolutions attendues du climat sur le territoire de la CUCM⁴⁰.

L'augmentation attendue des températures annuelles est importante : de 2 à 5° environ d'ici la fin du siècle.

Cette augmentation est plus marquée encore l'été, avec notamment une forte hausse des températures estivales maximales.

En hiver, les températures moyennes augmentent également, mais la tendance la plus significative, notamment dans ses conséquences pour la faune, la végétation et les cultures, est le relèvement des minimales hivernales et la diminution des périodes de gel.

Les précipitations annuelles tendent à diminuer, mais surtout à devenir plus irrégulières.

Leur diminution est plus sensible en été et à l'automne.

Il pleut moins souvent, les épisodes de précipitations plus intenses deviennent plus fréquents, les périodes de sécheresse également, l'été notamment.

Ces évolutions, dont on connaît les tendances mais dont il est difficile de préciser le rythme et l'ampleur, s'accompagnent d'une augmentation de la variabilité climatique ; le changement climatique n'est uniforme ni dans le temps ni dans l'espace : **c'est à un dérèglement climatique tout autant qu'à un changement climatique qu'il faut s'adapter.**

L'ampleur des évolutions en cours est importante, mais plus encore leur rapidité : elles sont comparables, sur guère plus d'un siècle, à des évolutions qui s'étaient dans l'histoire de la planète sur des milliers d'années. Elles vont entraîner des changements des conditions de vie face auxquelles les adaptations spontanées et progressives seront insuffisantes. **Il est indispensable de se préparer aux adaptations nécessaires.**

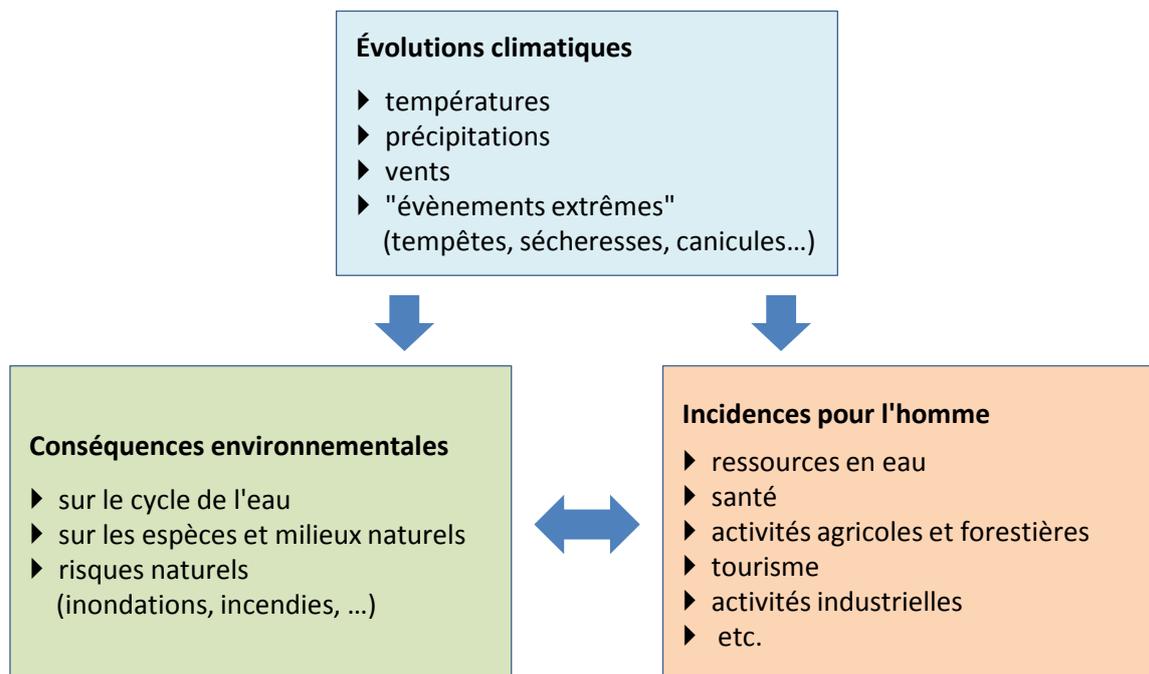
³⁸ "L'état actuel des connaissances ne permet pas d'affirmer que les tempêtes seront sensiblement plus nombreuses ou plus violentes en France métropolitaine au cours du XXI^e siècle". <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-tempetes>

³⁹ Outre les inondations qu'elles peuvent provoquer, des pluies diluviennes sur de courtes périodes ne permettent notamment pas à l'eau de s'infiltrer, et par conséquent de recharger les nappes souterraines, comme le font des pluies plus régulières.

⁴⁰ Les tendances résumées ici ne font pas fi de la variabilité climatique : des évènements qui ne concordent pas avec ces tendances se sont toujours produits et continueront de se produire ; en témoigne la période de froid du mois de février 2012.

4. Les conséquences sur le territoire des évolutions du climat

Les évolutions climatiques ont des conséquences directes sur les activités humaines, et des conséquences indirectes à travers leur impact sur l'environnement :



Ces conséquences sont décrites dans les pages qui suivent.

4.1. Disponibilité et qualité de l'eau

La disponibilité de l'eau est celle des cours d'eaux et des aquifères, indispensable pour répondre aux besoins des activités économiques et domestiques. **Elle est aussi celle des sols**, car cette disponibilité en eau des sols est déterminante pour les activités agricoles et forestières, bien sûr, mais aussi d'une façon plus générale pour l'ensemble des milieux "naturels" et leur *résilience*, c'est-à-dire leur capacité à s'adapter à des conditions de vie qui évoluent : **elle conditionne ainsi dans une large mesure le devenir des territoires et de leurs paysages**.

C'est donc sous ces deux aspects qu'il convient d'aborder la question des conséquences des changements climatiques sur la disponibilité de l'eau :

- ▶ le premier de ces deux aspects concerne principalement les eaux souterraines et superficielles,
- ▶ le second concerne les sols, considérés comme un compartiment essentiel des milieux "naturels", qu'ils soient agricoles, forestiers ou "sauvages".

Cela conduit à bien différencier les deux types de sécheresse qui, indépendamment de la sécheresse météorologique, peuvent affecter la disponibilité des eaux : la sécheresse *hydrologique*, dont les effets se traduisent sur les cours d'eau et les aquifères. et la sécheresse des sols (sécheresse *édaphique*).

4.1.1. Les changements climatiques accentuent les problèmes de quantité et de qualité des eaux de surface

4.1.1.1. Les débits des cours d'eau diminuent

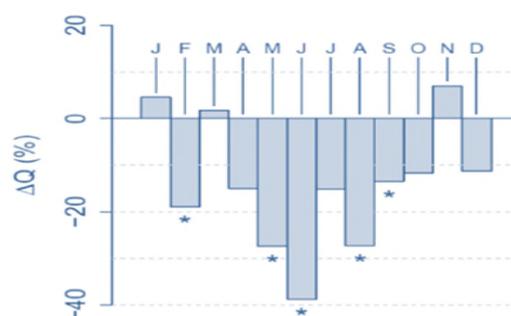
Les débits des cours d'eau diminuent, en raison principalement de l'augmentation de l'évapotranspiration⁴¹.

Sur l'ensemble de la France, "une diminution globale des débits [des cours d'eau] a été observée entre les périodes 1969-1987 et 1988-2009. Les diminutions s'observent sur l'année entière, à l'exception des mois d'automne (octobre à décembre), en lien avec une augmentation des précipitations à cette période. Les diminutions sont significatives de janvier à juillet, période durant laquelle les augmentations de température sont les plus significatives également. L'évolution des précipitations ne pouvant expliquer seule la modification du régime hydrologique, c'est bien l'augmentation de l'évapotranspiration, via l'augmentation des températures, qui joue un rôle prépondérant sur le cycle hydrologique".

En Bourgogne, l'impact des évolutions hydroclimatiques sur les débits des cours d'eau est similaire à celui que l'on observe à l'échelon national. "De part et d'autre de la rupture de température de 1987/88, l'ensemble des débits annuels ont diminué. **Les baisses atteignent 15 à 20% pour les bassins les plus touchés**. En moyenne (...), le débit annuel a diminué de 11%, ce qui est considérable.

A l'échelle mensuelle, (...) le régime hydrologique est impacté dans son ensemble : les diminutions de débits sont visibles sur la plus grande partie de l'année :

L'évolution du régime hydrologique mensuel
entre 1969-1987 et 1988-2009
(Bourgogne)

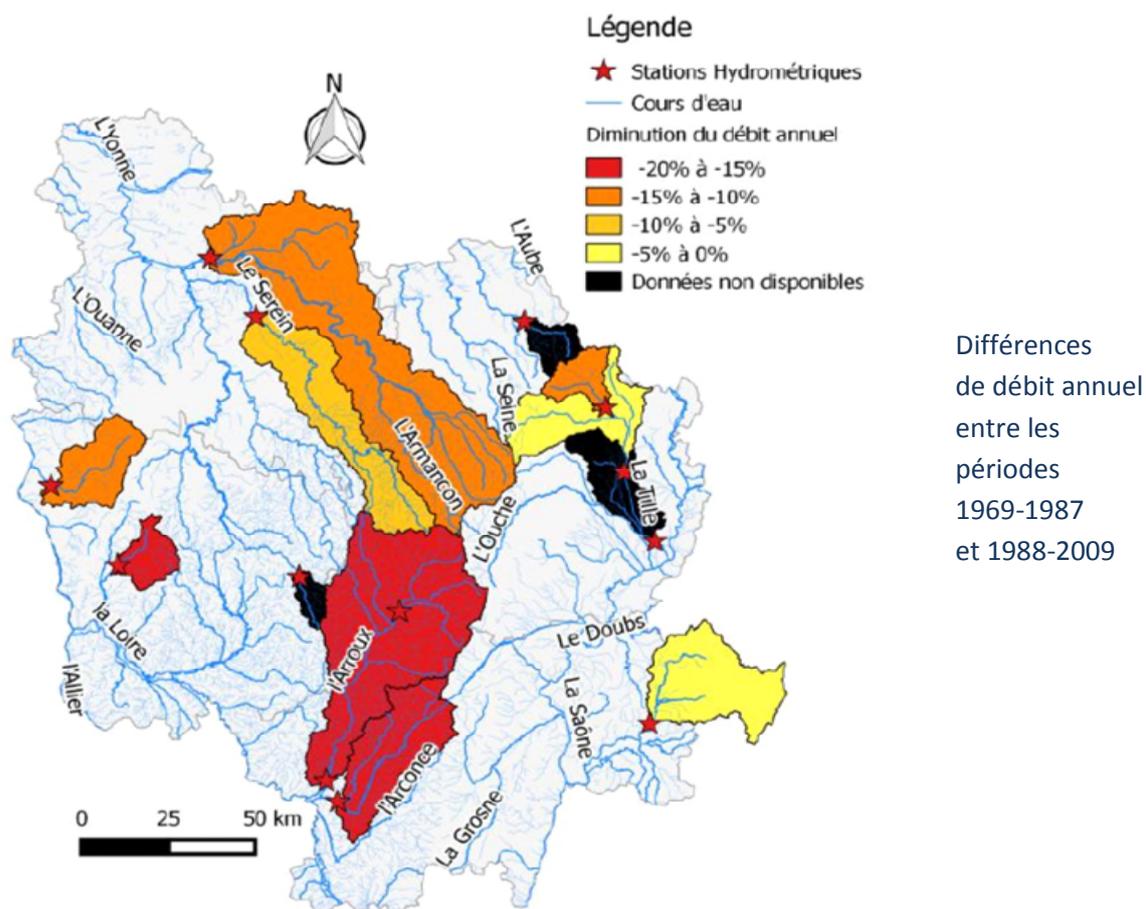


⁴¹ Les paragraphes qui suivent sont pour une large part empruntés à la thèse d'Etienne BRULEBOIS : "Impacts du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau en Bourgogne : aspects quantitatifs et qualitatifs", 2016, thèse de doctorat à l'Université de Bourgogne Franche-Comté.

Les diminutions significatives (...) observées en août et septembre (-28 et -13%), bien que moins importantes que celles observées en juin (-40%), interviennent à une période critique de l'année, durant laquelle la ressource en eau est déjà peu disponible, ce qui accentue la situation de stress pour les différents usages de l'eau. Ces diminutions de débit interviennent alors même que les précipitations ont légèrement augmenté en Bourgogne. Cela pointe le rôle de l'augmentation de l'évapotranspiration dans cette évolution, via l'augmentation brutale des températures.(...) On peut [pour l'avenir] s'attendre à ce que les débits estivaux soient impactés à la fois par la diminution des précipitations durant l'été, et par l'augmentation de l'évapotranspiration durant cette même période.(...) La durée d'étiage moyenne sur la période de référence (1980-2010) est de 40 jours, elle passe à 56 jours puis 82 jours à la fin du siècle. (...) L'analyse des indicateurs d'étiage projetés sur le XXI^{ème} siècle montre une aggravation de la sévérité des étiages (durée plus longue, volume de déficit plus grand, minimum annuel plus bas).

"En se focalisant sur les observations des 30 dernières années, on peut considérer que le changement climatique est déjà là, comme en témoigne l'augmentation nette des températures. Celle-ci conduit, par l'intermédiaire très probable de l'accroissement de l'évapotranspiration, à la diminution des débits quelle que soit la saison, alors qu'en parallèle les précipitations ne diminuent pas. C'est ce scénario, déjà amorcé au cours des dernières décennies, qui semble le plus probable pour celles à venir : un climat plus chaud, mais pas nécessairement plus sec en terme de précipitations, qui conduit à la diminution des débits moyens et à des étiages plus sévères" ⁴².

La diminution des débits est particulièrement marquée sur le territoire de la CUCM :



⁴² Rapport final du projet HYCCARE Bourgogne, avril 2016, p. 56.

Mais "le système hydraulique de la Bourbince est l'un des plus complexes du département de Saône et Loire. De par son passé industriel et minier, la présence du canal du Centre et les différentes captages d'eau potable, la Bourbince se retrouve totalement artificialisée"⁴³.

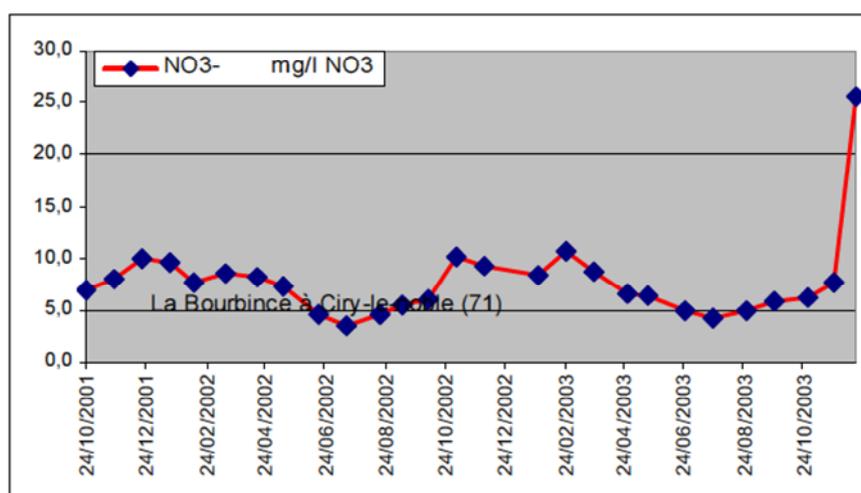
Les étangs de Torcy sont alimentés par les sources de la Bourbince. Ils ont une capacité importante (la capacité totale des étangs est estimée à 21 millions de mètres cubes et leur capacité utile à 14 millions de mètres cubes⁴⁴). Lorsque la recharge hivernale est bonne, ils permettent de soutenir les débits de la Bourbince et du canal⁴⁵ durant toute l'année⁴⁶. Ces débits sont par conséquent largement tributaires des précipitations hivernales. Lorsque les réserves sont insuffisantes (une côte minimale d'exploitation des étangs doit être respectée), le soutien du débit d'étiage de la Bourbince⁴⁷ est prioritaire. C'est une situation de plus en plus fréquente. Pour éviter de manquer d'eau, VNF prend de plus en plus régulièrement des mesures pour réduire les besoins, comme par exemple le regroupement des bateaux pour les éclusées ou la limitation de la taille et donc du tirant d'eau des bateaux acceptés, de façon à pouvoir réduire le niveau d'eau du canal. Ces mesures ne sont pas toujours suffisantes, et VNF est parfois amené à interrompre la navigation⁴⁸, comme cela a été le cas en 2003, 2005, 2011 et 2014.

4.1.1.2. Des températures plus élevées dégradent la qualité des eaux

Des températures plus élevées entraînent inévitablement un réchauffement des cours d'eau. Ainsi par exemple, les températures relevées au moins d'août 2003 sur la Bourbince à Ciry-Le-Noble, en aval de la CUCM, ont dépassé de 7° les températures habituellement observées à la même époque⁴⁹, avec des conséquences majeures pour les organismes aquatiques.

Températures de la Bourbince au mois d'août à Ciry-Le-Noble	1992 - 2002		2003	écart à la moyenne	écart aux maxima 1992-2002
	minimum	maximum	moyenne		
		17,1	24,0	20,0	7,4

La même année, les teneurs en nitrates et phosphates des cours d'eau ont été inférieures durant la période estivale à celles que l'on observe les autres années. Cela s'explique par l'absence de lessivage des sols, en raison de la quasi absence de précipitations. En revanche, les pluies automnales ont entraîné des valeurs exceptionnellement élevées⁴⁹ :



⁴³ SIEAB, "Contrat Territorial du bassin versant de la Bourbince, Dossier Définitif de Candidature, état des lieux", p.80.

⁴⁴ "Vallée de la Bourbince – Etude d'un dispositif d'information en cas de crue", SAFECE, 2002.

⁴⁵ Le canal est par ailleurs alimenté par les retenues de Montaubry, Monchanin, Berthaud, Lonpendu, Plessis et Bondilly.

⁴⁶ Il y a en aval des étangs un bief de partage des eaux entre le canal et la Bourbince.

⁴⁷ La Bourbince est également soutenue par la station d'épuration de Torcy, qui participe jusqu'à hauteur de 50% à son débit d'étiage : la Bourbince est ainsi en partie alimentée par des eaux qui proviennent du Mesvrin.

⁴⁸ sur tout ou partie du canal.

⁴⁹ OREB, "Sécheresse et canicule 2003, rapport de présentation", octobre 2004.

4.1.1.3. *La réduction des débits et l'augmentation des températures compromettent l'amélioration de la qualité des eaux*

Un suivi de la qualité des eaux superficielles réalisé en 2011 sur 28 stations du bassin versant de la Bourbince⁵⁰ a permis de dresser un état de la qualité du milieu aquatique sur l'ensemble du bassin versant. *"Globalement, une qualité moyenne à médiocre est observée, que ce soit du point de vue de la qualité chimique ou écologique de la rivière"*.

Le SDAGE Loire-Bretagne dresse en outre le constat d'une dégradation de la qualité écologique de l'eau à travers l'évolution de l'état des lieux des masses d'eaux superficielles entre 2009 et 2013 :

- la Bourbince présentait une qualité moyenne en 2009, médiocre en 2013, voire mauvaise à l'amont de Torcy.
- les retenues de la Sorme, de Torcy neuf et Torcy Vieux présentent une qualité écologique médiocre en 2009⁵¹.

L'état chimique des eaux est globalement dégradé (moyen à médiocre), même si la qualité chimique s'améliore globalement à l'aval du territoire.

"La mauvaise qualité des eaux de la Bourbince est due non seulement aux nombreux rejets industriels, des stations d'épuration, d'habitations non raccordées et des grands réservoirs d'eau mais aussi à des débits trop faibles, notamment en période d'étiage, qui empêchent la dilution des rejets et concentrent la pollution de l'eau"⁵².

La qualité des eaux des affluents de la Bourbince est également déclassée sur le plan physicochimique en raison de la présence de carbone organique dissous et de phosphore, en lien notamment avec une problématique de transport solide en période de hautes eaux. Ce phénomène est lié à la forte érodabilité des berges (absence de ripisylve, piétinement par le bétail des berges et du lit du cours d'eau favorisant l'érosion...) et de l'enrichissement des sols en matières organiques et en phosphore, attribuable aux déjections animales (élevage bovin).

La réduction des débits (et son corollaire : une moindre diminution des polluants) et l'augmentation des températures (qui favorise l'eutrophisation) contribuent à dégrader la qualité des cours d'eau.

4.1.1.4. *Des problématiques à prendre en compte dans l'aménagement des cours d'eau, l'assainissement des eaux usées, la gestion des eaux pluviales.*

4.1.1.4.1. *L'aménagement des cours d'eau*

L'état des lieux dressé en vue du contrat territorial du bassin versant de la Bourbince en 2011 met en évidence une situation très hétérogène pour ce qui concerne la qualité morphologique des cours d'eau. Il relève par exemple que *"la Bourbince est dégradée d'un point de vue morphologique dans la traversée de l'agglomération de Montceau-les-Mines : berges artificialisées, écoulement homogène, emprise urbaine sur le lit majeur,..."*.

L'Oudrache et le Bourbince ont fait l'objet d'un contrat de restauration et d'entretien entre 2007 et 2011. Malgré ce programme, une problématique récurrente demeure : l'absence de ripisylve et l'accès du bétail au cours d'eau. Le diagnostic réalisé en 2012 montre que la ripisylve est absente ou très clairsemée sur 30% du linéaire des cours d'eau. Ce constat se superpose en milieu prairial avec le piétinement "important" ou "moyen" observé sur 30% du linéaire. La mise en défend du cours d'eau

⁵⁰ Par le syndicat intercommunal d'étude et d'aménagement de la Bourbince (SIEAB). Cette partie s'appuie sur cette étude ainsi que sur l'état initial de l'environnement du PLUi.

⁵¹ Pour mémoire : l'objectif d'atteinte du bon potentiel écologique est fixé à 2021.

⁵² Ces conséquences peuvent même se manifester plus tôt dans l'année ; en 2011, l'état des lieux établis dans le cadre du Contrat Territorial du bassin versant de la Bourbince montre que les conditions hydrologiques particulièrement déficitaires du premier semestre (printemps exceptionnellement sec) ont joué un rôle négatif vis-à-vis de la qualité du milieu, en limitant les phénomènes de dilution et d'autoépuration.

permet d'éviter l'affaissement et l'érosion des berges liés au piétinement du bétail. Le maintien, voire la restauration de la ripisylve permettrait de garantir un ombrage atténuant le réchauffement des eaux et une stabilisation des sédiments⁵³.

4.1.1.4.2. *L'assainissement des eaux usées*

La Bourbince et ses affluents constituent les principaux milieux récepteurs des effluents (qu'ils soient traités ou non) issus des réseaux d'assainissement. En période d'étiage, ces effluents représentent une part importante du débit des cours d'eau (les rejets de la station de Torcy représentent par exemple 50 % du débit de la Bourbince à son étiage⁵⁴).

L'assainissement collectif sur le bassin versant de la Bourbince représente, avec ses quatre stations d'épuration, près de 90 % de la capacité totale de traitement de l'ensemble des filières d'épuration sur la zone d'étude (Torcy, Montceau-les-Mines, Blanzay, Paray-le-Monial).

Toutes ces stations ont fait l'objet d'importants travaux de modernisation permettant d'assurer un traitement des effluents domestiques et industriels conforme aux obligations réglementaires. Compte tenu des flux polluants en jeu et de la localisation de certaines de ces stations en tête de bassin versant, ces rejets sont susceptibles d'avoir une incidence sensible sur la qualité des eaux superficielles de la Bourbince, notamment en période d'étiage. L'intégralité de la Bourgogne est classée en zone sensible à l'eutrophisation au titre de la directive CEE du 21 mai 1991⁵⁵, qui concerne la collecte, le traitement et le rejet des eaux résiduaires urbaines, ainsi que le traitement et le rejet des eaux provenant de certains secteurs industriels⁵⁶. Ces questions revêtent une acuité particulière lorsque les débits sont faibles et les températures élevées (cf. supra, pages 41 et 43), et peuvent amener à reconsidérer les objectifs d'épuration des eaux.

Par ailleurs, l'absence de séparation des réseaux, mais également leur vétusté, qui se traduit par un manque d'étanchéité, conduit à leur surcharge, accentuée lors des épisodes pluvieux ; les nombreux déversoirs d'orage peuvent alors dériver une part importante des flux en dehors de dispositifs d'assainissement.

4.1.1.4.3. *La gestion des eaux pluviales*

L'imperméabilisation des sols accroît la dynamique de l'écoulement des crues dans les zones artificialisées dépourvues de systèmes de collecte et accentue les risques d'inondation⁵⁷.

L'évolution des épisodes de précipitations intenses doit être surveillée pour ses implications sur la gestion des réseaux d'évacuation des eaux pluviales. Le dimensionnement des réseaux doit intégrer le risque accru de fortes crues sur des pas de temps très courts.

Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique⁵⁸ résume les contraintes pesant sur les systèmes de gestion des eaux pluviales : "*face à un risque de ruissellement urbain augmenté (pluies violentes, engorgement des réseaux d'évacuation), il sera nécessaire et sans regret de réintroduire des modes d'infiltration naturelle et par conséquent de revoir les règles de conception des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales*"⁵⁹.

⁵³ Etat des lieux du PLUi, p. 144.

⁵⁴ Ils ont même pu représenter jusqu'à 80 % de son débit en période de sécheresse (rp. Mélanie Fuet).

⁵⁵ dite "Directive Eaux Résiduaires Urbaines" (ERU).

⁵⁶ "*L'identification des zones sensibles est justifiée lorsque les rejets de nutriments d'origine urbaine apportent une contribution significative au phénomène d'eutrophisation ou à son risque d'occurrence à brève échéance*" - DIREN (aujourd'hui DREAL), 2004.

⁵⁷ Les pluies intenses peuvent en outre entraîner une pollution directe des systèmes aquatiques : les eaux pluviales se chargent en substances polluées accumulées sur les surfaces qu'elles lessivent (comme par exemple l'accumulation d'hydrocarbures sur la voirie), et les stations d'épuration ne sont pas faites pour traiter ces polluants.

⁵⁸ Fiche "Ressources en eau".

⁵⁹ PNACC 2011 : fiche Ressources en eau ; p81

Plusieurs types de réponses permettent de retarder et réduire les flux d'eaux pluviales :

- Adapter les pratiques culturales pour limiter les ruissellements (travail du sol, haies...),
- Préserver les zones humides ("tampons hydrauliques"),
- Améliorer la rugosité et la sinuosité des cours d'eau,
- Favoriser l'infiltration (limiter l'imperméabilisation des sols, aménager des surfaces de ruissellement, développement des milieux naturels en agglomération),
- Implantation de bassins d'orage.

4.1.1.5. Risques d'inondations

Le territoire est concerné par les risques d'inondation, notamment par débordement des principaux cours d'eau : la Bourbince, le Mesvrin et la Dheune. La vulnérabilité aux inondations est importante sur l'amont du bassin. Un atlas des zones inondables a été réalisé, mais d'autres zones de débordement sont identifiées sur le territoire, qui ne font pas l'objet d'une cartographie⁶⁰.

Le bassin versant de la Bourbince est, comme son nom l'indique, très tumultueux. L'étude réalisée en 2004 pour la protection contre les inondations de la Bourbince⁶¹ identifie 9 secteurs prioritaires concernés par des crues dont la plupart sont qualifiées de fréquentes, car elles reviennent pratiquement tous les ans :

localisation	biens exposés	fréquence
Montceau-les-Mines, route de Blanzly et quartier de la Sablière	habitations	quasi annuelle
Montceau-les-Mines, quartier de Lucy	habitations, établissements commerciaux	quasi annuelle
Blanzly, secteur du stade	une seule maison	plusieurs fois par an
Ciry-le-Noble, centre du bourg	habitations	quasi annuelle
Blanzly, limite communale aval	habitations	quasi annuelle
Blanzly, aval bourg	moins de 5 habitations	rares, mais récentes
Montceau-les-Mines, quartier des Equipages	secteur non aménagé	occasionnelle
Saint-Vallier, pont des bois Perrauds	infrastructure routière	fréquentes (quasi annuelle)
Ciry-le-Noble, pont de la Fèvre	infrastructure routière	fréquentes (quasi annuelle)

La Bourbince présente des **fluctuations saisonnières de débit** importantes. Elles sont mesurées par trois stations hydrométriques situées à Vitry-en-Charollais, Ciry-le-Noble et Blanzly. Ces variations se caractérisent généralement par des crues d'hiver portant le débit mensuel moyen entre 11 et 17 m³ par seconde (à Vitry-en Charollais) de décembre à mars inclus (maximum en février), et des basses eaux d'été, de juillet à septembre, avec une baisse du débit moyen mensuel jusqu'au plancher de 2,19 m³ par seconde au mois d'août.

⁶⁰ État initial de l'environnement PLUi.

⁶¹ "Protection contre les inondations de la Bourbince", 2004, étude réalisée par SAFEGE pour la CUCM.

Sur le territoire, le champ d'expansion de la Bourbince est relativement réduit (largeur de 600 m maximum), car il est essentiellement délimité par les infrastructures (route et canal). L'exploitation des relevés de la crue de 1965 (crue de référence) montre que le niveau maximal atteint est d'environ 4 à 4,5 m au-dessus du niveau d'étiage de la rivière. La forme du bassin versant favorise une montée rapide des eaux, et une vitesse de propagation du maximum de crue élevée.

La crue de la Bourbince du 30 septembre 1965

La crue du 30 septembre 1965 revêt un caractère exceptionnel et reste à ce jour la plus importante dont on ait conservé la mémoire⁶². La cote d'alerte a été dépassée de plus de 3 m et le niveau atteint par les eaux a été supérieur à celui qui avait été atteint en 1951, *"qui comptait pourtant parmi les plus élevés enregistrés jusque-là"* ; les crues que l'on avait enregistrées jusqu'alors, en 1893, 1905, 1925, 1930 et 1932, n'avaient pas eu la même gravité.

Les dégâts en ont été considérables chez les riverains ; *"de nombreuses maisons ont été inondées, certaines sous près de 3 m d'eau, en particulier dans la cité de la Sablière. Rien que pour les Houillères, on compte plus de 300 maisons inondées"*. Les sites industriels ont également été concernés : *"outre les importants dégâts matériels, près de 1800 personnes se sont trouvées privées momentanément d'outil de travail"*.

Les pluies sont directement responsables de la crue. Il est tombé plus de 82 mm d'eau à Montceau-Mines au cours de la seule journée du 30 septembre, c'est-à-dire davantage que ce qu'il tombe habituellement en un mois (la moyenne mensuelle calculée sur les 60 dernières années ne dépassait pas 73 mm). Mais cela ne suffit pas à expliquer l'importance de l'inondation. Henri Gaillard relève qu'il existe des exemples de pluies au moins aussi abondantes qui n'ont pas provoqué d'inondation : *"il est tombé environ 120 mm d'eau les 15 et 16 septembre 1961 à Chalon-sur-Saône sans qu'il y ait eu de crue de la Dheune ; il convient donc de tenir compte de la pluviosité des jours qui ont précédé le 30 septembre"*. La pluviosité du mois de septembre a en effet été *"vraiment exceptionnelle (...)* : *la station de Mont-Saint-Vincent a comptabilisé 418,9 mm d'eau pour tout le mois, alors que la moyenne calculée sur 20 ans est de 95,4 mm !"*. Les hauteurs d'eau mensuelle enregistrée à Montceau au cours des 60 années précédentes n'avaient dépassé que quatre fois les 200 mm (en octobre 1907, août 1927, juillet 1936, novembre 1950) - sans d'ailleurs entraîner pour autant des crues de la Bourbince. La saturation en eau des sols à la fin du mois de septembre 1965, due à l'abondance de ces pluies, explique l'importance des ruissellements qui ont rendu la crue si forte (le débit de la Bourbince a dépassé 250 m³ par seconde à la sortie de l'agglomération, au pont de l'hôpital Jean Bouveri). Et si les étangs ont contribué à étaler la crue, ils n'ont pas joué un rôle majeur dans la mesure où leur niveau était déjà élevé à la fin du mois de septembre.

⇒ La crue de 1965 revêt un caractère exceptionnel, dû à un épisode pluvieux prolongé qui a conduit à saturer les sols en eau⁶³ et à un cumul de précipitation particulièrement élevé sur une seule journée, lié à des conditions météorologiques particulièrement défavorables⁶⁴.

Les changements climatiques en cours se traduisent par une plus grande variabilité des événements météorologiques et, entre autres, par des épisodes de précipitations plus intenses plus fréquents (cf. p. 38). Il ne faut par conséquent pas sous-estimer la possibilité de crues importantes plus fréquentes, même si elles n'atteignent pas nécessairement l'intensité de la crue du 30 septembre 1965.

⁶² Cette partie a été rédigée à partir du mémoire d'Henri Gaillard : *"Les crues de la Bourbince à Montceau-les-Mines en rapport avec la pluviométrie du bassin supérieur"* ; les citations en italique sont directement issues de ce mémoire.

⁶³ La saturation de l'air en eau, particulièrement élevée, a en outre considérablement limité les pertes par évaporation.

⁶⁴ On pourra trouver dans le mémoire d'Henri Gaillard une description de ces conditions météorologiques particulières.

Un dispositif d'information en cas de crue a été mis en œuvre en 2005 sur la commune de Blanzly (première commune touchée par les inondations) et permet d'alerter les communes suivantes de l'évolution des événements. Plusieurs Plans de Prévention contre les Risques d'Inondation (PPRI) ont été prescrits et arrêtés en 2009 sur le bassin versant (Saint Eusèbe, Blanzly, Montceau les Mines, Saint Vallier et Digoin).

La zone inondable de Montceau-les-Mines est très majoritairement urbanisée (zone d'activités, zone mixte ou résidentielle et zone en mutation). Elle représente 6% (100 ha) de la superficie de la commune.

Une étude est en cours⁶⁵, à l'initiative du SIEAB, sur les mesures de protection contre les crues à mettre en place dans le cadre de la compétence GEMAPI.

Les protections envisageables sont de deux sortes :

- les protections locales, avec de petits aménagements à proximité des secteurs exposés,
- les protections globales, avec de grandes structures de stockage en amont des eaux de crue.

Indépendamment des protections qui peuvent s'avérer nécessaires, il s'avère indispensable de préserver les possibilités d'expansion des crues en amont des zones à plus forts enjeux tout en maîtrisant la pression du bâti⁶⁶.

Il est parallèlement crucial de préserver les "*infrastructures naturelles*" que constituent les sols perméables et les milieux qui contribuent à réguler les écoulements d'eau.

ZONES HUMIDES : UN ENJEU FORT DE PRESERVATION

Les zones humides assurent d'importantes fonctions biologiques, car elles abritent de nombreuses espèces animales et végétales, mais aussi hydrologiques, car elles participent à la régulation des eaux (zones d'expansion des crues, soutien des débits d'étiage et alimentation des nappes).

Elles constituent ainsi une "*infrastructurelle naturelle*" dont le rôle est encore plus important dans un contexte marqué par une variabilité accrue du régime des précipitations et des épisodes de sécheresse plus prononcés en durée et en intensité, mais elles peuvent en même temps être fragilisées par ces évolutions.

"Les zones humides (...) sont des milieux dont la fragilité pourrait s'accroître face aux évolutions climatiques (évaporation, pluviométrie). De par leur nature même les zones humides évoluent constamment avec le climat, à des échelles de temps variées allant de la saison pour les zones alluviales à plusieurs siècles pour certaines tourbières. Cependant la rapidité des changements climatiques attendus, cumulée à d'autres stress et à des effets rétroactifs envisagés, risquent d'impacter profondément le fonctionnement des zones humides et la biodiversité qu'elles accueillent".

Une étude de pré-localisation des zones humides réalisée en 2012 dans le cadre du SAGE Arroux Bourbince estime la surface des zones humides sur le territoire de la CUCM à près de 5000 ha (cette surface englobe environ 1100 ha de plans d'eau et étangs), principalement autour des principaux cours d'eau (la Bourbince, l'Oudrache, le Mesvrin et la Somme) ainsi qu'en périphérie des grands lacs et étangs situés au nord du territoire. Le chevelu hydrographique en amont de ces plans d'eau forme également des zones de plus forte densité de zones humides⁶⁷.

L'état des lieux établi pour le Contrat Territorial du bassin versant de la Bourbince explique le rôle très important de ces zones humides et insiste sur la nécessité de les préserver⁶⁸.

⁶⁵ Février 2018.

⁶⁶ Etat initial de l'environnement du PLUi, pp. 145 - 146.

⁶⁷ Cf. la cartographie des zones humides, en annexe, p. 87.

⁶⁸ Contrat Territorial du bassin versant de la Bourbince, dossier définitif de candidature, p. 145.

Le rapport du projet HYCCARE⁶⁹ souligne que "les dynamiques actuellement insoutenables, par exemple en termes de mise en culture de prairies humides, doivent être maîtrisées, voire inversées pour pouvoir garantir des capacités d'adaptation pour demain. Ces dynamiques sont non-durables car elles ont toutes une série d'effets négatifs directs sur la ressource en eau et les milieux aquatiques (augmentation de la consommation d'eau et d'intrants liée aux cultures, dégradation de la qualité de l'eau, réduction de la biodiversité, etc.). Mais elles ont également des effets à venir dans une perspective de changements climatiques :

- en entraînant une plus grosse consommation d'eau, elles renforcent le risque de pénurie d'eau. Elles aggravent donc une vulnérabilité dont il est prévu qu'elle soit également accentuée par les changements climatiques.
- en diminuant les capacités de rétention temporaires d'eau de ces milieux, elles minorent les fonctions naturelles de stockage que peuvent remplir ces zones. Elles diminuent donc les capacités d'adaptation de ces milieux, utiles autant lors des épisodes de fortes précipitations que lors des épisodes d'étiages.

L'impact négatif de ces dynamiques est donc double en termes d'aggravation : aggravation de la vulnérabilité et diminution des capacités d'adaptation pour y faire face. Et les gains à maîtriser et agir sur ces dynamiques sont donc avant tout directs et immédiats, sans bien même se projeter dans une perspective de changement climatique. Mais il y a bien des gains supplémentaires à moyen terme, dans une perspective de changements climatiques, pour faire face à des épisodes d'à-secs plus prononcés et à de possibles risques de pénurie d'eau"⁷⁰.

Dans le cadre du SDAGE Loire Bretagne (2010-2015 et projet 2016-2021), il est indiqué que les EPCI sont invités à intégrer, dans les documents d'urbanisme, les enveloppes de forte probabilité de présence de zones humides produites par les commissions locales de l'eau, et à préciser les orientations de gestion qui contribuent à leur préservation.

4.1.1.6. La disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines

Au niveau national, "l'un des principaux défis à relever, si ce n'est le plus grand de tous, sera de faire converger une offre qui va diminuer avec une demande qui, déjà par endroits, n'est pas satisfaite et va encore augmenter du fait du réchauffement climatique. (...) Si l'on considère une stabilité de la demande, un déficit supplémentaire de 2 milliards de m³ pour la satisfaction des besoins actuels de l'industrie, l'agriculture (irrigation) et l'alimentation en eau potable serait observé à l'horizon 2050"⁷¹.

Le développement des agglomérations du Creusot et de Montceau-les-Mines est lié à la présence des ressources minières à l'origine de l'essor industriel des dix-neuvième et vingtième siècles. Mais il a la particularité de se situer sur l'amont d'un bassin versant dont les ressources en eau sont limitées et, "aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècle, l'eau manque pour développer l'industrie des hauts-fourneaux et alimenter une population en pleine croissance" : "la rareté de l'eau aurait pu ébranler le développement industriel si dérivations de ruisseaux et construction de lacs-réservoirs n'avaient été imaginées et réalisées"⁷². L'alimentation en eau du territoire repose en totalité sur les eaux de surface, et les aménagements réalisés au fil du temps pour s'en assurer la disponibilité. Tous ces aménagements constituent un système complexe qui permet aujourd'hui de répondre aux différents usages, mais qui reste vulnérable.

⁶⁹ HYdrologie, Changement Climatique, Adaptation, Ressource en Eau en Bourgogne.

⁷⁰ Rapport final du projet HYCCARE Bourgogne - HYdrologie, Changement Climatique, Adaptation, Ressource en Eau en Bourgogne, 2016, p. 76.

⁷¹ PNACC, p. 81

⁷² "Le Creusot n'a pas d'eau - Tensions entre développement économique et capital environnemental sur le temps long", Sandrine Petit, Développement durable et territoires, volume 8, numéro 3, novembre 2017.

Les réseaux alimentés par des eaux superficielles - CUCM, Autun - ont connu en 2003 des situations critiques qui auraient pu conduire à une rupture totale de l'approvisionnement si la sécheresse s'était prolongée de quelques semaines encore. Des concurrences d'usages ont pu conduire à des situations extrêmement tendues. Cela a notamment été le cas pour la CUCM avec des eaux de surface utilisées pour le refroidissement de la centrale Lucy de Montceau-les-Mines⁷⁵, qui a depuis été fermée. Les dispositions qui ont été prises depuis⁷³, et la fermeture de la centrale de Montceau-les-Mines, font que des circonstances similaires ne conduiraient aujourd'hui plus à la même situation. Il y a néanmoins des questions de sécurisation de l'alimentation en eau potable, comme par exemple le fait que 50 000 habitants environ dépendent en totalité du lac de la Sorme, ce qui peut représenter un point faible.

Les cours d'eau du territoire font l'objet de plusieurs types de prélèvements⁷⁴ :

- **Les prélèvements à des fins industrielles** : les besoins en eau pour l'industrie sont de l'ordre de 2 millions de m³ par an (en 2013). Ces besoins ont considérablement diminué ces dernières années (réduction de moitié en 6 ans).

Le réseau de distribution d'eau brute couvre le site industriel du Creusot, Michelin à Blanzay et la zone industrielle à Torcy. Environ 2 millions de m³ ont été distribués aux 7 industriels en 2013.

- Le site industriel du Creusot est alimenté par les ressources Nord-est et le barrage de la Sorme, ainsi que par les stations de pompage dans l'étang de Torcy neuf (VNF, Canal du Centre) et l'étang de la Forge (CUCM).

L'eau brute est stockée dans deux bassins de 14000 m³ situés à la Marolle, propriété de la CUCM. Des travaux de réhabilitation du système d'alimentation ont été réalisés entre 2011 et 2015. Les industriels desservis sont : Arcelor, Areva (35000 m³ consommés en 2013), Alstom (6100 m³ consommés en 2013), Ge Oil et Westfalen. Environ 1,6 M m³ sont distribués.

- La zone industrielle de Torcy est alimentée via les réservoirs du Thiellay (2x5000 m³) à partir d'une station de pompage dans la Rigole de Torcy (VNF, Canal du Centre). Plusieurs industriels sont desservis (Kronospan « ex ISOROY », CEMEX, Guinot TP, etc.).
- La zone industrielle du Brûlard à Blanzay (Michelin) est alimentée par le barrage de la Sorme. Ses consommations en eau s'élevaient à 283000 m³ en 2013.

Les consommations d'eau dans l'industrie ont structurellement tendance à diminuer depuis deux décennies. La prolongation de cette tendance est nécessaire pour réduire la vulnérabilité des établissements de production aux aléas climatiques qui peuvent restreindre leurs possibilités d'utiliser de l'eau. Il est en effet difficile pour un établissement industriel de réduire conjoncturellement ses consommations⁷⁵.

- Les prélèvements pour l'eau potable représentent environ 6,3 millions de m³ par an (en 2013). Les eaux proviennent de ressources superficielles communautaires (sources et réservoirs, dont celui de la Sorme).

Compte tenu de la faible potentialité des réservoirs aquifères souterrains, de la nature des terrains et de la capacité des rivières traversant le territoire, l'alimentation en eau potable s'effectue essentiellement par captage des eaux de ruissellement à partir de réservoirs artificiels (en partie situés en dehors de la CUCM) et de captages directs dans les ruisseaux.

⁷³ Avec notamment la définition de débits réservés d'une part, des consignes écrites de gestion du niveau d'eau du lac de la Sorme (2007) d'autre part.

⁷⁴ source : rapport initial de l'environnement du PLUi.

⁷⁵ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

► **La partie Nord est alimentée par des ressources situées en partie en dehors du territoire :**

- 5 réservoirs localisés au Nord du Creusot (La Velle, Saint Sernin, la Noue, le Martinet et le Haut Rançon) d'une capacité de stockage de 2 millions m³. Le réservoir de Saint-Sernin est le plus important (800000 m³) sur la commune de St-Sernin-du-Bois. Ces ressources bénéficient depuis 2006 de périmètres de protection définis par arrêté préfectoral. Les captages de Saint Sernin, de la Noue, du Martinet et du Haut Rançon sont des captages prioritaires au titre du SDAGE Loire Bretagne.
- 5 captages sur les ruisseaux relèvent du bassin du Bas Rançon (Pont d'Ajoux, Vernes de Lyre, Louvetière, Montmaison et Chevanne) d'un débit variant de 100 à 600 m³/heure.
- Les sources de la Croix de la Messe, du Guéri et des Bourdeaux alimentent l'ouvrage de production d'eau potable de la commune de St-Symphorien-de-Marmagne, intégrée à la CCM en 2014. L'abandon de ces sources suite à la connexion au réseau de distribution communautaire est programmé en 2016.

► **La partie Sud est alimentée majoritairement par le lac de la Sorme, dont la capacité est de l'ordre de 10 millions de m³.**

La retenue de la Sorme, d'une surface de 230 ha, a été construite à la fin des années 1960 et mise en eau en 1971 initialement pour satisfaire les besoins en eau industrielle et en eau potable du bassin minier, ainsi que pour assurer la régulation hydraulique de la Bourbince. Le lac est alimenté par la rivière la Sorme mais aussi par trois cours d'eau annexes : la Valette, les Brosses et les Poisses. Il est devenu le réservoir stratégique pour l'alimentation en eau potable du territoire en 1985 lors de l'arrêt des sources de Gueugnon.

Globalement, les volumes d'eaux brutes provenaient, en 2016, pour environ 40 % du bassin du Mesvrin (environ 2,7 millions de m³) et pour environ 60 % du lac de la Sorme (4 millions de m³)⁷⁶.

- L'alimentation du Canal du Centre, à partir de la Bourbince et de différents réservoirs. Les plus grands plans d'eau sont également utilisés pour la pratique des loisirs nautiques et aquatiques - aviron, canoë, voile, planche à voile, baignade, ski nautique, plongée (lac des Fouthiaux). Les rivières et plans d'eau sont en outre très fréquentés par les pêcheurs.

⁷⁶ CUCM, "Rapport relatif au prix et à la qualité des services publics de l'eau potable et de l'assainissement, exercice 2016", p12.

En bref

L'impact des changements climatiques est important sur les systèmes aquatiques, la disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines et les risques inhérents aux épisodes de sécheresse ou de fortes précipitations.

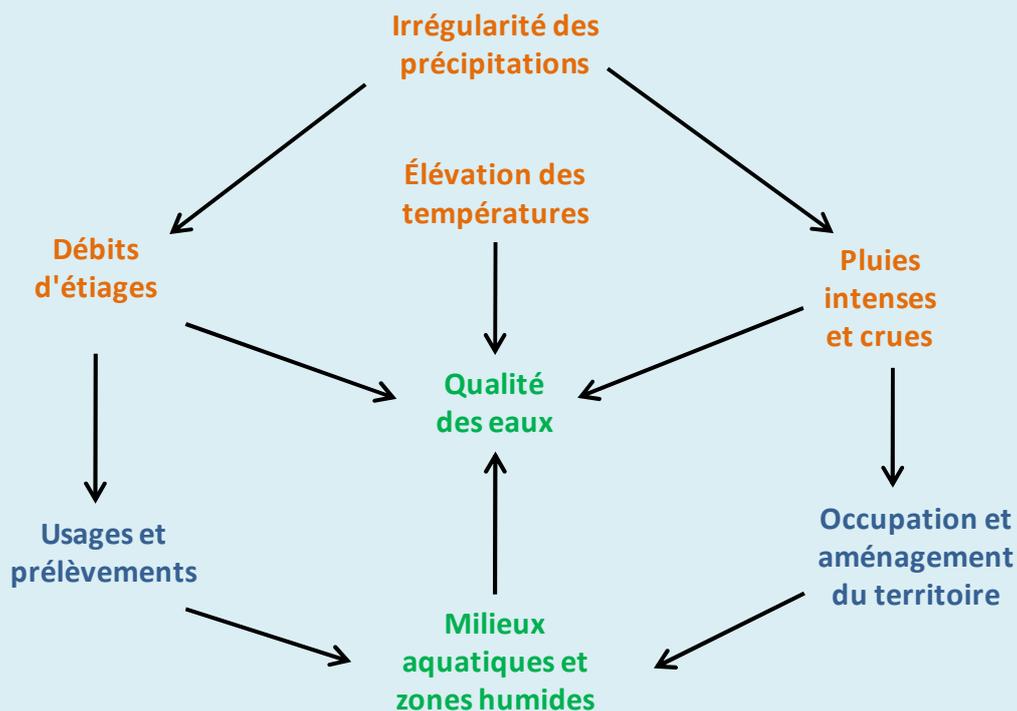
L'état des lieux du SAGE dégage différents enjeux, associés notamment à la disponibilité et aux usages de la ressource en eau, aux inondations, aux milieux aquatiques, à l'assainissement.

Ces enjeux sont, à des degrés divers, accentués par les changements climatiques :

- ▶ débits d'étiage plus marqués en raison de la diminution des pluies estivales ainsi que d'une évaporation plus importante ;
- ▶ qualité de l'eau impactée selon les saisons :
 - par de plus faibles débits associés des températures plus élevées (accentuation des phénomènes d'eutrophisation)⁷⁷ ;
 - par le ruissellement d'eau chargée de polluants et la surcharge des stations d'épuration lors de fortes précipitations ;
- ▶ ressources en eau limitées par la diminution des précipitations estivales ;
- ▶ risque de crues plus fortes lié à des épisodes pluvieux plus intenses.

Ces enjeux renvoient à des questions :

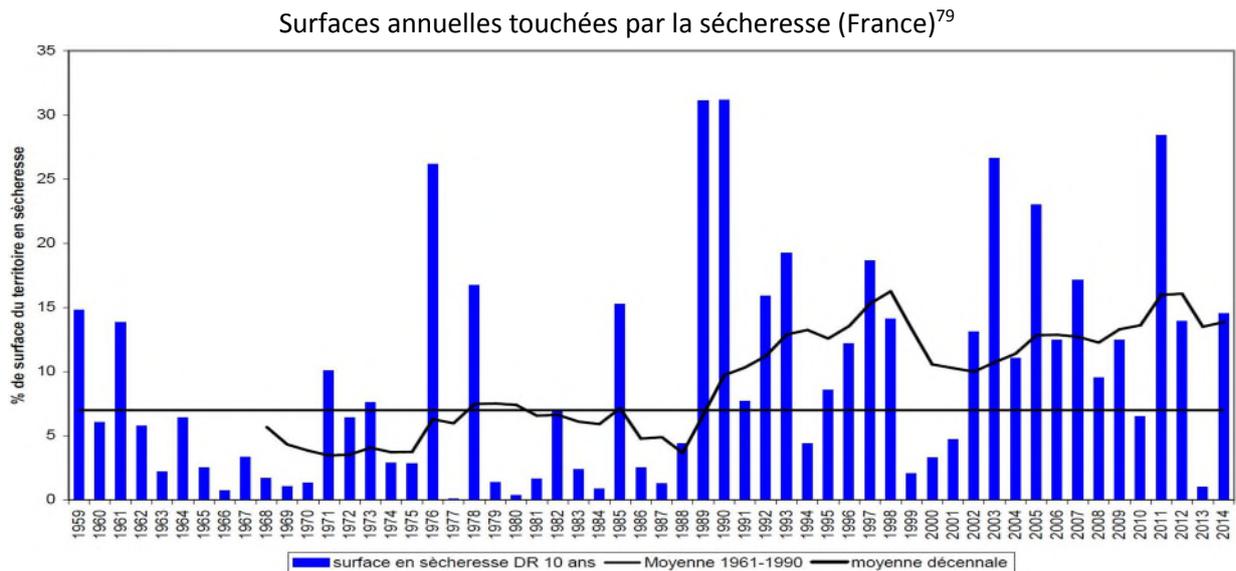
- ▶ d'occupation et d'aménagement de l'espace, et notamment du lit des cours d'eau,
- ▶ de gestion des dispositifs de collecte (réseau séparatif/unitaire) des eaux et de leur traitement (stations d'épuration),
- ▶ de maîtrise des consommations d'eau.



⁷⁷ Corollaire : les objectifs d'épuration des eaux doivent être reconsidérés.

4.1.2. Les sols deviennent de plus en plus secs

On dispose au niveau national d'un historique débutant en 1958. Ce diagnostic (basé sur la fraction du territoire en sécheresse au cours d'une année) est assez différent de celui posé pour les sécheresses météorologiques. Il montre que la tendance à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, en termes de surfaces affectées, est particulièrement nette depuis la fin des années 1980⁷⁸. La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol entre les périodes de référence climatique 1961-1990 et 1981-2010 montre un assèchement moyen de l'ordre de 4 % sur l'année, réparti principalement entre février et septembre.



En termes d'impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées, cette évolution se traduit par un allongement moyen de la période de sol sec⁸⁰ de l'ordre d'une vingtaine de jours en juillet et septembre, tandis que la période de sol très humide⁸¹ évolue peu⁸².

Sur le territoire de la CUCM

On utilise un indice, le SSWI, qui caractérise l'humidité des sols⁸³.

⁷⁸ <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-secheresses>

⁷⁹ source du graphique : ONERC

⁸⁰ SWI inférieur à 0,5.

⁸¹ SWI supérieur à 0,9.

⁸² <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

⁸³ Les différents types de sécheresse (météorologique, agricole) sont caractérisés à partir d'indicateurs standardisés représentant l'anomalie par rapport à la référence 1961-1990 d'une variable hydrométéorologique (cumul de précipitation ou humidité moyenne du sol) intégrée sur différentes durées (1 à 12 mois) : le Standardized Précipitation Index (SPI) pour les sécheresses météorologiques et le Standardized Soil Wetness Index (SSWI) pour les sécheresses agricoles.

L'indice SWI (Soil Wetness Index), pour le suivi de l'humidité des sols, est défini de la façon suivante :

$$\text{SWI (en \%)} = (W - W_{\text{wilt}}) / (W_{\text{fc}} - W_{\text{wilt}})$$

avec :

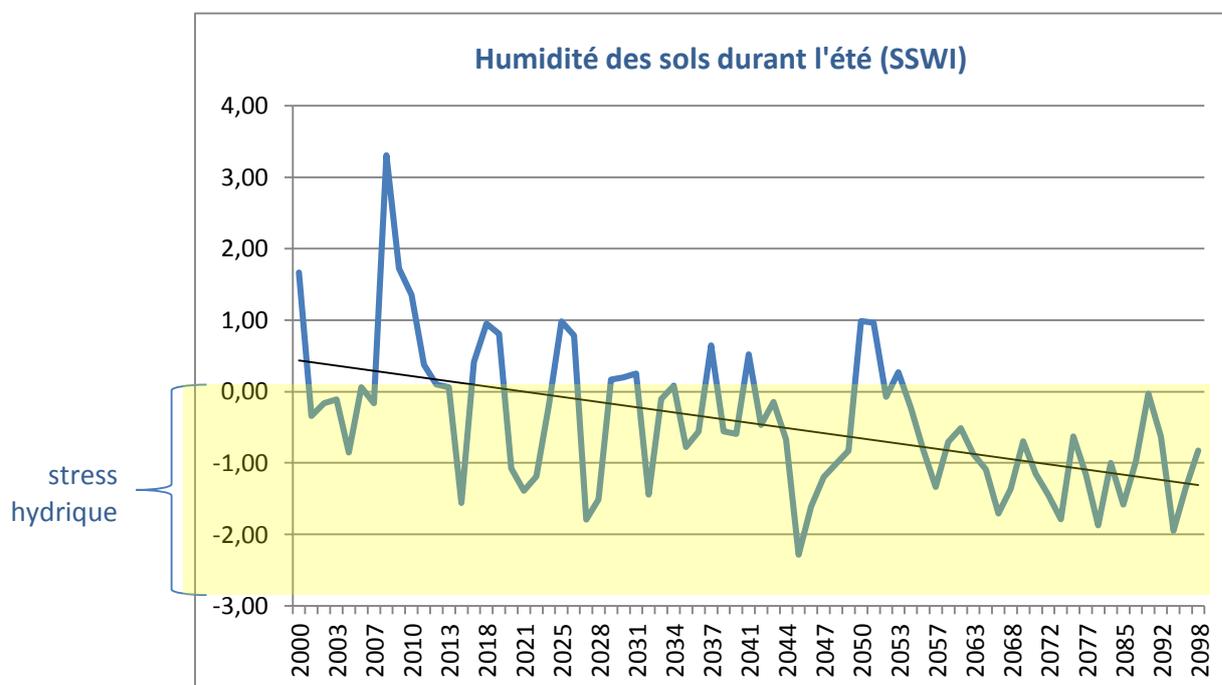
W = contenu en eau du sol

W_{wilt} = contenu en eau du sol au point de flétrissement (seuil à partir duquel la plante ne peut plus capter l'eau du sol, trop rare)

W_{fc} = contenu en eau du sol à la capacité au champ (seuil au dessus duquel il n'y a plus de drainage gravitationnel dans le sol, mais ruissellement).

C'est un moyen d'évaluer l'état de la réserve en eau d'un sol, par rapport à sa réserve optimale (réserve utile). Lorsque le SWI est voisin de 1, voire supérieur à 1, le sol est humide, tend vers la saturation. **Lorsque le SWI tend vers 0, voire passe en dessous de 0, le sol est en état de stress hydrique, voire très sec.**

L'utilisation des données DRIAS⁸⁴ montre que les sols du territoire de la CUCM seront rapidement et de plus en plus souvent en situation de stress hydrique durant la période estivale⁸⁵.



Cette sécheresse des sols aura des conséquences majeures pour la végétation, qu'il s'agisse des plantes sauvages ou cultivées, et par conséquent pour les cultures, les forêts, et les milieux naturels d'une façon générale ; elle aura ainsi des répercussions importantes sur les paysages, et donc sur la physionomie du territoire.

Une évolution inquiétante

L'expertise réalisée en 2006 par l'INRA sur l'évolution en France des sécheresses au XXIème siècle et leurs conséquences pour l'agriculture⁸⁶ considère ce scénario comme "**particulièrement inquiétant**" ; elle indique que :

- ▶ ces évolutions resteront peu sensibles au cours des vingt prochaines années, même si "*les sécheresses agricoles longues pourraient évoluer un peu plus vite que les sécheresses courtes*",
- ▶ elles deviendront "*très significatives*" au milieu du siècle ("*des sécheresses inhabituelles en termes d'expansion spatiale ou d'intensité pourraient apparaître*"),
- ▶ à la fin du siècle (...), il y a une grande probabilité qu'une grande partie du territoire connaisse de très longues sécheresses du sol, quasiment sans retour à la situation normale, définie par le climat actuel (...). Cet assèchement du sol en moyenne se retrouve en toute saison⁸⁷.

Cette expertise souligne que l'augmentation des températures accentuera l'évaporation, et que les sécheresses du sol seront ainsi plus rapides et plus fortes que les sécheresses météorologiques,

⁸⁴ Cf. les explications données à ce sujet p. 11.

⁸⁵ Juin – juillet – août.

⁸⁶ "Sécheresse et agriculture - Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau Expertise scientifique collective", Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2006.

⁸⁷ "A la fin du siècle (années 2080s) (...) les projections climatiques indiquent qu'une grande partie du territoire pourrait connaître de très longues sécheresses du sol quasiment sans retour à la situation normale, définie selon le climat actuel". Jean-Michel Soubeyrou, N. Kitova, M. Blanchard, J.P. Vidal. Impact du changement climatique sur la sécheresse et l'eau du sol en France : les résultats du projet CLIMSEC. 3èmes Rencontres de la recherche et du développement en Poitou-Charentes - Changement climatique : quelles perspectives pour l'agriculture régionale, Dec 2011, Melle, France. p. 9 - p. 16, 2011.

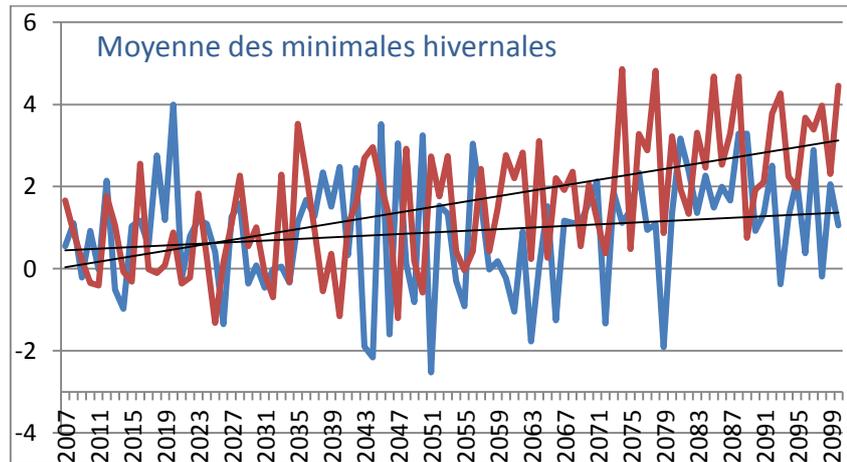
corroborant les travaux réalisés en Bourgogne⁸⁸ ; c'est bien l'effet conjugué de l'évolution du régime des précipitations et de l'augmentation des températures qui remettra en cause la disponibilité en eau des sols pour la végétation⁸⁹.

4.2. Transformation des milieux naturels

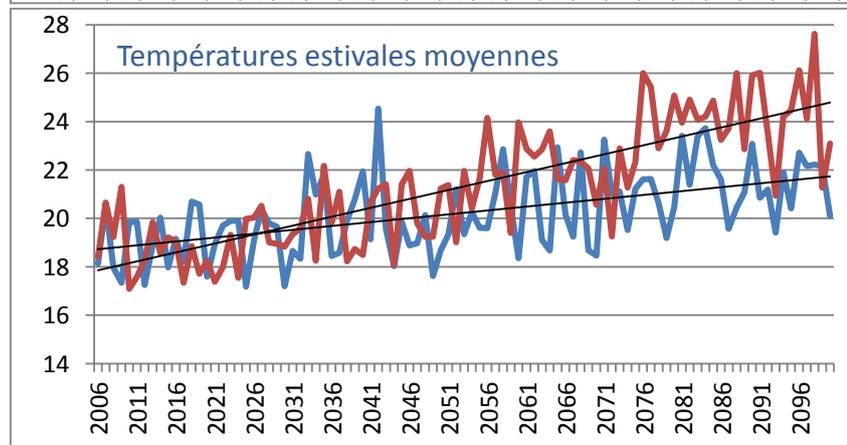
Les conditions de vie de la faune et de la flore sont notamment déterminées par les températures hivernales minimales et par la disponibilité de l'eau en période estivale.

De ce point de vue, trois manifestations du changement climatique, précédemment décrites, sont particulièrement importantes :

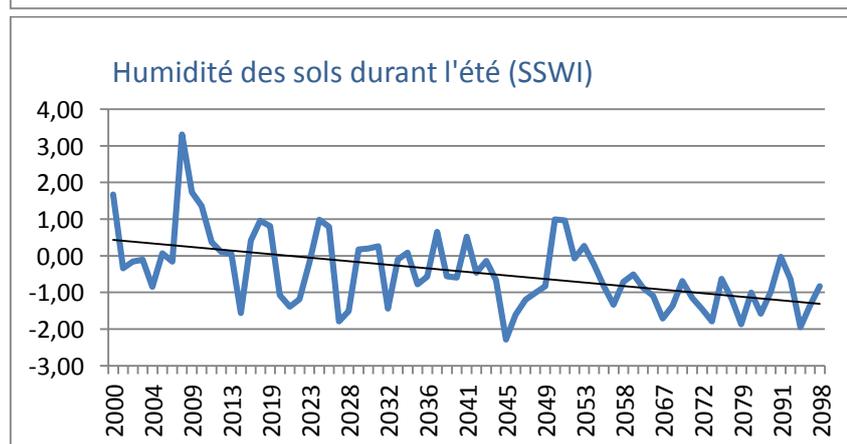
- ▶ le relèvement des températures hivernales minimales (cf. p. **Erreur ! Signet non défini.**)



- ▶ l'augmentation des températures estivales (cf. p. 32)



- ▶ la diminution de l'humidité des sols (cf. p. 55)



⁸⁸ Et notamment : "Impacts du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau en Bourgogne : aspects quantitatifs et qualitatifs", Etienne BRULEBOIS 2016, thèse de doctorat à l'Université de Bourgogne Franche-Comté, déjà citée.

⁸⁹ Le rapport d'expertise précise ainsi que : "cet élément [l'augmentation de l'évaporation liée à celle des températures] semble prépondérant dans la compréhension des changements du cycle hydrologique au XXI^e siècle et rend inadaptée la prise en compte des seules précipitations comme variable explicative pour décrire l'évolution des sécheresses".

■ **Ces trois phénomènes impactent l'activité biologique des êtres vivants.**

- ▶ Le relèvement des températures hivernales minimales et son corollaire - la réduction du nombre de jours de gel - affecte les plantes qui ont besoin d'une période suffisante de froid durant l'hiver pour assurer ensuite une bonne floraison (ce qui a des conséquences pour la végétation spontanée, mais également pour les cultures).
- ▶ L'élévation des températures estivales augmente les besoins en eau des plantes alors même que la diminution de l'humidité des sols en réduit la disponibilité, ainsi que l'activité biologique des sols. Cet "effet ciseau" fragilise la végétation, avec des conséquences qui peuvent aller jusqu'à entraîner une mortalité importante, comme on l'a par exemple et notamment constaté dans les forêts en 2003. C'est également l'économie agricole qui est fragilisée, avec en particulier une diminution de la production de fourrage qui peut atteindre des proportions dramatiques pour les éleveurs (cf. infra, p. 81).
- ▶ La faune peut sembler moins directement touchée. Elle subit néanmoins les effets des fortes chaleurs mais plus encore les conséquences pour leur alimentation de l'affaiblissement des plantes, à la base des chaînes alimentaires.

■ **Ils risquent d'entraîner des conséquences majeures dans la propagation et la répartition des espèces animales et végétales, et par conséquent de transformer les grands équilibres écologiques et les paysages.**

- ▶ Les espèces dont l'aire de répartition est jusqu'à présent limitée par des températures hivernales trop basses pour elles vont gagner du terrain tandis qu'inversement, celles qui ont besoin de froid hivernal ou de fraîcheur estivale vont reculer.
- ▶ Cela se traduira par des modifications des écosystèmes, l'apparition ou le développement de parasites ou d'agents pathogènes⁹⁰, des changements importants pour les exploitations agricoles et la production forestière.

"A l'échelle européenne, le Laboratoire d'écologie alpine (LECA) a modélisé les répercussions des changements climatiques sur la biodiversité végétale selon les différents scénarios du GIEC. Selon le scénario retenu, les modèles montrent que 42 % à 62 % de la flore européenne serait modifiée. D'anciennes espèces disparaîtraient, de nouvelles espèces s'installeraient. Si l'on suit le scénario A1 [un réchauffement de 2,4 à 4°C], 60 à 70 % des espèces végétales disparaîtraient de la Bourgogne"⁹¹.

⁹⁰ La propagation d'espèces dites "invasives" est entre autres favorisée par les voies de communication. L'ambrosie en est un exemple caractéristique bien connu, mais il y en a bien d'autres.

⁹¹ Alterrebourgogne : "Adaptation aux changements climatiques en Bourgogne et biodiversité". Dossier thématique, septembre 2012, p. 15.

4.3.Santé

"Le changement climatique pourrait avoir un effet désastreux sur la santé humaine et réduire à néant tous les progrès réalisés depuis un demi-siècle"⁹².

Les conditions climatiques ont d'importantes répercussions sur la santé. Nous nous attacherons ici aux questions de la surmortalité caniculaire, des allergies et des pathologies favorisées par les changements climatiques.

4.3.1. Les épisodes de fortes chaleur

"En l'espace d'une décennie (entre 2001 et 2010), alors que le réchauffement de la planète n'a pas encore atteint 1 °C, la mortalité mondiale liée à la chaleur a augmenté de 2300 %. Les épisodes de chaleur extrême ont fait des victimes partout, particulièrement dans les populations qui n'y étaient pas habituées (70 000 morts en Europe en 2003, 55 000 en Russie en 2010)"⁹³.

■ LES LEÇONS DE L'ÉTÉ 2003

▶ EN FRANCE

Les populations sont directement impactées par les épisodes de fortes chaleurs, dans les logements, dans les transports ou sur leurs lieux de travail ou de loisirs. Et les activités économiques (dégradation de la productivité des actifs), les rythmes et les pratiques de déplacement se modifient alors.

La vague de chaleur du mois d'août 2003 et ses conséquences sanitaires ont marqué l'opinion publique. Cette canicule a été à l'origine de la première politique publique affichée en matière d'adaptation aux changements climatiques : le Plan Canicule, mis en œuvre dès 2004. Les conditions caniculaires d'août 2003 étant susceptibles de se produire de plus en plus régulièrement dans les prochaines décennies, il est intéressant d'examiner plus en détail les facteurs de vulnérabilité de la population face aux vagues de chaleur.

Une étude réalisée sur six vagues de chaleur identifiées entre 1971 et 2003⁹⁴ observe *"une bonne concordance"* entre les variations quotidiennes des températures et de la mortalité pour chacune des vagues de chaleur : *"une augmentation progressive de la mortalité tant que les températures étaient très élevées a été suivie d'une baisse rapide dès que la température redevenait proche de la température de référence"*.

En règle générale, les études portant sur la surmortalité lors des épisodes de forte chaleur cherchent à savoir si la forte surmortalité lors des vagues de chaleur se maintient de façon résiduelle dans les jours ou semaines qui suivent les vagues de chaleur. Dans le cas où une sous-mortalité secondaire et transitoire est observée, elle peut révéler un phénomène d'anticipation de la mortalité (appelé " effet moisson "). D'après l'étude de l'INSERM citée précédemment, *" l'existence d'un effet moisson n'est ni systématique ni quantitativement significative. "*

Au cours de la première quinzaine d'août 2003, la vague de chaleur d'une durée et d'une intensité exceptionnelles (les températures minimales moyennes et maximales moyennes observées sur les 11 jours de la vague de chaleur, du 4 au 15 août, étaient respectivement de 20,0°C et 36,4°C) a entraîné un nombre de morts en excès estimé à environ 15 000⁹⁵.

⁹² "Health and climate change : policy responses to protect public health", Environ Risque Sante 2015;14:466-468.

⁹³ S'adapter à un monde plus chaud : jusqu'où l'homme peut-il aller ? Analyse rédigée par Laurence Nicolle-Mir – Vol 15 n° 3 – Mai-Juin 2016, in Year book Environnement et santé 2017, John Libbey Eurotext.

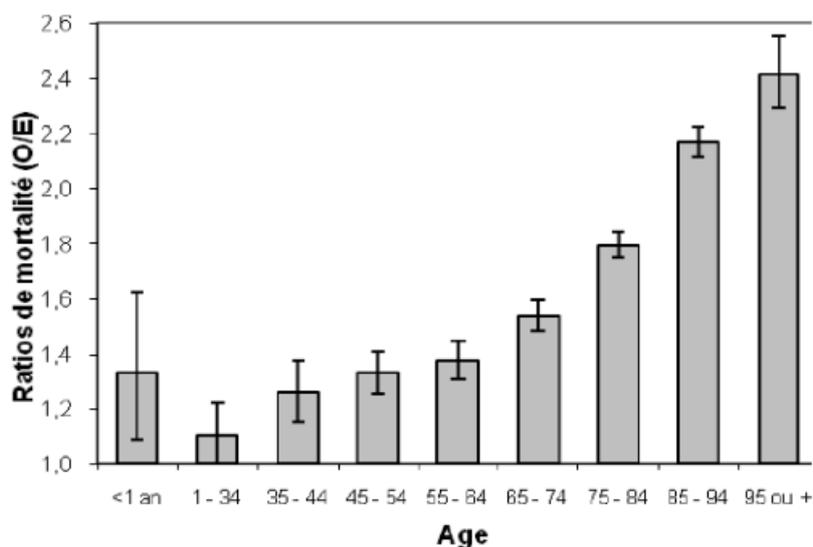
⁹⁴ Grégoire REY (INSERM), *Surmortalité liée aux vagues de chaleur : facteurs de vulnérabilité sociodémographiques et causes médicales de décès*, 2007.

⁹⁵ Le Rapport 'Surmortalité liée à la canicule d'août 2003' de l'INSERM a calculé une mortalité "attendue" (valeur de référence) à partir notamment des nombres de décès des mois de juillet, août et septembre des années 2000 à 2002 et d'une estimation de la population (et de ses caractéristiques) en 2003.

Toutes les classes d'âge de la population n'ont pas été impactées de la même manière par cet épisode caniculaire. Les ratios de mortalité⁹⁶ par âge laissent apparaître une plus grande vulnérabilité des personnes âgées et, dans une moindre mesure, des enfants de moins d'un an, aux vagues de chaleur. Chez les sujets de moins de 45 ans, seules les causes de décès directement liées à la chaleur et les états morbides mal définis ont augmenté, et uniquement chez les hommes. Chez les sujets de 45 ans et plus, trois groupes de causes de décès ont été distinguées⁹⁷:

- Les causes directement liées à la chaleur (coup de chaleur, hyperthermie et déshydratation) dont l'augmentation relative a été massive (nombre de décès multiplié par 20 ou plus selon l'âge et le sexe). La première des causes de surmortalité liées aux épisodes caniculaires qui pourrait être augmenté sous l'effet du changement climatique est le " coup de chaleur ", caractérisé par une température corporelle supérieure à 40,6°C au moment du décès. Si l'on considère que les températures maximales enregistrées au mois d'août 2003 ont dépassé en moyenne de 2°C celles atteintes lors des trois étés les plus chauds précédents, la hausse anticipée des températures maximales des mois d'été invite à penser que le phénomène de "coup de chaleur" prendra de l'ampleur dans les décennies à venir. Les risques de déshydratation devraient également augmenter.
- La surmortalité a également été extrêmement marquée pour les causes suivantes : maladies du système nerveux, troubles mentaux, maladies de l'appareil respiratoire (incluant les pneumonies), maladies infectieuses, maladies de l'appareil génito-urinaire, maladies endocriniennes et états morbides mal définis ;
- La quasi-totalité des autres causes médicales ont également progressé, mais de manière moins prononcée.

Ratios de mortalité par âge en France au cours de la vague de chaleur de 2003 (Source : INSERM, Grégoire REY)
Les barres horizontales représentent les bornes des intervalles de confiance à 95%



Pour toutes les vagues de chaleur⁹⁸ étudiées par l'INSERM, le nombre de décès en excès est très majoritairement féminin. La surreprésentation des femmes parmi les personnes âgées explique en partie cette observation. Toutefois, l'étude " [ne peut] conclure à une vulnérabilité différentielle selon le sexe " car les taux de mortalité de référence sont nettement plus élevés chez les hommes à tous les âges.

⁹⁶ Le ratio de mortalité est défini comme le rapport de la mortalité observée sur la mortalité attendue (calculée sur la base de la mortalité observée pendant une période de référence de 3 ans précédant la vague de chaleur étudiée).

⁹⁷ K.LAAIDI et al, 2012.

⁹⁸ L'Agence nationale de santé publique (Santé Publique France, ex-InVS), a la charge depuis le 1^{er} juillet 2004 de mettre en place un dispositif de veille, le Système d'alerte canicule santé (SACS) sur lequel s'appuie le Plan Canicule. Dans le cadre de la conception de ce SACS, l'Agence s'est vu confier la tâche de définir un indicateur biométéorologique (IBM) unique permettant de prévenir des vagues de chaleur pouvant avoir un impact épidémique de grande ampleur (les seuils de cet indicateur peuvent varier d'un site à l'autre). L'IBM retenu couple la moyenne glissante sur trois jours des températures minimales et maximales (indicateurs les plus performants en regard d'une surmortalité journalière).

L'accroissement relatif de la mortalité a été, en 2003, supérieur chez les célibataires et divorcés par rapport aux sujets veufs et mariés. Le degré d'urbanisation (défini selon la tranche d'unité urbaine) semble également jouer un rôle dans l'importance relative de la surmortalité dans les différentes régions françaises : la surmortalité, de +54% en moyenne nationale, a par exemple été moins importante dans les zones rurales, petites agglomérations et villes de moyenne et de grande taille (environ 40% en moyenne pour ces catégories d'unités urbaines) que dans la région parisienne (+151%).

Les augmentations de mortalité les plus importantes ont été observées pour des causes de décès directement attribuables à la chaleur : déshydratation, hyperthermie, coup de chaleur (fièvre aiguë, perte de connaissance, choc cardio-vasculaire). L'augmentation projetée des températures dans un contexte de changement climatique devrait donc augmenter l'impact des fortes chaleurs sur les populations. Une étude⁹⁹ estime ainsi que par rapport aux valeurs actuelles, un réchauffement uniforme annuel de +2°C amènerait une réduction du taux de mortalité en hiver de -2,2 % et une augmentation du taux de mortalité en été de +2,9 %. Dans le cas d'un réchauffement uniforme annuel de +3°C à +3,5°C, les taux de mortalité lors des mois de juillet et d'août pourraient connaître une augmentation comprise entre +12 % et +18 %.

Pour la vague de chaleur de 2003, l'analyse de l'effet cumulatif de plusieurs jours consécutifs d'exposition à des températures caniculaires chez les sujets de 75 ans et plus a permis d'observer que plus le nombre de jours cumulés au-delà de 35°C a été élevé dans un département, plus la hausse du nombre de décès y a été forte. L'effet des îlots de chaleur urbains qui maintiennent le niveau des températures, parce qu'ils "conservent" la chaleur, est particulièrement significatif sur ce point. En 2003, les conséquences en termes de mortalité ont été particulièrement importantes dans les villes, du fait de cet effet d'îlot de chaleur urbain. Cela s'explique en partie par le rafraîchissement nocturne plus faible en zone urbaine, qui à la fois perturbe fortement les capacités de récupération de l'organisme et réduit les possibilités de rafraîchissement des logements.

Les risques pour la santé liés à l'exposition de la population aux vagues de chaleur font intervenir de nombreux facteurs incluant les données climatologiques, l'existence d'une pollution atmosphérique, les caractéristiques du microenvironnement urbain et des lieux de vie – et plus largement l'environnement économique et social des individus, leur état de santé et leur prise en charge médicale.

L'étude menée par l'INSERM sur les facteurs de vulnérabilité lors des vagues de chaleur a cherché à caractériser des facteurs de vulnérabilité aux vagues de chaleur, définis comme des caractéristiques associées à une plus grande élévation de la mortalité. Trois composantes, chacune pouvant comporter des déterminants socio-économiques, ont été identifiées :

- Une plus forte exposition à la chaleur : exposition au soleil, absence d'air conditionné, mauvaise isolation thermique du logement, logement au sein d'un îlot urbain, logement aux étages supérieurs d'un immeuble (en particulier au dernier étage) et chambre sous le toit, etc. ;
- Une plus grande fragilité individuelle : âge, maladies chroniques qui fragilisent l'organisme, moins bonne connaissance du risque, etc. ;
- Un environnement social défavorable : moindre soutien de la part de ses proches, moins bon accès aux services de soins, etc.

Le **Plan National Canicule** (PNC), mis en place à partir de l'été 2004, incluant des mesures de prévention et un système de surveillance et d'alerte des vagues de chaleur, est opérationnel chaque été sur l'ensemble de la France. Ce dispositif a contribué à la prise de conscience générale par l'ensemble de la population des risques associés aux fortes chaleurs. Il a contribué à faire évoluer les comportements de la population.

⁹⁹ " *La mortalité selon le contexte thermique : Réalité présente et scénarios pour le 21ème siècle : le cas de la France*", JP Besancenot, 2004.

PRINCIPES DU SYSTEME D'ALERTE CANICULE ET SANTE (SACS)

L'objectif du SACS est d'identifier une vague de chaleur susceptible d'avoir un impact sanitaire majeur, afin de permettre la mise en place rapide de mesures de prévention et de gestion efficace de l'évènement. Le SACS est fondé sur la surveillance d'un indicateur biométéorologique (IBM) pouvant être lié à une forte surmortalité quotidienne. Cet indicateur, qui tient compte de certains critères qualitatifs (météorologiques, environnementaux, démographiques) est défini par l'InVS et Météo-France. Il est la moyenne sur trois jours des températures minimales nocturnes et maximales diurnes. Pour chaque département, deux seuils d'alerte (nocturne et diurne) ont été définis pour cet indicateur, respectivement 20 °C et 34 °C pour la Saône-et-Loire.

Si les prévisions météorologiques indiquent un risque suffisamment élevé d'atteindre ou de dépasser ces seuils, Santé Publique France recommande d'activer le niveau de "mise en garde et actions" du PNC. D'autres paramètres sont également pris en compte dans la décision, par exemple l'intensité de la vague de chaleur, sa durée et son extension géographique.

Le plan départemental de gestion d'une canicule comporte 3 niveaux :

- Niveau 1 : "Veille saisonnière" (du 1er juin au 31 août)
- Niveau 2 : "Mise en garde et actions" (vague de chaleur prévue ou en cours)
- Niveau 3 : "Mobilisation maximale" (canicule avec impact sanitaire important, compliquée d'effets collatéraux).

EVITER ET LIMITER LA CLIMATISATION

Pourquoi la climatisation ne peut-elle pas être une réponse de long terme du système sanitaire dans la lutte contre la chaleur ? ¹⁰⁰

- ▶ pour des raisons de **cohérence des politiques climatiques** : la climatisation augmente les consommations d'énergie et, par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre. Très localement, la climatisation, comme les véhicules en circulation, diffuse de la chaleur qui renforce l'effet d'îlot de chaleur.
- ▶ parce qu'elle peut **fragiliser le système électrique** : le développement de la climatisation peut poser de sérieuses difficultés en rendant le système de lutte contre la chaleur dépendant de l'approvisionnement électrique dans un contexte où celui-ci peut être fragilisé lors des périodes estivales (tensions sur les productions hydroélectriques et thermiques refroidies par cours d'eau du fait de la sécheresse hydrique et de températures élevées, perte d'efficacité du système de transport-distribution, etc.). L'impact d'une coupure d'électricité prolongée pourrait alors être désastreux ;
- ▶ parce qu'elle pose des **problèmes sanitaire** : les équipements de climatisation, individuels ou centralisés, peuvent avoir des impacts sanitaires directs sur les populations environnantes (irritations par l'émission de poussières, syndrome des bâtiments malsains (sécheresse et irritation des yeux, fatigue, maux de tête, etc.), allergies, infections pulmonaires, etc.) ;
- ▶ parce qu'elle reste **inaccessible à ceux qui pourraient en avoir le plus besoin** : *"Les systèmes de climatisation sont gourmands en énergie et pourront être trop onéreux pour les populations les plus vulnérables et cela agrandira l'inégalité sociale face aux vagues de chaleur. [En outre,] une dépendance par rapport à des mesures de refroidissement actives nécessitant des quantités importantes d'énergie pourrait se révéler désastreux pour la santé publique en cas de coupure d'électricité au cours d'un épisode caniculaire prolongé."*¹⁰¹

¹⁰⁰ Simon HALES, *Les canicules sont-elles une menace pour la santé publique ? Une perspective européenne*, http://www.invs.sante.fr/beh/2007/22_23/beh_22_23_2007.pdf

¹⁰¹ Les canicules sont-elles une menace pour la santé publique ? Une perspective européenne, Simon Hales (simon.hales@otago.ac.nz) 1,2, Christina Koppe3, Franziska Matthies1, Bettina Menne1

Une utilisation intelligente de la climatisation dans les établissements accueillant des personnes âgées ¹⁰².

"Les pouvoirs publics demandent que dans un délai de 4 ans, chaque établissement accueillant des personnes âgées soit équipé d'un local climatisé suffisamment vaste pour y accueillir tous les résidents durant 2 à 3 heures par jour. Mais outre les consommations supplémentaires d'énergie qu'entraîne la climatisation, celle-ci peut avoir à son tour des incidences sanitaires (développement de la légionellose) ou des chocs thermiques si la différence de température entre les locaux climatisés et ceux qui ne le sont pas est trop importante, si le niveau auquel il faut régler la climatisation n'est pas inférieur à la température ambiante de plus de 5 °C

La climatisation n'est pas une panacée. Elle contribue à intensifier l'effet de serre et donc indirectement à élever les températures. Elle peut favoriser la légionellose en cas de maintenance insuffisante des tours de refroidissement. Elle peut aussi causer des chocs thermiques préjudiciables aux personnes âgées en passant brutalement d'une ambiance climatisée à une ambiance non climatisée.

A l'inverse, grâce à la climatisation, les Etats-Unis ont réussi, à intensité identique, à réduire la mortalité, pendant les vagues de chaleur, de 42 %, voire de plus de 50 % dans certains Etats comme la Floride. Il semble raisonnable de plaider pour "une climatisation intelligente". Elle ne doit pas fonctionner du printemps à l'automne mais simplement pour passer quelques caps difficiles. Elle ne doit pas non plus fonctionner 24 heures sur 24. Les enquêtes épidémiologiques montrent que deux ou trois heures par jour dans un local climatisé permettent de récupérer dans de bonnes conditions, voire mieux qu'en séjournant en permanence dans de telles ambiances. Une climatisation intelligente ne doit pas être trop froide : au lieu de fixer un seuil de température (22, 23°C), il est préférable de choisir une valeur de 5°C inférieure à la température extérieure. Cela permet à la fois de réduire le choc thermique et de diminuer notablement l'impact énergétique de la climatisation".

► EN BOURGOGNE

La Bourgogne a été au troisième rang des régions françaises touchées par la canicule 2003. Entre le 4 et le 18 août, la mortalité en Bourgogne a été près de deux fois plus importante qu'aux mêmes dates entre 2000 et 2002 (1984 décès au lieu de 1426 en moyenne)¹⁰³.

http://www.invs.sante.fr/beh/2007/22_23/beh_22_23_2007.pdf

¹⁰² Jean-Pierre BESANCENOT, CNRS : GDR Climat et santé, Faculté de médecine de Dijon, lors de la table ronde "La Bourgogne face aux aléas climatiques : les leçons de l'année 2003", 24 juin 2004.

¹⁰³ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

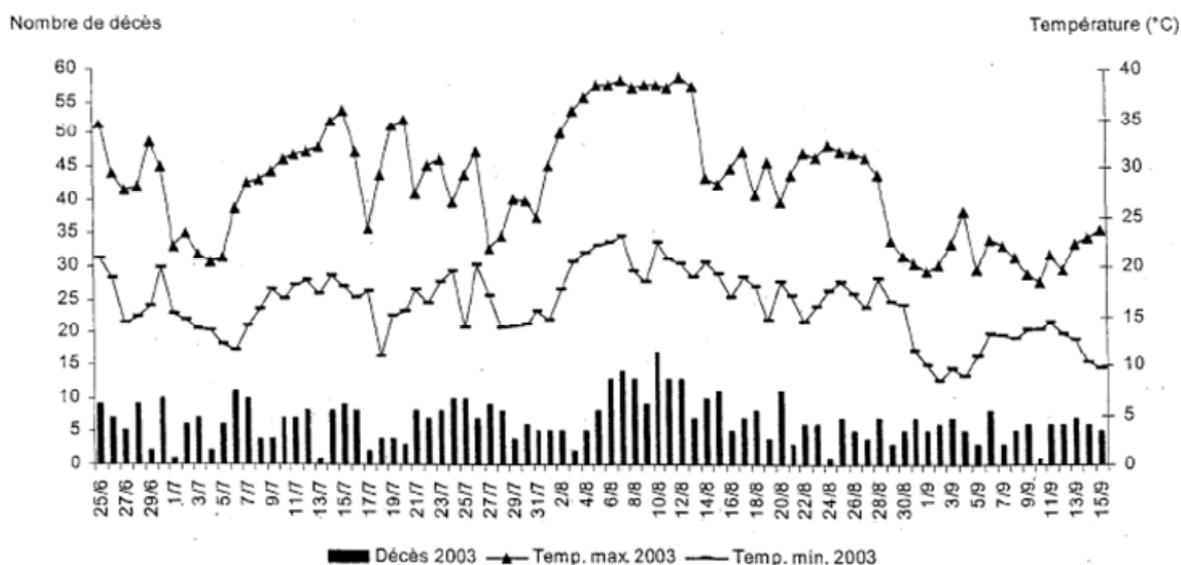
Cette surmortalité a été d'autant plus importante que les classes d'âge considérées sont élevées.²⁷

		nombre moyen de décès entre le 4 et le 18 août, de 2000 à 2002	nombre de décès entre le 4 et le 18 août 2003	variation 2003
moins de 50 ans	hommes	38	47	23,68 %
	femmes	12	10	-16,67 %
	ensemble	50	57	14,00 %
entre 50 & 70 ans	hommes	84	112	33,33 %
	femmes	38	48	26,32 %
	ensemble	122	160	31,15 %
entre 70 & 85 ans	hommes	149	236	58,39 %
	femmes	111	211	90,09 %
	ensemble	260	447	71,92 %
85 ans & plus	hommes	80	151	88,75 %
	femmes	153	418	173,20 %
	ensemble	233	569	144,21 %

Données de surmortalité en Bourgogne²⁷

	nombre moyen de décès entre le 4 et le 18 août, de 2000 à 2002	nombre de décès entre le 4 et le 18 août 2003	variation 2003
hommes	351	546	55,56 %
femmes	314	687	118,79 %
TOTAL	665	1233	85,41 %

La mise en parallèle du nombre quotidien de décès et des températures minimales¹⁰⁴ et maximales, ici entre le 25 juin et le 15 septembre 2003 à Dijon, montre bien le lien qui existe entre les deux :



¹⁰⁴ Les périodes de fortes chaleurs de l'été ont été caractérisées par des températures élevées même durant la nuit, empêchant les personnes âgées de "récupérer".

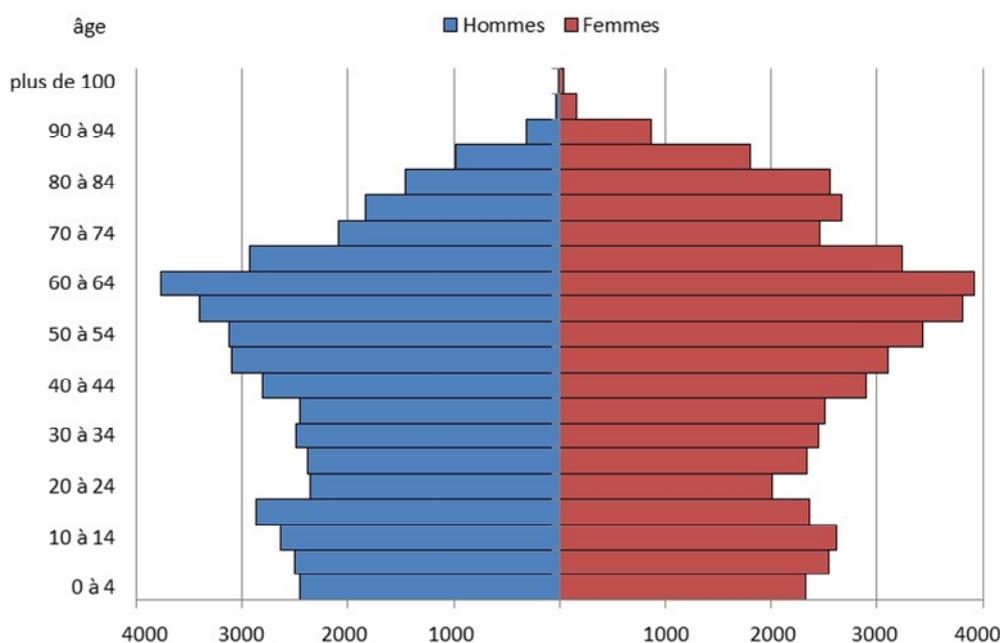
Données de surmortalité en Saône-et-Loire ²⁷

		nombre moyen de décès entre le 4 et le 18 août, de 2000 à 2002	nombre de décès entre le 4 et le 18 août 2003	variation 2003
moins de 50 ans	hommes	13	12	-7,69 %
	femmes	3	2	-33,33 %
entre 50 & 70 ans	hommes	25	31	24,00 %
	femmes	13	14	7,69 %
entre 70 & 85 ans	hommes	48	85	77,08 %
	femmes	37	72	94,59 %
85 ans & plus	hommes	32	36	12,50 %
	femmes	51	147	188,24 %
hommes		118	164	38,98 %
femmes		104	235	125,96 %
TOTAL		222	399	79,73 %

► CUCM

La proportion des personnes âgées est élevée sur le territoire de la CUCM. Les personnes âgées de plus de 75 ans représentent 13,3 % de la population (contre 10,6 % au niveau régional) et cette proportion augmentera dans les prochaines années, compte tenu du nombre également important des personnes âgées de 60 à 74 ans: 18,7 % (16,5 % au niveau régional)¹⁰⁵. C'est ainsi une part croissante de la population qui est particulièrement vulnérable aux épisodes de fortes chaleurs¹⁰⁶.

Pyramide des âges des habitant.e.s de la CUCM (2014)



¹⁰⁵ L'ensemble de ces chiffres sont de 2013.

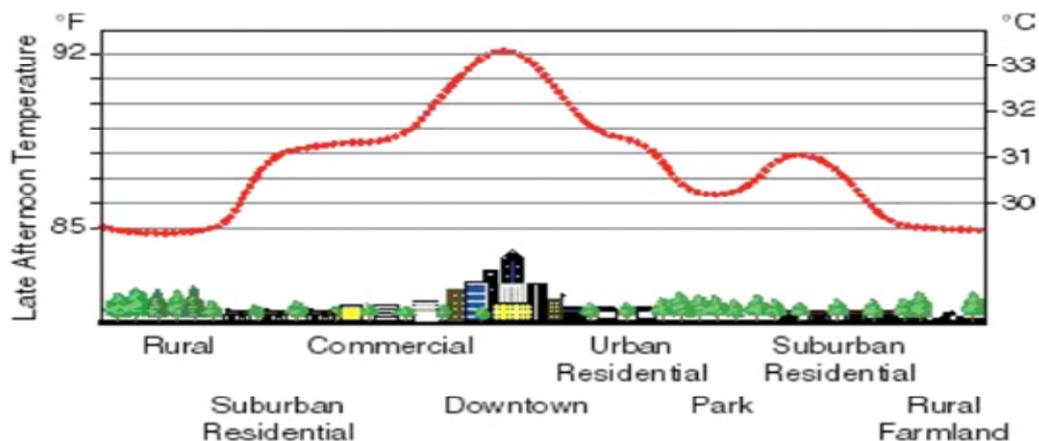
¹⁰⁶ Vulnérabilité d'autant plus importante que, parmi les personnes de plus de 75 ans, plus de 4 sur 10 vivent seules.

■ L'INCIDENCE DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Le milieu urbain est à l'origine de processus radiatifs, thermiques et hydriques qui modifient le climat. La couche superficielle du sol, avec la présence plus ou moins importante de surfaces végétales ou d'eau, les activités humaines qui induisent des rejets de chaleur et de polluants, et la structure urbaine, avec des matériaux de construction et une certaine morphologie du cadre bâti, sont les principaux facteurs de cette modification. Le système urbain a pour effet principal de limiter la baisse des températures durant la nuit, diminution pourtant essentielle, lors de vagues de chaleur, pour permettre aux organismes humains de récupérer des fortes chaleurs du jour.

Le phénomène **des îlots de chaleur urbains (ICU)** apparaît en cas d'épisodes de fortes chaleurs et lorsque le réchauffement de l'air en centre-ville est accentué par l'énergie calorifique générée par le fonctionnement urbain et les activités humaines (la hausse de la température dans le centre de la ville est, dans un tel contexte, supérieure à celle dans la périphérie).

Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain :
variation des températures moyennes en fin d'après-midi selon le milieu¹⁰⁷



La météo influence fortement l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur urbain : on observe par exemple que l'écart de température entre cœur urbain et zones rurales avoisinantes peut atteindre 10°C par temps clair et calme lors d'un épisode de forte chaleur, alors qu'il n'est que de 2°C par temps couvert ou venteux. La plus faible fréquence de temps couverts et venteux en été explique que le phénomène d'îlot de chaleur urbain est plus marqué pendant cette saison. De même, " *la ventilation intense, durant la saison froide, élimine une grande partie de cette chaleur artificielle, tandis que durant l'été, où les vents restent généralement faibles, l'influence de la nature du sol devient prépondérante*¹⁰⁸ ".

Le diagnostic du phénomène d'îlot de chaleur urbain est nécessairement très local : **il dépend de nombreux éléments tels que l'albédo¹⁰⁹ (caractérisé par les matériaux utilisés pour l'aménagement urbain), la morphologie urbaine, la circulation du vent en milieu urbain, ou encore la hauteur des bâtiments.** Il dépend également de l'*aspect ratio* (profondeur du canyon urbain), de l'orientation des rues, de la surface imperméable et végétalisée et des intrants (chaleur émise par les transports motorisés). Chaque agglomération possède de ce fait sa propre identité thermique¹¹⁰.

■ L'INCIDENCE DES BÂTIMENTS

Les caractéristiques du bâti ont une influence majeure sur la sensibilité de l'occupant aux fortes chaleurs – renforcées par le phénomène d'îlot de chaleur urbain dans les zones très artificialisées et densément construites. Une étude récente¹¹¹ a en effet rapporté qu'en France, le risque de décès au cours de l'épisode caniculaire de 2003 a été augmenté par les facteurs suivants :

¹⁰⁷ Source : Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble.

¹⁰⁸ Dettewiller, 1970 in Ibid

¹⁰⁹ L'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchi par une surface à l'énergie solaire incidente

¹¹⁰ Cantat, O. L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps, 2004

¹¹¹ Vandentorren S, Bretin P, Zeghnoun A, Mandereau-Bruno L, Croisier A, Cochet C, Riberon J, Siberan I, Declercq B, Ledrans M., *August 2003 Heat-wave in France: Risk Factors for Death of Elderly People Living at Home.*

- un habitat ancien, avec :
 - peu de pièces
 - une mauvaise isolation thermique
 - de nombreuses fenêtres
- un habitat aux étages supérieurs d'un immeuble (en particulier au dernier étage), et
- l'emplacement de la chambre sous le toit.

Le tableau ci-dessous présente, sur le territoire de la CUCM, la répartition des logements selon leur date de construction. On considère que les logements construits dans l'après-guerre et jusqu'aux premières réglementations thermiques (1974 puis 1982) sont ceux qui présentent les plus mauvaises performances thermiques, tant vis-à-vis du froid hivernal que des chaleurs estivales. On peut ainsi estimer qu'environ 40% des logements protègent mal leurs occupants des fortes chaleurs.

en %	Période de construction des résidences principales				Total
	< 1946	De 1946 à 1970	De 1971 à 1990	> 1990	
1 : Maison	24%	12%	19%	11%	66%
2 : Appartement	6%	12%	12%	3%	34%
Total	30%	25%	31%	14%	100%

Les réponses à apporter aux phénomènes d'îlot de chaleur urbain sont locales ; elles dépendent des caractéristiques physiques du milieu urbain. Elles dépendent également des ressources exploitables dans une projection de changement du climat (ressource en eau pour la végétalisation, par exemple, ou encore opportunités de création d'ombres dans le milieu urbain, etc.).

L'objectif est d'augmenter l'albédo¹¹² des surfaces construites, en jouant sur le choix des matériaux (couleur, rugosité et dimensions) de surface, du sol, des toitures. Des expériences ont été menées sur l'impact des toitures végétalisées, qui permettraient de réduire les fluctuations des températures de surface du toit et de contribuer au rafraîchissement des espaces intérieur en été et à la réduction de l'énergie de chauffage en hiver¹¹³.

A une échelle plus globale, ce sont les choix d'aménagement même qui sont en cause puisque la morphologie urbaine, la circulation du vent, ou encore la hauteur des bâtiments influent sur le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Outre l'ombre que les arbres peuvent apporter, la présence d'espaces verts et de végétation fait écran au rayonnement solaire, en absorbant une partie du rayonnement incident, et contribuent au rafraîchissement de l'air par l'évapotranspiration qu'ils soutiennent (à la condition que le sol contienne de l'eau).

La lutte contre les impacts de la chaleur passe également par un travail sur la qualité du bâti, qui relève de la politique du logement. Les objectifs de maîtrise de la consommation énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre vont soutenir la conduite de nombreuses opérations de rénovation thermique du bâti pour la réalisation d'économies d'énergie pour le chauffage. Il est important que soit associé à ces opérations un objectif d'amélioration du confort d'été.

European Journal of Public Health, 2006, cite dans InVS, *Eté 2006: premier épisode caniculaire majeur après la catastrophe de 2003*, BEH

¹¹² L'albédo peut se définir comme la fraction de l'énergie solaire incidente réfléchi vers l'espace

¹¹³ Source : Niachou et coll. 2001

FORTES CHALEURS : SE PROTEGER... MAIS AUSSI S'HABITUER

"La thermorégulation permet de maintenir notre température corporelle dans une fourchette étroite de fonctionnement biologique optimal (approximativement 36,8 °C ± 0,5). Il s'agit d'un mécanisme de régulation à court terme, avec une composante interne (l'organisme réduit ou augmente sa production de chaleur en adaptant le niveau du métabolisme basal et surtout celui de l'activité musculaire) et une composante externe (régulation de la déperdition de chaleur). Quand la température corporelle s'élève, la vasodilatation cutanée permet d'évacuer de la chaleur vers le milieu extérieur par convection. Ce mécanisme n'est plus efficace au-dessus d'une température interne de 38 °C et obéit à la loi immuable de la thermodynamique (aucun corps ne peut se refroidir s'il est placé dans un environnement plus chaud).

Le principal moyen d'évacuer de la chaleur est la sudation. Son efficacité dépend de la température extérieure, mais aussi de la saturation de l'air en eau et du flux d'air sur la peau, qui favorisent l'évaporation de la sueur ou l'empêchent (air très humide et stagnant). Elle entraîne une déshydratation et une perte d'électrolytes dangereuses pour la pompe cardiaque, sollicitée pour maintenir la perfusion des organes vitaux et des muscles (même si la sensation de fatigue a normalement conduit à restreindre au minimum l'activité physique), alors que le volume sanguin est réduit et largement détourné vers la surface corporelle. L'âge et l'état de santé (notamment cardiaque et rénal) vont ainsi influencer la tolérance de l'organisme à la chaleur et le seuil de température corporelle au-dessus duquel l'effondrement du système de thermorégulation conduit à l'hyperthermie létale. D'autres facteurs individuels interviennent, tels que l'indice de masse corporelle, la composition corporelle (pourcentages de masse maigre et de masse grasse), la surface corporelle, la morphologie, le sexe et les traitements médicamenteux, ainsi que les différents facteurs (santé mentale, capacités cognitives, autonomie physique) conditionnant les capacités d'adaptation comportementales (s'abriter de la chaleur, se découvrir, boire, cesser de s'agiter, etc)"

"L'acclimatation est un mécanisme d'adaptation physiologique à long terme, qui permet d'optimiser la thermorégulation. Les réponses physiologiques surviennent plus vite et sont à la fois plus amples et moins coûteuses pour l'organisme. L'augmentation de la capacité de sudation s'accompagne ainsi d'une augmentation de la capacité de réabsorption rénale (eau et électrolytes). La moindre souffrance de l'organisme repousse la sensation d'inconfort thermique et l'impossibilité de fournir un effort physique ou intellectuel.(...)

Dans tous les cas, l'acclimatation est un phénomène progressif qui nécessite une exposition à la chaleur. Or, jusqu'à présent, lorsqu'une vague de chaleur touche une région tempérée, les conseils délivrés aux populations sont des recommandations d'éviction. L'évolution vers des messages incitant à une exposition graduelle, très prudente au début, serait pertinente pour préparer l'avenir"¹¹⁴.

¹¹⁴ S'ADAPTER À UN MONDE PLUS CHAUD : JUSQU'OU L'HOMME PEUT-IL ALLER ? Analyse rédigée par Laurence Nicolle-Mir (Hanna E, Tait P. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. Int J Environ Res Public Health 2015; 12: 8034-74).– Vol 15 n° 3 – Mai-Juin 2016, in Year book Environnement et santé 2017, John Libbey Eurotext.

4.3.2. Les allergies

Plus de 20% de la population française souffre d'allergie respiratoire. De nombreux facteurs peuvent être à l'origine de ces manifestations. Ils peuvent être classés en 3 catégories¹¹⁵ :

- Les facteurs environnementaux intérieurs : il s'agit de tous les allergènes potentiels respirés avec l'air intérieur des locaux : acariens, moisissures, poils de chat, poils de chien, etc...
- Les facteurs environnementaux extérieurs : il s'agit de tous les allergènes potentiels respirés avec l'air extérieur : pollens, moisissures.
- Les facteurs de pollution atmosphérique : il existe des relations triangulaires entre pollution, pollens et allergie. La pollution peut à la fois agir sur les pollens en modifiant leur structure biochimique extérieure et par là même leur allergénicité sur les muqueuses respiratoires de l'homme en modifiant sa sensibilité immunologique aux grains de pollens.

Les maladies allergiques sont responsables d'une forte morbidité. On estime que l'asthme coûte chaque année, en France, 1,5 milliard d'euros dont 65 % de coûts directs et 35 % de coûts indirects. Le coût de la rhinite allergique serait également important mais plus difficile à estimer. L'asthme est responsable d'une mortalité encore trop importante estimée entre 1 500 et 2 000 décès par an, survenant surtout chez les personnes âgées.

Les allergies aux pollens

La météo – et donc le climat – joue un rôle déterminant : elle intervient dans le déclenchement de la pollinisation, influe sur la quantité de pollen produit et le transport des grains dans l'air. En période de pollinisation, les grains de pollen sont émis en très grande quantité car la probabilité d'atteindre la fleur femelle est faible (un pied d'ambrosie, par exemple, peut produire 2,5 milliards de grains en une seule saison). La situation météorologique la plus propice à la libération et à la dispersion des pollens est une journée très ensoleillée, sans précipitation, avec des températures élevées et un vent modéré.

Un hiver doux accélère le développement des plantes et déclenche une pollinisation précoce. En revanche, un hiver froid avec épisodes de gel retarde la croissance des plantes et le début de la pollinisation. Les évolutions du climat de la CUCM peuvent avoir un impact significatif sur l'augmentation des périodes de pollinisation¹¹⁶.

Tous les pollens ne sont pas allergisants : pour provoquer les symptômes d'allergies, les grains de pollen doivent disposer de substances reconnues comme immunologiquement néfastes pour un individu donné. De plus, ils doivent atteindre les muqueuses respiratoires. C'est pourquoi les pollens les plus allergisants sont ceux transportés par le vent.

On classe en France¹¹⁷ les espèces selon un potentiel allergisant allant de 0 à 5 (0 étant un potentiel nul et 5 un potentiel très fort). Ce classement a été établi grâce à des capteurs de pollens et à l'intensité des symptômes observés chez les patients atteints de pollinose.

Cyprès, bouleau, chêne, frêne, platane, charme et olivier sont les principaux arbres émettant des pollens allergisants.

¹¹⁵ <http://www.pollens.fr/le-reseau/allergie.php>

¹¹⁶ Concernant les maladies respiratoires, les changements climatiques peuvent avoir des conséquences contrastées. D'un côté, les périodes de pollinisation deviennent plus précoces, la durée et l'intensité de cette pollinisation devraient s'accroître, augmentant les effets des espèces végétales allergisantes et la pollinose. D'un autre côté, des hivers raccourcis et des températures hivernales plus douces auraient un impact positif sur certaines maladies respiratoires (rhumes, gripes saisonnières, bronchites, etc.).

¹¹⁷ RNSA (Réseau National de Surveillance Aérobiologique)

Potentiel allergisant (0 = nul ; 5 = très fort)			
Arbres		Herbacées	
Cyprès	5	Graminées (phléole, ivraie, dactyle, pâturin)	5
Bouleau	5	Ambroisie	4
Chêne	4	Armoise	4
Charme	4	Pariétaire	3
Frêne	4	Chenopode	3
Platane	4	Plantin	3
Peuplier	3	Oseille	2
Saule	3	Ortie	1
Noisetier	3		
Hêtre	3		
Olivier	3		
Tilleul	3		
Aulne	3		
Mûrier	3		
Châtaignier	2		
Orme	1		
Pin	0		

Un exemple d'invasion : l'ambroisie

L'ambroisie est connue pour les allergies qu'elle provoque. Au moment de sa floraison, elle libère du pollen abondant et fortement allergisant : il suffit de quelques grains de pollen d'ambroisie par m³ d'air pour provoquer des réactions allergiques.

En France, **6% à 12%** de la population est exposée à l'ambroisie et développe des allergies avec :

- des rhumes, identiques à celui du rhume des foins mais avec des symptômes beaucoup plus prononcés,
- des rhinites, survenant en août-septembre, associé à un écoulement nasal,
- de la conjonctivite,
- des symptômes respiratoires tels que la trachéite,
- de la toux,
- de l'urticaire ou de l'eczéma,
- apparition d'asthme ou aggravation de celui-ci.

Les agriculteurs doivent aussi faire face à la prolifération de l'ambroisie, car l'ambroisie se développe dans des milieux ouverts non enherbés comme les chantiers, les bords de chemin mais également dans les grandes cultures, notamment dans les cultures de printemps comme les champs de tournesol.

L'ambroisie ne constitue plus un risque lié au changement climatique... dans la mesure où elle est déjà très présente en Saône-et-Loire. **Mais elle constitue une bonne illustration de la façon dont une espèce au départ absente de notre territoire a pu y arriver et s'y développer, favorisée par des conditions climatiques qui ont facilité son développement.**

L'ambroisie est arrivée sur le sol français au milieu du XIXe siècle, probablement à la faveur d'une cargaison de graines de semences en provenance des Etats-Unis. C'est une plante invasive qui s'installe sur les terres dénudées et inoccupées. Elle envahit surtout les plaines et les régions de basse altitude. Elle pousse très vite. Peu de sols lui résistent, car la texture et la composition du sol n'ont pas d'impact sur son développement.

Son extension est favorisée par les conditions climatiques :

- **elle présente une grande tolérance aux stress écologiques (sécheresse, salinité...).**
- **la disparition de gels précoces au début de l'automne, qui permettaient d'empêcher son extension, lui permet désormais de s'étendre vers les régions plus au nord.**

Elle progresse actuellement fortement dans différentes régions. Si le quart sud-est de la France a été le premier et jusqu'à présent le plus touché avec notamment la vallée du Rhône, d'autres régions - Pays de Loire, Poitou Charente, Alsace, Centre, Bourgogne... - le sont progressivement à leur tour. Les spécialistes s'accordent à dire que la plante a désormais envahi une zone allant de Bordeaux à Bucarest¹¹⁸.

¹¹⁸ Source : Comité Parlementaire de suivi de risque Ambroisie - <http://www.parlementaires-ambroisie.fr/tout-savoir-de-l-ambroisie/>

4.3.3. Les pathologies favorisées par les changements climatiques

Les conditions climatiques influencent l'apparition, le développement et la transmission des maladies infectieuses.

Les cinq grandes "familles" de maladies infectieuses peuvent être impactées par les changements climatiques.

Les **maladies vectorielles** (le chikungunya et le paludisme par exemple) sont transmises par des vecteurs (insectes, acariens...) dont la répartition géographique et l'abondance sont sensibles aux conditions climatiques et évoluent avec elles.

Les **zoonoses** sont des maladies circulant chez l'animal et qui peuvent se transmettre à l'homme. Les rongeurs en sont les principaux vecteurs, leurs populations peuvent évoluer avec le climat.

Les **maladies alimentaires** (la salmonellose par exemple) posent la question de la conservation des aliments et du respect de la chaîne du froid, dont l'efficacité peut être affectée par les changements climatiques.

Les **maladies hydriques** (comme le choléra) sont transmises lors de contacts avec une eau insalubre, dont l'insalubrité augmente avec la chaleur.

Les **maladies respiratoires** (bronchites, pneumonies et allergies) sont la cinquième catégorie de maladie infectieuse ; les conditions climatiques impactent les conditions de production des allergènes et la transmission des virus.

Il est fortement présumé que les évolutions des équilibres climatiques auront des conséquences en termes d'éco-épidémiologie. Le nombre et la variété des interactions mises en jeu rendent difficile toute prévision de l'évolution de la transmission des maladies infectieuses. Un vecteur, pour être efficace, doit être *compétent* (en relation étroite avec l'agent infectieux) et avoir, dans l'environnement considéré, des conditions favorables à sa transmission, c'est-à-dire être abondant, avoir une grande longévité, entretenir des contacts étroits avec les vertébrés réservoirs et les vertébrés réceptifs. L'élévation anticipée des températures hivernales et moyennes et les perturbations des cycles de précipitations devraient par conséquent se traduire par une augmentation du risque d'extension et/ou de déplacement de nombreuses maladies vectorielles.

Le relèvement des températures hivernales devrait probablement faire baisser la mortalité hivernale des vecteurs et rendre de nouvelles régions propices à la transmission. Les modifications du régime des précipitations, aux tendances moins prévisibles, devraient avoir des conséquences particulières : dans les régions où les précipitations diminuent et où les zones humides s'assèchent – ce qu'il faut par ailleurs éviter -, il pourrait se trouver moins de gîtes larvaires potentiels pour les moustiques ; cependant une telle réduction pourrait être compensée par l'apparition d'autres zones propices comme les mares se formant dans les lits de cours d'eau en voie d'assèchement. La présence médiatisée du moustique tigre (*Aedes albopictus*), vecteur de la dengue, du chikungunya, de la fièvre jaune et du virus du Nil occidental notamment, dans le Sud de la France (Alpes-Maritimes, Corse, Var, Alpes-de-Haute-Provence et Bouches-du-Rhône) illustre le phénomène de "remontée" vers le Nord de l'Europe. Des hivers plus doux, dans un contexte de réchauffement des températures, et une augmentation de l'humidité dans certaines zones sont les causes de cette évolution. L'implantation du moustique dépend toutefois d'autres facteurs que les seuls facteurs climatiques, comme la végétation ou les types de sols qui définissent les conditions de reproduction de l'insecte.

Moustique tigre :

les changements climatiques ne sont pas la cause de sa propagation, mais ils la facilitent.

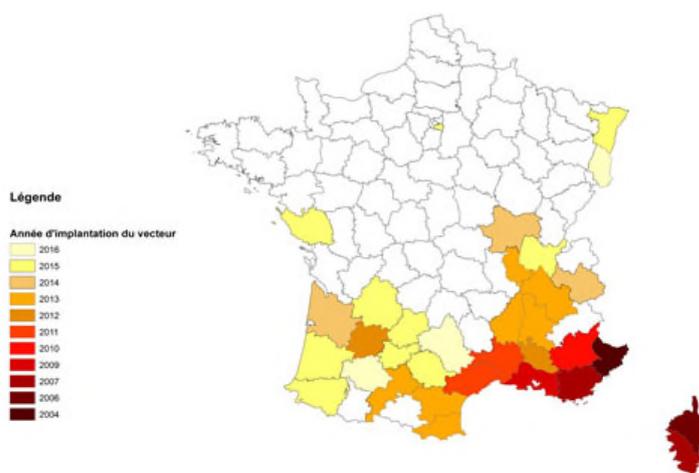


Le moustique tigre (*Aedes albopictus*) est très facile à identifier grâce à ses rayures noires et blanches présentes sur le corps et sur les pattes qui lui donnent un aspect très contrasté. C'est un moustique de petite taille (plus petite qu'une pièce d'un centime d'euro) ne dépassant pas 1 cm d'envergure¹¹⁹.

Originnaire des forêts tropicales d'Asie du Sud-Est, le moustique tigre s'est adapté à divers environnements, et notamment au milieu urbain, en colonisant une multitude de récipients dans lesquels il pond ses œufs. Grâce au commerce international et notamment à celui des pneus usagés, il a progressivement été introduit sur les cinq continents ces trente dernières années. Cette capacité à être transporté et à coloniser des zones tempérées est due à une plasticité physiologique également importante. D'une part, ses œufs ont comme particularité de résister à la dessiccation (assèchement), ce qui favorise leur transport et augmente leur durée de vie. D'autre part sa capacité de diapause ("hibernation") lui permet de survivre durant l'hiver sous forme d'œufs en dormance dans les régions tempérées.

L'espèce est aujourd'hui implantée dans plus de 80 pays d'Asie, de l'océan Indien, du Pacifique, d'Afrique, du bassin méditerranéen et des Amériques. Cette expansion fulgurante lui vaut d'être classé parmi les dix espèces les plus invasives au monde.

Détectée en Italie dans les années 90, l'espèce est surveillée en France métropolitaine depuis les années 2000. L'implantation d'une population de moustiques tigre a été mise en évidence dans le Sud-Est de la France en 2004 à Menton. L'espèce est aujourd'hui implantée dans 33 départements de France métropolitaine.



► Départements et années d'implantation en France métropolitaine¹²⁰ : le moustique tigre est arrivé en Saône-et-Loire en 2014.

Le moustique tigre est capable de transmettre à l'homme différents virus dont ceux de la dengue et du chikungunya. Bien que ces maladies sévissent principalement en zones tropicales, la survenue de cas autochtones (contractés sans voyage) en France métropolitaine

représente un risque bien réel. Ainsi, en 2010, deux cas autochtones de dengue et deux cas autochtones de chikungunya ont été détectés respectivement à Nice et à Fréjus. En 2013, un cas autochtone de dengue a également été identifié dans les Bouches-du-Rhône. Pour qu'une transmission de ces virus (dengue et chikungunya) ait lieu en France métropolitaine, plusieurs conditions sont nécessaires :

- la présence du vecteur,
- l'exposition du moustique au virus de la dengue ou du chikungunya,
- une "naïveté" immunologique de la population humaine à ce virus, ce qui est le cas des métropolitains, très peu confrontés à ces virus.

¹¹⁹ <http://www.signalement-moustique.fr/sinformer>

¹²⁰ source : Santé publique France <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle/Chikungunya/Donnees-epidemiologiques/France-metropolitaine/Chikungunya-dengue-et-zika-Donnees-de-la-surveillance-renforcee-en-France-metropolitaine-en-2017>

L'exposition des moustiques tigres présents en France aux virus de la dengue et du chikungunya est notamment possible lorsque des voyageurs, de retour de pays où ces maladies sont présentes (Antilles, Amérique du Sud, Asie du Sud-Est, Océan Indien) reviennent infectés, introduisent ces virus en France métropolitaine et se font piquer par des moustiques tigres locaux. Après quelques jours, ces moustiques seront capables de transmettre à leur tour, sur le territoire métropolitain, le virus à une personne qui n'a pas voyagé¹²².

Le Chikungunya se manifeste par des douleurs articulaires aiguës pouvant être persistantes, souvent très invalidantes. À ces atteintes articulaires peuvent s'associer des maux de tête, de la fièvre, des douleurs musculaires importantes, une éruption cutanée au niveau du tronc et des membres, une inflammation d'un ou plusieurs ganglion(s) lymphatiques cervicaux, une conjonctivite ou encore des malformations fœtales sur les femmes enceintes.

La dengue "classique" se manifeste, après 2 à 7 jours d'incubation, par l'apparition d'une forte fièvre souvent accompagnée de maux de tête, de nausées, de vomissements, de douleurs articulaires et musculaires et d'une éruption cutanée ressemblant à celle de la rougeole. Une brève rémission est observée au bout de 3 à 4 jours, puis les symptômes s'intensifient avant de régresser au bout d'une semaine. Chez certains patients, le tableau clinique de la maladie évolue selon deux formes sévères : la dengue hémorragique (environ 1% des cas) puis la dengue avec syndrome de choc, qui est mortelle. ¹²¹.

La réflexion sur l'impact du changement climatique sur le développement et la transmission de maladies infectieuses pose la question de la capacité des autorités sanitaires locales à mesurer les changements dans la virulence de ces maladies et leur dispersion.

Un plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en métropole a été adopté en 2006 et mis à jour en 2012¹²³. Son objectif est notamment de détecter la présence du moustique pour éviter son implantation sur les territoires non colonisés et de suivre l'évolution de son aire d'implantation sur les territoires où il est implanté.

4.3.4. Effets conjugués des conditions climatiques et de la qualité de l'air

Les fortes chaleurs interfèrent doublement avec la pollution atmosphérique :

- ▶ d'une part, les vagues de chaleur sont dans la plupart des cas associées :
 - à des conditions anticycloniques qui favorisent l'augmentation des taux de polluants dans l'atmosphère (dioxyde d'azote, particules en suspension, soufre), en s'opposant, en l'absence de vent, à leur dispersion tant verticale qu'horizontale : elles s'accompagnent ainsi très souvent de niveaux élevés de pollution,
 - à un fort ensoleillement, qui favorise la formation d'ozone.
- ▶ d'autre part, les conséquences sur la santé de la chaleur et des polluants atmosphériques ne se contentent pas de s'additionner, ils se conjuguent : "*la qualité de l'air et la chaleur agissent ainsi de façon synergique*"¹²⁴.

Les conditions météorologiques de l'été 2003 ont favorisé des concentrations de polluants atmosphériques plus élevées qu'à l'accoutumé, dioxyde d'azote et particules notamment. Elles ont notamment favorisé la formation d'ozone, dont les concentrations ont été significativement supérieures à ce qu'elles sont habituellement à la même époque : les seuils d'informations et de recommandations (180 µg/m³) ont été fréquemment dépassés durant l'été ; ces valeurs particulièrement élevées ont été observées sur l'ensemble des stations de mesures, aussi bien en centre-ville qu'en zone périurbaine ou en milieu rural. Et une étude de l'INVS sur les conséquences sanitaires de cette pollution

¹²¹ cf. <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/chikungunya>

¹²² <http://www.signalement-moustique.fr/sinformer>

¹²³ Guide relatif aux modalités de mise en œuvre du plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en métropole, Ministère de la Santé (2012)

¹²⁴ Professeur Besancenot

a montré qu'elle a eu un impact "non négligeable" sur la surmortalité enregistrée durant cette période. Les stations automatiques de Bourgogne comme celles du reste de la métropole française ont enregistré de nombreux dépassements du seuil d'information et de recommandation à la population ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), ainsi qu'un nombre très élevé d'heures de dépassement des objectifs de qualité pour la protection de la santé ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$) et pour la protection de la végétation ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$).

L'ozone est un polluant qualifié de "secondaire" car il se forme sous l'action du rayonnement solaire à partir de polluants "primaires", principalement les oxydes d'azotes (émis par les pots d'échappement, les centrales thermiques et les procédés industriels) et les composés organiques volatils (hydrocarbures provenant de mauvaises combustions d'essence, peintures, colles, solvants, etc.). Cette transformation chimique de polluants primaires en ozone se trouve ainsi renforcée dans des conditions de fort ensoleillement.

L'ozone a une durée de vie relativement importante : c'est un polluant qui voyage et présente de ce fait une problématique régionale plus que locale. Les territoires ruraux ne sont donc pas épargnés par la pollution par l'ozone. Il arrive fréquemment que les circulations de masse d'air déplacent les polluants précurseurs de l'ozone formés au-dessus des agglomérations vers les zones péri-urbaines et rurales voisines puis qu'ils transforment progressivement, sous l'effet du rayonnement solaire, en ozone : c'est ainsi que l'on peut observer des teneurs en ozone plus élevées dans une large couronne autour des villes qu'en centre-ville.

L'ozone est un puissant oxydant, dont les effets impactent également les végétaux. A haut degré de concentration, l'ozone conduit à la formation de nécroses sur les feuilles et les aiguilles d'arbres forestiers mais également sur de nombreux végétaux. La photosynthèse des plantes soumises à ces fortes concentrations peut diminuer et provoquer à terme des baisses de rendement pour les cultures, voire des dépérissements des écosystèmes.

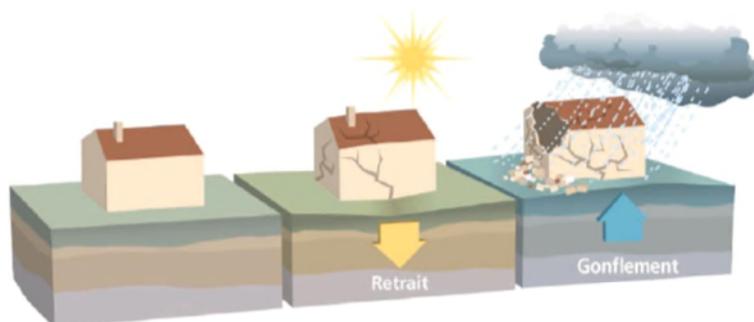
4.4. Retrait-gonflement des argiles

Le phénomène de retrait-gonflement des argiles fait partie de la catégorie des mouvements de terrain naturels lents, comme les affaissements, les tassements ou certains glissements. "Sous l'effet de la sécheresse, certaines argiles se rétractent de manière importante et entraînent localement des mouvements de terrain non homogènes pouvant aller jusqu'à provoquer la fissuration de certains pavillons. C'est ce qu'on appelle le phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Un matériau argileux a une consistance qui se modifie en fonction de sa teneur en eau. Il est dur et cassant lorsqu'il est desséché, plastique et malléable à partir d'un certain degré d'humidité. Ces modifications de consistance s'accompagnent aussi de variations de volume dont l'amplitude peut être parfois spectaculaire.

En climat tempéré, les argiles sont souvent proches de leur état de saturation et leur potentiel de gonflement est relativement limité. En revanche, elles sont souvent éloignées de leur limite de retrait, ce qui explique qu'en Europe la plupart des désordres liés au retrait-gonflement s'observent après une sécheresse intense et prolongée.

En période sèche, la tranche la plus superficielle du sol (1 à 2 m de profondeur) est soumise à l'évaporation. Une rétractation des argiles se produit alors. Elle se traduit verticalement par un tassement du sol et horizontalement par l'ouverture de fissures de retrait, à l'instar de ce que l'on peut observer dans une mare qui s'assèche. Ce sont ces mouvements de terrains, généralement non uniformes, qui provoquent la fissuration des maisons individuelles, structures légères, fondés souvent de manière très superficielle ou hétérogène, ce qui les rend particulièrement vulnérables¹²⁵.



Si les mouvements de sol induits par le retrait-gonflement des argiles ne causent pas de dommages humains, ils n'en constituent pas moins un risque majeur en raison de l'ampleur des dégâts matériels qu'ils provoquent. Ce phénomène, amplifié par les épisodes de sécheresse, est en France à l'origine de 20 % des arrêtés de catastrophe naturelle et de 38 % des coûts d'indemnisation (représentant ainsi, derrière les inondations, le risque naturel qui entraîne les dépenses les plus importantes). L'aléa retrait-gonflement d'argiles fort ou moyen concerne un cinquième des sols métropolitains et 4 millions de maisons individuelles. Leur répartition et leur vulnérabilité potentielle révèlent des disparités territoriales¹²⁶.

Au regard de l'ampleur des dégâts matériels qu'il provoque sur les constructions, le retrait-gonflement des argiles constitue un risque majeur, susceptible de s'accroître sous l'effet du changement climatique, en lien avec l'accroissement du nombre d'épisodes de sécheresse¹²⁷.

¹²⁵ BRGM, extrait du communiqué de presse "prévenir le risque de fissuration des maisons dû au retrait-gonflement des argiles, conséquence de la sécheresse", 7 août 2003.

¹²⁶ "Retrait-gonflement des argiles : plus de 4 millions de maisons potentiellement très exposées", Commissariat général au développement durable, octobre 2017.

¹²⁷ Note de méthode - La vulnérabilité des communes à l'aléa retrait-gonflement des argiles : méthode de calcul et classification typologique, Ministère de la transition écologique et solidaire, Service de la donnée et des études statistiques, Sous-direction de l'information environnementale, octobre 2017.

L'aléa retrait-gonflement des argiles définit la susceptibilité d'une maison individuelle à être affectée par un sinistre induit par ce phénomène. Une cartographie de cet aléa retrait-gonflement des argiles a été réalisée par le BRGM. Cette cartographie hiérarchise les zones a priori sujettes au phénomène de retrait-gonflement selon un degré d'aléa croissant. Ce risque est défini de la façon suivante :

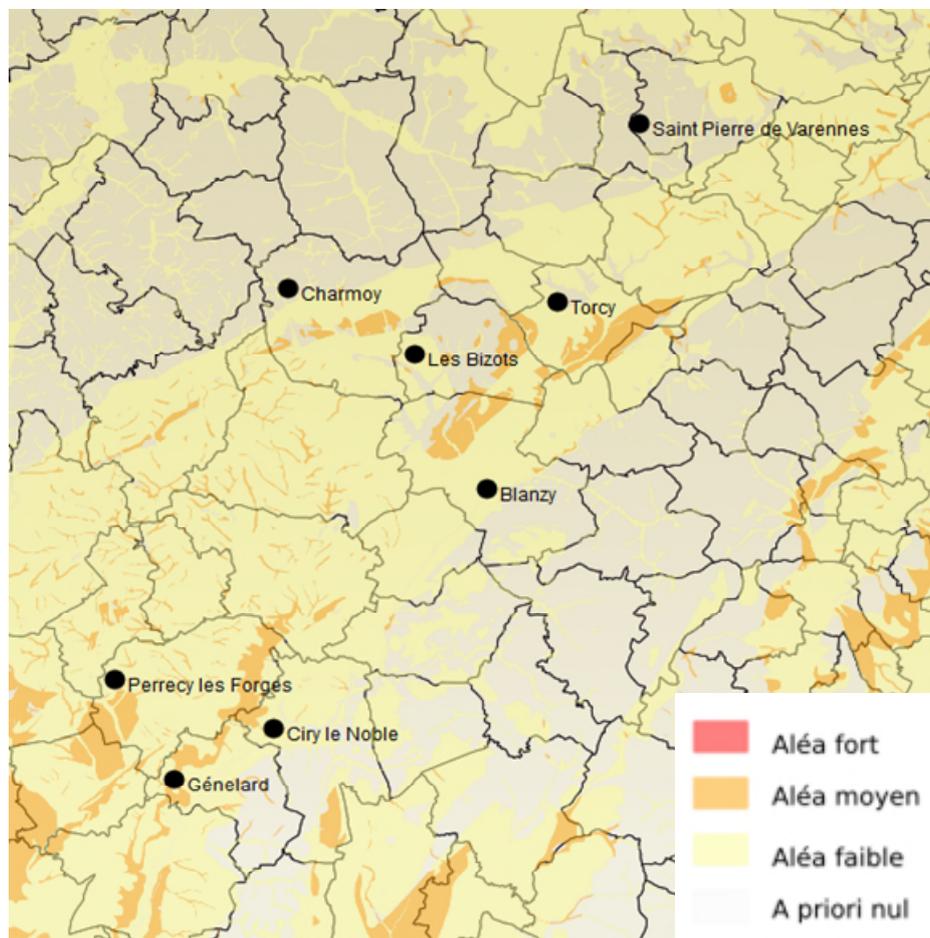
- ▶ Les zones où l'aléa retrait-gonflement est qualifié de fort sont celles où la probabilité de survenance d'un sinistre sera la plus élevée et où l'intensité des phénomènes attendus est la plus forte.
- ▶ Dans les zones où l'aléa est qualifié de faible, la survenance de sinistres est possible en cas de sécheresse importante mais ces désordres ne toucheront qu'une faible proportion des bâtiments (en priorité ceux qui présentent des défauts de construction ou un contexte local défavorable, avec par exemple des arbres proches ou une hétérogénéité du sous-sol) ; c'est la situation des zones en jaune sur la carte.
- ▶ Les zones d'aléa moyen correspondent à des zones intermédiaires entre ces deux situations extrêmes (c'est la situation des zones orange sur la carte).
- ▶ Quant aux zones où l'aléa est estimé a priori nul, il s'agit des secteurs où les cartes géologiques actuelles n'indiquent pas la présence de terrain argileux en surface. Il n'est cependant pas exclu que quelques sinistres s'y produisent car il peut s'y trouver localement des placages, des lentilles intercalaires, des amas glissés en pied de pente ou des poches d'altération, de nature argileuse, non identifiés sur les cartes géologiques à l'échelle 1/50 000, mais dont la présence peut suffire à provoquer des désordres ponctuels.

Sur l'ensemble du territoire de la CUCM, 3,5 % des maisons individuelles sont exposées à un aléa de retrait-gonflement des argiles qualifié de moyen ¹²⁸.

Les communes principalement concernées sont Blanzay, Les Bizots, Charmoy, Ciry le Noble, Gévelard, Perrecy les Forges, Saint-Pierre-de-Varennes et Torcy ¹²⁹:

¹²⁸ http://geoidd.developpement-durable.gouv.fr/geoclip_stats_o3/index.php?profil=FR#sly=a_epci_DR;z=759650,6661132,94583,72394;l=fr;i=ri_s_argile.p_bati_rga_fort;v=map13;s=2014;sid=1133

¹²⁹ Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux réalisée à partir de <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/argiles/carte#/com/71153> (données du BRGM).



Les risques liés au retrait-gonflement des argiles peuvent être limités. La plupart des nouvelles constructions sont réalisées sans études géotechniques préalables qui permettraient notamment d'identifier la présence éventuelle d'argile gonflante et de concevoir le bâtiment en prenant en compte le risque associé. Il est possible de construire sur des sols argileux sujets au phénomène de retrait-gonflement en le respectant des règles constructives relativement simples qui n'entraînent pas de surcoût majeur sur les constructions.

4.5. Infrastructures

Les infrastructures - routes, voies ferrées, réseau électrique, lignes téléphoniques, réseaux de distribution et d'assainissement d'eau, éclairage urbain - peuvent être affectés par les inondations et par les épisodes de grand froid ou, au contraire, de chaleurs trop élevées.

Les conséquences des inondations sont identifiées dans le cadre des Plan de prévention du risque inondation (PPRI).

Les épisodes de grand froid affectent principalement la circulation routière, lorsqu'ils sont associés à des chutes de neige et au verglas. Ils peuvent également affecter les réseaux aériens - électricité, téléphonie, caténaires.

Des chaleurs élevées peuvent affecter les réseaux routiers et ferroviaires :

- ▶ Une chaussée peut atteindre des températures très supérieures à celle de l'air, car le sol s'échauffe plus vite. Quand l'air atteint 30 °C à 40 °C au soleil, la surface de la route s'échauffe jusqu'à environ 60 °C à 70 °C¹³⁰. Si les autoroutes sont épargnées grâce à des matériaux résistant aux températures extrêmes (entre -15 et 50° environ), le réseau secondaire est en revanche exposé quand le soleil tape dur. "*Le bitume de certaines chaussées peut parfois se ramollir et remonter en surface*"¹³¹. Les

¹³⁰ <https://www.science-et-vie.com/questions-reponses/pourquoi-le-bitume-fond-il-au-soleil-6809>

¹³¹ Patrice Parisé, directeur général des routes au ministère de l'Équipement.

routes secondaires sont généralement recouvertes d'un enduit superficiel, moins cher que l'enrobé¹³², utilisé sur les axes majeurs. Composé pour une petite partie de bitume et pour l'essentiel de gravillons, l'enduit est plus sensible aux températures extrêmes, même s'il ne "fond" pas au sens propre, mais perd de sa consistance et ramollit¹³³. Mais 60 ou 70°C à la surface de la chaussée noire suffisent pour que ce mélange d'hydrocarbures ramollisse et adhère aux pneus".

- ▶ Concernant le réseau ferroviaire, la chaleur a des incidences importantes et peut impacter le trafic. Les réseaux composés de rails soudés pour favoriser la vitesse de circulation, réduire le bruit et faciliter la maintenance du réseau sont faits d'acier ; le volume des rails augmente au-delà d'une certaine température (pour une température de l'air de 30°C, les rails peuvent atteindre 45°C). Rails et aiguillages peuvent subir des déformations (ils se dilatent avec la chaleur) qui obligent à une réduction de la vitesse de circulation, voire une interruption du trafic. Les caténaires qui alimentent les trains en énergie sont également exposées aux fortes chaleurs qui les dilatent. Composé de cuivre, le câble d'alimentation électrique des trains s'allonge et se détend. Lors de très fortes chaleurs, la caténaire ne peut pas être maintenue suffisamment tendue ; elle peut alors se rompre lors du passage du train.

Le PNACC définit quelques mesures pour l'adaptation des infrastructures de transport comme de "*passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels)*". Il s'agit de s'assurer que les infrastructures construites il y a plusieurs décennies pour une période longue (jusqu'à un siècle ou davantage), selon des référentiels techniques élaborés il y a trente ou cinquante ans (voire plus pour certains ouvrages, même s'ils ont été révisés depuis, notamment sur l'aspect sécurité, et les infrastructures renforcées en conséquence) permettent de répondre de façon satisfaisante aux évolutions possibles des différentes sollicitations – conditions moyennes et extrêmes – attendues sous l'effet du changement climatique. Il en est de même pour les matériels de transport. Pour les nouveaux projets de transport, l'adéquation des référentiels techniques nationaux, européens (ex : Eurocodes) et internationaux aux aléas révisés est indispensable.

¹³² Selon Dominique Irastorza-Barbet, directeur des Affaires Techniques de l'Union des syndicats de l'industrie routière française, un mètre carré de cet enduit de surface coûte en moyenne quatre fois moins qu'un enrobé.

¹³³ Il ne devient liquide qu'à 150 °C, sa température de fusion. Les différents bitumes qui peuvent être utilisés affichent chacun une température de ramollissement différente. "Le plus mou utilisé en France, le 160/220, sert surtout pour l'entretien de routes à trafic plu- tôt faible. Il perd de sa consistance dès qu'il est exposé quelques heures à 35 °C. Le bitume le plus largement coulé est le 35/50, employé essentiellement dans la construction de chaussées neuves ou l'entretien de routes à plus grand trafic, telles les autoroutes. Il commence à 'fondre' après plusieurs heures à 50 °C environ". <https://www.science-et-vie.com/questions-reponses/pourquoi-le-bitume-fond-il-au-soleil-6809>

4.6. Productions agricoles

4.6.1. Les activités agricoles sur la CUCM

L'élevage constitue la principale activité agricole et les prairies occupent la plus grande partie des espaces agricoles.

Les grandes cultures sont peu représentées (environ 4% des surfaces). Il s'agit essentiellement de blés (et autres céréales) et de maïs.

4.6.2. Les conséquences du changement climatique sur les activités agricoles

Ces conséquences, favorables ou défavorables, peuvent être schématiquement résumées au regard des principales manifestations du changement climatique :

allongement de la période de végétation	▶ allongement des périodes de production, augmentation de la production de biomasse
augmentation des températures	▶ réduction de la durée du cycle des cultures ¹³⁴ ,
sécheresses estivales	▶ déficit de production fourragère ▶ stress hydrique des cultures
chaleurs estivales	▶ échaudages ¹³⁵ ▶ effets physiologiques sur le bétail ▶ modification qualitative des productions (fruits, vigne) ▶ réduction possible de certaines maladies
relèvement des minimales hivernales	▶ fructification réduite (vergers) ▶ perturbations physiologiques des espèces cultivées ▶ modification du cycle de vie des insectes, parasites et agents pathogènes, et développement d'espèces jusqu'alors plus méridionales ⇨ risques sanitaires, risques de proliférations
radoucissement des températures printanières	▶ avancée de la floraison ⇨ augmentation des risques de gels tardifs
sécheresses estivales + chaleurs estivales	▶ sécheresses édaphiques (réduction de la réserve d'eau utile des sols), qui peuvent encore être accentuées par le vent, qui favorise l'évaporation de l'eau des sols
vents	▶ érosion des sols

¹³⁴ "Pour l'ensemble des espèces, le principal moteur du développement est donc la température : face à une élévation des températures attendue par le changement climatique, on peut donc escompter une anticipation des stades phénologiques", avec "des conséquences importantes à la fois sur les choix techniques de l'agriculteur, y compris pour ses calendriers de travaux, et sur le comportement écophysologique des cultures qui vont connaître un décalage entre leurs phases de développement et les contraintes du milieu". "Anticipation des stades phénologiques et raccourcissement des phases", Philippe Gate et Nadine Brisson, Programme Climator.

¹³⁵ "Les températures élevées, si elles se situent pendant le remplissage des grains, ont des répercussions physiologiques (concurrence entre photosynthèse et photorespiration, accroissement de la respiration nocturne, fermeture stomatique) appelées "échaudage thermique", qui pénalisent le rendement. Ce phénomène existe, en particulier chez le blé et le tournesol. Chez les céréales à paille, on considère que ces mécanismes préjudiciables à la production se manifestent à partir de 25 °C". "Atouts et vulnérabilités des productions agricoles face au changement climatique", Frédéric Levrault, Programme Climator, volume 4 : "Les cultures".

2003 : DES RENDEMENTS FORTEMENT DIMINUES

En Bourgogne¹³⁶, les rendements des principales cultures ont été nettement inférieurs aux moyennes quinquennales. Cette diminution des rendements a particulièrement touché le blé, l'orge d'hiver et le maïs ; les oléagineux ont été moins touchés.

Rendements comparés à la moyenne des cinq années précédentes ^{14 - 15}

Rendement (q/ha)	part des surfaces cultivées	Côte d'Or	Nièvre	Saône et Loire	Yonne	Bourgogne	moyenne quinquennale	écart à la moyenne quinquennale
Maïs fourrage	5,34%	40	50	65	50	53	106	-50,00%
Maïs grain	5,64%	56	71	47	54	52	86	-39,53%
Blé tendre	36,71%	49	43	55	52	50	70	-28,57%
Triticale	2,40%	40	35	35	45	37	51	-27,45%
Avoine	2,06%	30	30	28	35	31	42	-26,19%
Orge d'hiver	12,29%	50	37	56	52	50	66	-24,24%
Colza	17,99%	28	29	30	28	28	31	-9,68%
Tournesol	4,75%	27	22	27	23	24	26	-7,69%
Orge de printemps	12,02%	54	46	37	48	50	52	-3,85%
Soja	0,80%	19	25	18	20	19		

Au-delà de ces conséquences quantitatives, la sécheresse et la canicule ont également eu un impact sur la qualité des productions.

► L'exemple de l'orge.

L'orge cultivée en Bourgogne est habituellement destinée à la brasserie. Le taux de protéines de l'orge doit pour cela être inférieur à 11.5 % ; outre la diminution des rendements, la sécheresse et la canicule ont provoqué des concentrations de protéines plus importantes, en raison d'une diminution des taux de glucides. Les taux de protéines, supérieurs à 12 ou 13 %, ont rendu l'orge inutilisable pour la brasserie ; 60 % des grains ont été déclassés en orge de mouture pour l'alimentation des animaux.

► L'exemple du maïs.

"Les variétés de maïs sont sélectionnées en fonction de leur utilisation : celle pour la production de fourrage sur la taille de la plante entière, celle pour la production de grain (pour la mouture ou l'amidonnerie) pour la grosseur de l'épi et des grains. Habituellement, le plant de maïs se développe avant la fécondation (ce qui demande beaucoup d'eau), entre le 14 et le 31 juillet, puis les sucres de la tige migrent vers les épis pour produire de l'amidon dans les grains. En année de sécheresse, la taille de la plante est affectée par le déficit hydrique, réduisant du même coup la réserve de sucre pour produire le grain. En période très chaude (canicule), la migration elle-même est anéantie, d'où la présence d'épis sans grains. Pour la récolte, deux stades sont favorables :

- pour un ensilage : la tige encore suffisamment humide (environ 30 % de matière sèche) est broyée avec les épis et grains "pâteux" (non sec), le tout étant tassé dans le silo où les fermentations anaérobies permettent la bonne conservation du fourrage ainsi récolté. En 2003, la chaleur a desséché les plants (plus de 40 % de matière sèche) et réduit la richesse en grain du mélange broyé : d'où sa moins bonne qualité intrinsèque et sa médiocre conservation en silo ;

- pour le grain : la récolte se fait en sec, quand la plante est desséchée. En 2003, l'absence de grains a conduit les producteurs de maïs céréales à proposer leurs tiges plus ou moins sèches aux éleveurs en recherche de fourrage. Il fallait que cette décision soit prise très tôt, car la canicule a bousculé tous les calendriers de récolte en accélérant la dessiccation sur pied."

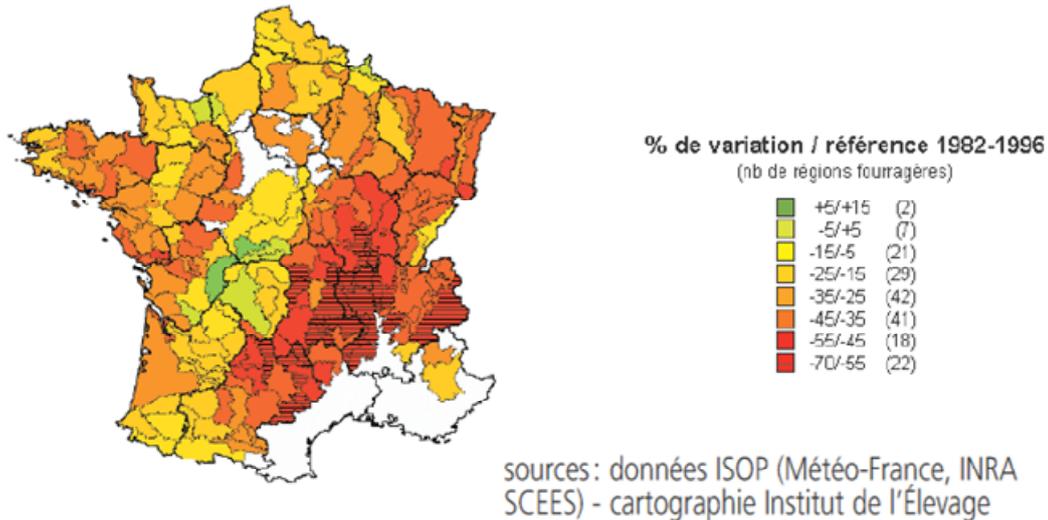
¹³⁶ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

4.6.2.1. Fourrages

L'impact du changement climatique sur la production de fourrages est sans doute l'un de ceux qui pose le plus rapidement les problèmes les plus importants¹³⁷.

2003 : UN DEFICIT FOURRAGER IMPORTANT

Indicateur du rendement des prairies permanentes (état au 20/08/03)



Au niveau national, le déficit fourrager a été de l'ordre de 20 %, avec des disparités très importantes d'une région à l'autre. "La situation est particulièrement critique pour la Bourgogne, le Centre, l'Auvergne et Rhône Alpes. Dans ces régions, le rendement de la première fauche d'herbe a été réduit d'environ 50 % (début de printemps particulièrement froid puis sec) alors que les secondes coupes ont été inexistantes (repousses très faibles et souvent utilisées pour accroître la surface des pâtures). La production de maïs ensilage a été également fortement atteinte (mauvaises levées, manque d'eau au moment de la fécondation...), excepté pour ceux qui ont pu être irrigués"¹³⁸.

En Bourgogne¹³⁶, la production de fourrage pour l'alimentation du bétail a été très inférieure aux moyennes quinquennales et surtout aux besoins. Le déficit a été de plus de 50 % sur une grande partie de la Bourgogne.

Cette situation a eu des conséquences d'une part sur la gestion du pâturage pendant la période estivale et d'autre part sur la constitution des stocks fourragers nécessaires à la période hivernale. Ceci a contraint les agriculteurs à s'adapter en limitant l'utilisation de la paille comme litière, en achetant des aliments, des fourrages et des litières à l'extérieur, mais aussi en prolongeant la saison des pâturages (le pâturage des terrains en jachère dans le cadre de la PAC a été autorisé).

Dans le même temps, sur certains secteurs, l'abreuvement des animaux en eau a posé des problèmes importants d'organisation et de main d'œuvre.

La Saône-et-Loire est le département le plus touché, les pertes de rendements atteignant, fin août, 60 % sur une grande part de la zone allaitante. A partir de la mi-juin, aucune pousse d'herbe n'a été observée en Bourgogne. Les prairies sont transformées en de véritables "paillassons". Le retour des fortes pluies d'octobre a amélioré les conditions de pâturage, mais l'achat de fourrage complémentaire s'est poursuivi pour reconstituer le stock hivernal.

¹³⁷ "L'élevage est plus sensible à la sécheresse que l'agriculture stricto sensu pour deux raisons :

- ▶ pour une même sécheresse, à une baisse de production du blé de 20% pourra correspondre une baisse de production fourragère de l'ordre de 50%,
- ▶ la consommation des animaux étant peu plastique sur une longue période, l'autoprotection est indispensable pour l'éleveur s'il ne veut pas "décapitaliser" en réduisant son cheptel".

("Sécheresse et agriculture - Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau", synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, octobre 2006).

¹³⁸ "Gérer l'après SÉCHERESSE 2003", Institut de l'Élevage.

" Le changement climatique devrait accentuer la production d'herbe au printemps et le manque de fourrages en été" ¹³⁹.

Il entraîne le creusement du déficit hydrique estival, mais également l'accroissement de la variabilité interannuelle de la production fourragère d'été (entre le 15 mai et le 15 septembre) : les variations d'une année sur l'autre sont du même ordre que le changement climatique moyen sur 30-40 ans ¹⁴⁰ – avec pour conséquence une grande difficulté pour les éleveurs à prendre les dispositions nécessaires pour assurer l'alimentation du bétail - ce que résumait bien un agriculteur que nous avons rencontré : "c'est tout l'un ou tout l'autre" d'une année à l'autre, entre pics de chaleur et épisodes de forte pluviométrie...

L'augmentation du taux de CO₂ dans l'air, qui favorise la photosynthèse et par conséquent la croissance de la végétation, peut-elle, en partie au moins, compenser les effets des sécheresses estivales ? Oui, mais jusqu'à un certain point seulement, et sous réserve par ailleurs que les plantes disposent de suffisamment d'eau : des travaux de l'INRA évaluent à 3% le gain de croissance d'une prairie à dominante de graminées pour une augmentation de 50 ppm de la concentration de CO₂ dans l'air, ce qui correspond à l'augmentation observée depuis environ 30 ans ¹⁴¹. Conjugée à l'augmentation des températures, qui améliore également la productivité en dehors de la période estivale, cela est susceptible de compenser pour moitié environ la réduction de la production estivale¹⁴².

Les pistes d'action envisageables consistent principalement à **s'adapter aux nouvelles contraintes (en anticipant les crises d'été) et à renforcer les productions de fourrage au printemps** - et à l'automne, quand cela est possible, ce qui n'est pas toujours le cas sur le territoire de la CUCM. Un agriculteur que nous avons rencontré nous a expliqué qu'il ne fauchait qu'une seule fois dans l'année, au mois de juin, et que c'est le cas assez général pour ses voisins ; en tout état de cause, une seconde fauche, quand elle est possible, c'est-à-dire lorsqu'il y a une repousse, reste toujours moins importante que celle du printemps. Le fait d'avoir des stocks de fourrage suffisants apparaît comme le meilleur moyen de faire face aux aléas climatiques : "c'est la seule sécurité", nous a expliqué cet éleveur qui dispose de 6 mois de stock. Cela nécessite évidemment d'avoir des bâtiments adaptés : "l'idéal serait d'avoir un an de stock, si je le pouvais".

Ces stratégies d'adaptation amènent parallèlement à définir des niveaux de charge, c'est-à-dire le nombre de têtes de bétail, optimal. D'un point de vue économique, les systèmes d'élevage les plus sensibles aux aléas climatiques sont ceux qui ont les niveaux de charge les plus élevés ¹⁴³ :

¹³⁹ http://www.avignon.inra.fr/cours_en_ligne_climator/cultures/prairie

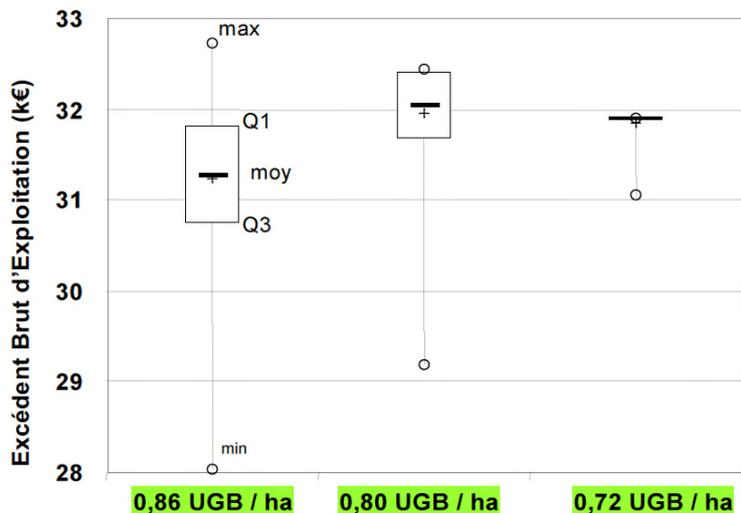
¹⁴⁰ "Changement du climat récent et proche futur dans l'arc péri-méditerranéen", F. Lelièvre, J.B. Finot, S. Satger, INRA, UMR SYSTEM (Agronomie méditerranéenne et tropicale), Montpellier, présentation faite lors de la rencontre CLIMFOUREL Ardèche-Drôme à Vernoux le 25 février 2009.

¹⁴¹ "Impacts du changement climatique 1950-2009 sur la production fourragère dans le Sud de la France", François Lelièvre, Stephan Sala et Florence Volaire, INRA, UMR CEFV, Montpellier.

¹⁴² Les ordres de grandeur sont les suivants (sur la période des 30 dernières années) : pertes estivales liées à la sécheresse : - 21%, compensation liée à l'augmentation des températures : +7%, et à celle de la teneur en CO₂ de l'atmosphère : + 3%. La perte moyenne de rendement serait ainsi d'environ 11% en 30 ans ¹⁴¹, avec une variabilité interannuelle accrue.

¹⁴³ Source : "Sensibilité des systèmes d'élevage aux aléas climatiques et adaptations mises en œuvre par les éleveurs", Claire Aubron, Magali Jouven (Montpellier SupAgro), Amandine Lurette (INRA), UMR SELMET (Systèmes d'Élevage Méditerranéens et Tropicaux).

Face à une même exposition, des systèmes différents n'ont pas la même sensibilité.



⇒ Dans le contexte d'un changement climatique dont l'une des principales manifestations est la variabilité accrue des conditions rencontrées d'une année sur l'autre, la recherche d'un optimum de gestion, fondé sur un nombre d'animaux pas trop élevé par rapport aux surfaces disponibles¹⁴⁴, constitue par conséquent un facteur essentiel de résilience et donc d'adaptation¹⁴⁵.

4.6.2.2. Maïs

"La maïsiculture, dans sa répartition géographique actuelle, devrait être fortement impactée par le changement climatique"¹⁴⁶.

"La monoculture de maïs-grain irriguée sera très défavorisée par le changement climatique, en particulier dans les zones actuelles de production. La première raison est le positionnement estival de son cycle de culture qui, sans changement variétal, engendre des raccourcissements de la période de remplissage des grains, provoquant des baisses de rendement de l'ordre de 1 à 1.5 t par hectare pour respectivement le futur proche et le futur lointain. La seconde raison est l'augmentation du déficit hydrique climatique qui se traduit par un supplément d'irrigation de l'ordre de 40 mm en moyenne dans le futur proche" ¹⁴⁷.

L'INRA, dans le cadre du projet CLIMATOR, met en particulier en avant les avantages du sorgho :

"Face à ce géant des cultures de printemps (le maïs), le sorgho grain fait figure de culture modeste (...). Si actuellement l'alimentation animale en grains constitue son principal débouché, il possède potentiellement des atouts comparables à ceux du maïs pour l'ensilage (sa valeur énergétique étant celle d'un maïs de qualité moyenne et sa valeur azotée légèrement supérieure à celle du maïs), la production de bioéthanol et de biomasse.

Mais le sorgho souffre aujourd'hui de la primauté donnée au maïs : "les efforts d'amélioration génétique du sorgho sont beaucoup moins importants que ceux du maïs. (...). Il est cultivé dans le cadre de rotations céréalières et souvent sur des sols à moindre réserve hydrique que le maïs. Les conditions de culture du sorgho, plus rustiques que celles du maïs, expliquent en grande partie la moindre productivité de la culture : 60 q/ha contre 90 q/ha (exprimée à la teneur en eau de référence) pour le maïs en moyenne nationale".

¹⁴⁴ L'INRA recommande de diminuer le chargement animal global de l'exploitation afin de faire des stocks en quantité suffisante en effectuant des reports de stocks d'une année sur l'autre, correspondant à environ 6 mois.

¹⁴⁵ Soulignons à ce propos qu'un niveau de charge pas trop élevé permet par ailleurs de se rapprocher d'un équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre dues aux animaux et les capacités de séquestration de carbone par les prairies.

¹⁴⁶ "Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces", INRA, Livre Vert du projet CLIMATOR, 2007-2010 (p. 248).

¹⁴⁷ http://www.avignon.inra.fr/cours_en_ligne_climator/cultures/maïs_sorgho

Pourtant, "le sorgho présente d'indéniables atouts d'adaptation à la sécheresse, tant au niveau de son système racinaire, plus profond que celui du maïs, que de son feuillage moins exubérant. (...) . Sa rusticité (lui) donne un certain nombre d'atouts qui le favorisent face au changement climatique par rapport au maïs".

4.6.3. Adapter les cultures au manque d'eau

Les stratégies de réduction de la vulnérabilité au manque d'eau visent à la fois les systèmes non irrigués et les systèmes irrigués, dont on cherche à réduire la consommation :

Stratégie	Objectif	Déclinaison
Esquive	Modifier le positionnement ou la durée du cycle cultural pour l'ajuster à la ressource en eau (achever le cycle cultural avant une sécheresse, éviter la coïncidence entre périodes clés du cycle avec des périodes à faible pluviométrie et forte évaporation)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Privilégier des cultures semées à l'automne ou en fin d'hiver (colza, luzerne, blé, orge, pois d'hiver), ▶ Avancer la date de semis, ▶ Choisir des variétés plus précoces
Tolérance	Choisir des espèces ou des variétés tolérantes à la contrainte hydrique ou peu consommatrices d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Choisir des cultures adaptées : sorgho, tournesol, ▶ Choisir des variétés tolérantes (pour l'instant, les catalogues ne mentionnent pas cette tolérance).
Evitement	Diminuer la demande en eau par rationnement en période végétative afin de conserver une partie de la ressource pour les phases ultérieures de forts besoins (floraison, remplissage du grain)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Optimiser la densité de peuplement et la fertilisation azotée pour limiter le développement de la surface foliaire et donc la transpiration pour rechercher une fermeture rapide du couvert pour réduire l'évaporation du sol

L'INRA recommande¹⁴⁸, dans les zones où le rendement est régulièrement limité par l'eau, l'application d'une combinaison de ces stratégies pour réduire les impacts du stress hydrique et éviter de trop pénaliser le rendement des années les plus favorables et classe les stratégies par ordre d'intérêt décroissant :

1. Esquive avec des cultures d'hiver,
2. Tolérance avec des cultures d'été,
3. Esquive avec des variétés de culture d'été précoces,
4. Evitement avec un rationnement de la culture.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES A L'ORIGINE D'UN RECOURS ACCRU AUX PESTICIDES

"Depuis 2009, la tendance de ces ventes [de pesticides] est globalement à la hausse, alors que la surface agricole utilisée (SAU) a diminué de 0,9 %. **Les variations climatiques (températures et hygrométrie) qui conditionnent le développement des ravageurs, maladies et adventices expliquent très largement les variations annuelles constatées.** Les ventes de l'année 2015 sont supérieures à la moyenne des ventes des 7 dernières années qui s'élève à 65,7 milliers de tonnes. Cette augmentation des quantités vendues touche l'ensemble des grandes catégories de pesticides : fongicides et bactéricides, herbicides, insecticides et acaricides"¹⁴⁹.

¹⁴⁸ Sécheresse et agriculture, réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau, INRA, octobre 2006.

¹⁴⁹ "Pesticides : évolution des ventes, des usages et de la présence dans les cours d'eau depuis 2009", Commissariat général au développement durable, mars 2017.

4.6.4. Performance agronomique ou résilience économique ?

Le changement climatique se manifeste tendanciellement par une évolution des températures et du régime des précipitations. Mais il tend en même temps à accentuer la variabilité interannuelle des conditions météorologiques.

Cette plus grande variabilité, au sein d'une évolution plus globale, rend difficile la gestion des exploitations. *"Ce qui est compliqué, ce n'est pas que ça change, c'est que ça change tout le temps"* : cette formule d'un agriculteur résume bien la problématique. Face à ces évolutions et au caractère de plus en plus imprévisible des conditions climatiques, la recherche de la performance, mesurée en rendements à l'hectare, ne paraît plus la stratégie la plus efficace. Réduire l'exposition aux aléas devient un facteur essentiel de viabilité économique de long terme des exploitations. Cela représente un changement de paradigme : ne pas nécessairement chercher à produire plus, ni même peut-être autant, mais augmenter la "robustesse" du système de production, quitte à peut-être moins gagner les bonnes années, pour moins perdre les mauvaises. Ce nouveau type de stratégie peut être illustré par le mélange testé dans le cadre du programme Climfourrel de variétés prairiales "traditionnelles" et plus méridionales : les résultats d'un tel mélange, moins élevés lorsque températures et précipitations sont favorables, sont plus élevés en cas de sécheresse et/ou de fortes chaleurs. Dans la même optique, conserver ou restaurer la capacité des sols à retenir une réserve utile d'eau pour les plantes représente un atout essentiel¹⁵⁰. Cette capacité est liée au taux de matière organique des sols. Conserver et augmenter ce taux de matière organique doit devenir un objectif majeur en matière d'adaptation aux changements climatiques. Cela passe par le maintien d'une activité biologique importante, nécessaire à l'entretien des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et à la santé des plantes. Stimuler cette activité et la biodiversité qui la soutient repose sur quatre piliers :

- limiter au maximum le labour qui détruit l'habitat de la faune,
- apporter des engrais organiques qui fournissent l'énergie et des nutriments aux organismes du sol,
- entretenir une couverture permanente sols afin qu'elle limite le stress thermique et hydrique direct et fournisse une ressource énergétique complémentaire aux organismes du sol,
- contrôler les bioagresseurs par des organismes naturels pour éviter l'impact des produits phytosanitaires sur les organismes du sol¹⁵¹.

¹⁵⁰ Il ne faut par ailleurs pas négliger l'effet du vent, qui assèche les cultures. Les haies constituent une protection efficace en même temps qu'elles contribuent à entretenir une humidité favorable aux cultures.

¹⁵¹ *"Gérer la biodiversité des sols pour améliorer la résilience des agrosystèmes et leur adaptation au changement climatique"*, Patrick Lavelle.

LE ROLE PRIMORDIAL DU BOCAGE

Le bocage constitue une caractéristique forte du territoire : le bocage y est dense (densité moyenne d'environ 90 à 120 m à l'hectare) et relativement homogène. Il encadre des prairies permanentes et quelquefois les cultures. Le maillage des haies reste relativement bien conservé sur les communes rurales. Il est toutefois plus présent et plus dense sur les communes de Saint-Bérain-sous-Sanvignes, Les Bizots, Blanzay, Montceau-les-Mines, Perrecy-les-Forges, Gévelard, Pouilloux, Montcenis, Ecuisses et de Sanvignes-les-Mines, dans les vallons en particulier. Les arbres de ces haies sont majoritairement des chênes pédonculés.

Le bocage contribue à la diversité biologique du territoire de la CUCM et par conséquent à ses capacités d'adaptation aux évolutions climatiques. Il contribue à une meilleure rétention, régulation et épuration de l'eau, à la protection des sols (limitation de l'érosion) et à l'atténuation des contraintes climatiques (abri du bétail de la chaleur et du soleil, maintien de l'humidité de l'air, protection des vents forts...).

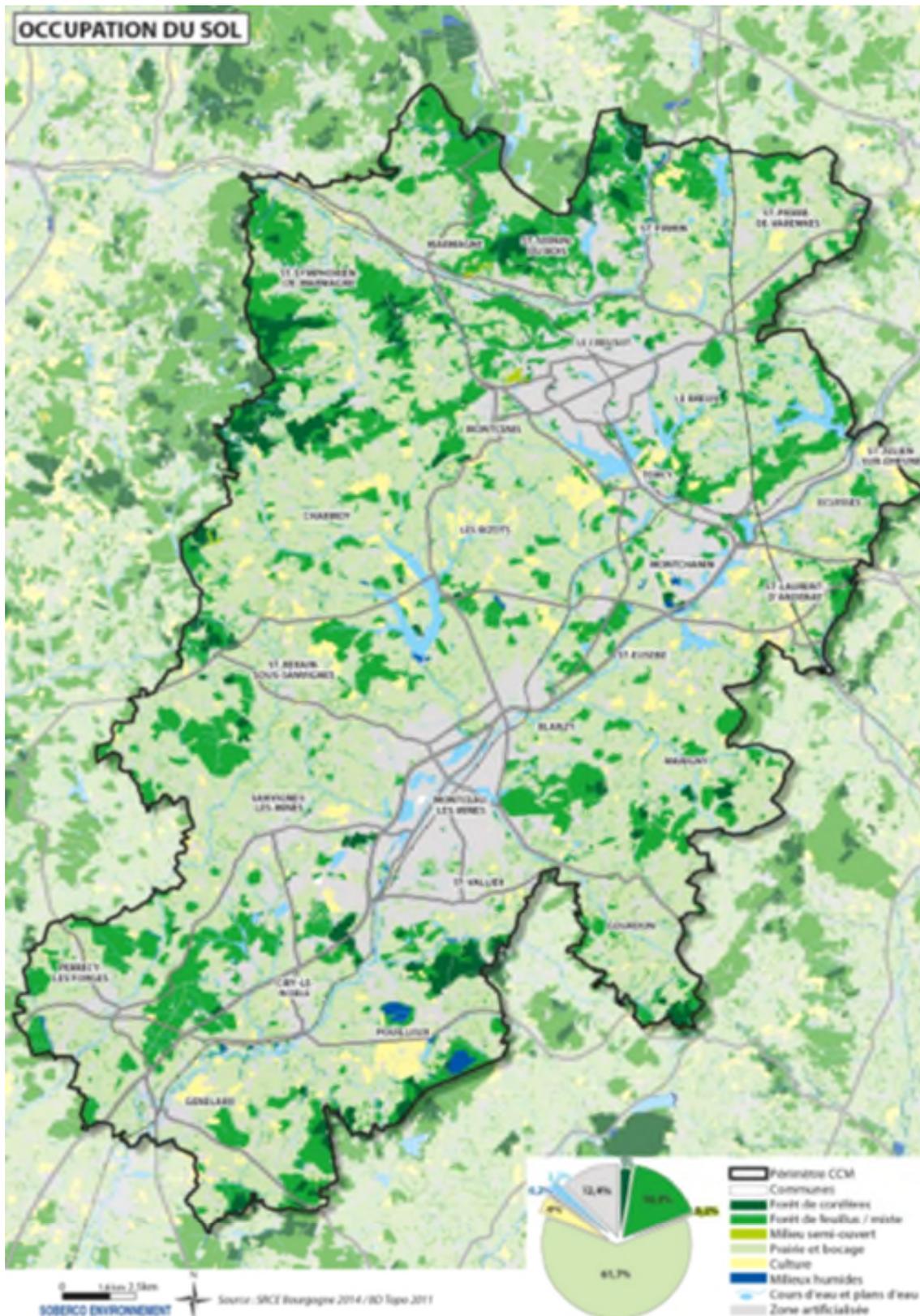
Les haies hautes et les arbres qui les constituent tendent à disparaître progressivement par non renouvellement lié à la taille basse. Le nombre actuel des arbres est très réduit par rapport à ce qu'il était dans le bocage des années 60. Depuis la fin des années 70, la majorité des haies sont maintenues basses, ce qui réduit le rôle de protection qu'elles peuvent jouer.

La pérennité d'un bocage haut est menacée par la mécanisation de l'entretien des haies et la déconnection des haies lors des arrachages (absence de continuités biologiques entre les haies). La modification des pratiques de gestion et un retour aux bouchures hautes sont à encourager pour le maintenir.

4.7. Forêt

Les **milieux boisés couvrent près de 20% du territoire**, principalement sur les lignes de crête et les vallons. Ils sont plus importants au nord-ouest du territoire, aux abords du massif d'Uchon et du plateau d'Antully.

Les peuplements prédominants sont dits "acidophiles" : chênaie-charmaie et essences associées : hêtre (sur le plateau d'Antilly principalement), châtaignier, merisier, bouleau... mais aussi résineux, sur les sols plus drainant : sapin pectiné ("sapin des Vosges") et surtout Douglas.



Sur les 14 850 ha de surfaces boisées, environ 90% sont des propriétés privées, 5,5% sont des forêts domaniales (forêt de Saint Sernin et une partie de la forêt de Planoise) et 4,5% communales. Une forêt communautaire de 34 ha est également présente sur la commune de Blanzly.

Forêts publiques	Surface (en hectares)
Forêt communale de Pouilloux	129,6
Forêt du CHU Dijon-Perrecy	245,3
Forêt communale du Breuil	81,9
Forêt de la communauté urbaine Creusot Montceau	34,2
Forêt communale de mont Saint-Vincent	3,6
Forêt communale de Saint-Pierre de Varennes	1,6
Forêt communale d'Ecuisses	58,8
Forêt communale de Saint-Sernin Du Bois	38,2
Forêt communale de Planoise	338,5
Forêt domaniale de Saint-Sernin Du Bois	464,7

Les peuplements sont principalement menés en futaie régulière lorsqu'ils sont gérés par l'ONF (forêts publiques), ou sinon en futaie irrégulière.

Dans les forêts privées, on trouve principalement du taillis sous futaie, mais également parfois aussi de la futaie, régulière ou irrégulière.

D'une façon générale, les principales conséquences sur les arbres des changements climatiques peuvent être résumées de la façon suivante¹⁵² :

Causes	Effets	Conséquences				
		Gain de productivité	Stress	Sensibilité aux ravageurs	Difficultés de régénération	Mortalité
↗ Taux de CO ₂	↗ Photosynthèse	X				
↗ Températures d'automne, d'hiver et de printemps	↗ Photosynthèse hivernale (résineux)	X				
	↗ Saison de végétation	X				
	↗ Activité des mycorhises	X				
	↗ Gelées (automne et printemps) ?		X		X	
	↗ Gel hivernal ?		X	X	X	X
	↗ Dessiccation hivernale (résineux)		X	X	X	X
↗ Températures estivales et sécheresses	↗ Progression de certains ravageurs		X	X		X
	↗ Respiration		X			
	↗ Transpiration et stress hydrique		X	X	X	X
	↗ Dégâts dus à la chaleur		X	X	X	X
↗ Tempêtes	↗ Incendies		X	X		X
	↗ Chablis		X	X		X

¹⁵² "Quelles mesures d'adaptation pour la forêt ?" Centre régional de la propriété forestière - Marie-Cécile DECONNINCK – mai 2010.

Les essences que l'on trouve sur le territoire de la CUCM n'ont pas toutes la même adaptabilité climatique.

Le hêtre est une essence d'ombre adaptée au climat tempéré humide. Il est sensible à la fois aux très grands froids et aux fortes chaleurs. De ce fait, il "monte" en altitude lorsque le climat se réchauffe.

Le chêne sessile est plus adaptable que le chêne pédonculé. C'est la raison pour lesquels les forestiers cherchent actuellement à le favoriser. Cela les conduit à semer des chênes sessiles sous des chênes pédonculés, pour éviter que ce dernier se régénère, afin de favoriser la transition vers des chênaies sessiles. Le Douglas est un résineux originaire de la côte ouest des États-Unis, où il va de l'Alaska jusqu'à la Californie ; il présente par conséquent une grande diversité de phénotypes, qui peuvent être plus ou moins adaptés selon les cas¹⁵³. Il trouve ici son optimum entre 400 et 900 mètres d'altitude, selon les lieux. Il a beaucoup souffert en 2003 lorsqu'il avait été planté trop bas, c'est-à-dire en limite de son aire possible de répartition. "C'est la poule aux œufs d'or lorsqu'il pleut régulièrement"¹⁵⁴, ... ce qui est de moins en moins le cas.

■ Les constats du Centre régional de la propriété forestière sur les conséquences de la sécheresse et de la canicule de l'année 2003

"Symptômes : feuillage desséché, grillé, parfois déjà tombé sur un grand nombre d'arbres feuillus ou résineux, soit à 100 % sur tout l'arbre, soit partiellement, sur des arbres ou groupes d'arbres isolés, en lisière ou au sein du massif, diffus ou par taches. Les surfaces grillées à 100 % (feuillues ou résineuses) vont de quelques ares à plusieurs dizaines d'hectares. Les symptômes sont très hétérogènes d'une région à l'autre mais aussi au sein d'un massif, sans toujours de cause apparente évidente. Beaucoup de feuillus adultes plus que centaines sont touchés, comme des résineux adultes de plus de 40 ans.

Facteurs aggravants : lisières sud et sud-est ; sols à faible réserve utile en eau ou à hydromorphie temporaire ; rebords de plateau ; versants drainants ; jeunes plantations ; essences sensibles : bouleaux, robinier, merisier, frêne, charme, hêtre, chêne, châtaignier, grandis, épicéa, mélèze, douglas, pin sylvestre. Le douglas est très touché (brûlures et rougissements), tant en lisière, bosquets, arbres isolés, qu'au sein de peuplements de tous âges.

Diagnostic : la conjonction inédite du déficit hydrique prolongé depuis le début de l'année, de la durée de la période caniculaire et des pointes de température record est la cause d'un stress physiologique considérable sur une partie des forêts de Bourgogne. Notre région n'a jamais connu de phénomène comparable, de mémoire d'homme, ni en 1976, ni en 1947.

Le stress physiologique a pour conséquence, outre la mortalité immédiate ou différée des arbres les plus atteints, de fragiliser beaucoup d'individus du fait de l'impossibilité de constituer un stock de réserves avant l'hiver, stock indispensable à la constitution des barrières naturelles de défense phytosanitaire et à la constitution des bourgeons et des réserves nécessaires au démarrage satisfaisant de printemps, notamment pour la croissance apicale. Tous les individus fragiles sont susceptibles d'être des hôtes privilégiés pour les pontes d'insectes et de champignons lignivores entraînant dépérissements et mortalités secondaires sur plusieurs années, notamment pour les résineux mais aussi pour les feuillus, y compris les chênes et hêtre. (...)

Les feuillus adultes, notamment chênes et hêtres : les plus atteints, probablement en faible proportion, ne démarreront pas au printemps. Mais les conséquences économiques de l'affaiblissement se feront en réalité sentir longtemps et fortement :

- *dépérissements diffus ou localisés par taches pendant 10 ans avec relais d'attaques parasitaires sur organismes affaiblis (au niveau du cambium ou du système racinaire), comme sur le chêne en Nièvre et Saône-et-Loire après 1976 (tordeuse verte, agrile, cheimatobies...) et sur le hêtre, dont la résistance au stress hydrique est relativement faible (pouvant avoir pour conséquence un dépérissement généralisé du hêtre avec des parasites secondaires sur les secteurs touchés)*

¹⁵³ Il y a actuellement des essais de plantation de Douglas de Californie, qui débourre plus précocement au printemps, mais qui se trouve de ce fait plus vulnérable aux gels tardifs.

¹⁵⁴ Selon l'expression même d'un forestier local de l'ONF.

- descentes de cimes, gourmands, roulures, gerces, fentes cambiales, ... conséquences directes du stress extrême subi cette saison avec pour résultat une dégradation de la qualité des grumes pour les décennies à venir sur toutes les régions touchées.

Les résineux : les pertes d'aiguilles sont quasi fatales si elles ne laissent qu'une trop faible proportion d'aiguilles vivantes et actives (l'équivalent d'au moins une année d'aiguille), ou si les arbres sont secs en cime (cas général des douglas et mélèzes atteints). La pullulation des insectes ravageurs, déjà bien présente du fait de la tempête de 1999, a recommencé (2ème vol d'été des scolytes) et ne peut que s'accroître au printemps 2004 et durant les cycles suivants, en prenant pour hôtes les très nombreux arbres vivants affaiblis par la sécheresse, extrêmement propices aux pontes.

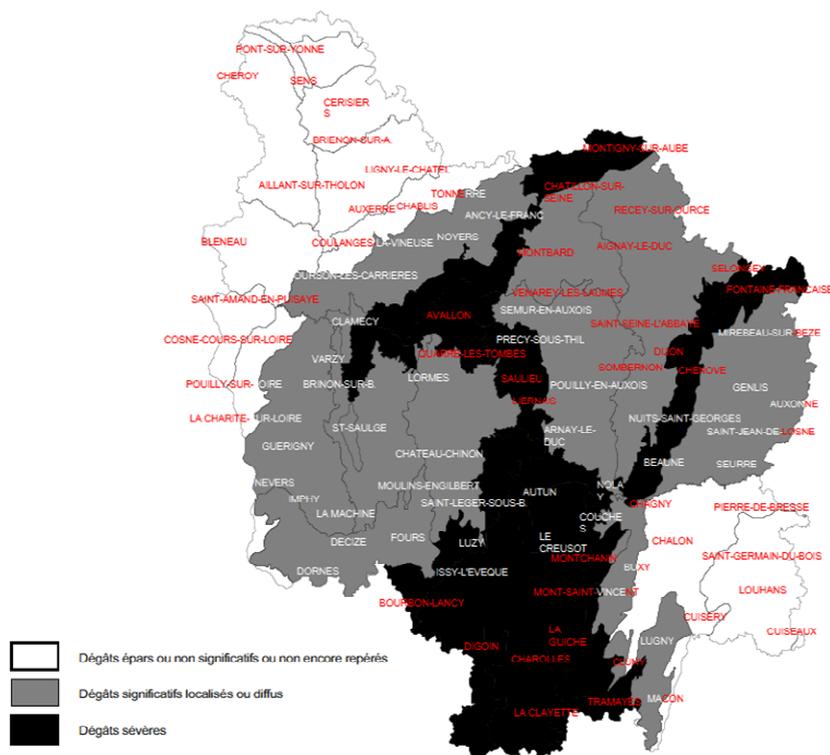
Plus que les arbres morts, c'est le ralentissement de la croissance des arbres qui porte préjudice à la production de bois, et donc à l'économie forestière. L'accroissement des cernes sur l'année 2003 représente un tiers de leur accroissement moyen annuel.

Les résineux atteints sont morts immédiatement. En revanche, les conséquences sur les feuillus pourront se manifester à plus ou moins long terme. Des essences comme le chêne ou le hêtre connaissent des phénomènes de "descente de cime" qui peuvent conduire à un dépérissement des sujets concernés.

La périphérie du Morvan notamment les versants orientés sud-ouest, sud-est et midi ont été particulièrement touchés. Par contre, le "cœur" du Morvan a été "épargné" sauf pour les jeunes plants. L'effet d'altitude et de fraîcheur ont permis aux arbres de ne pas être affectés".

Le territoire de la CUCM fait partie des secteurs qui ont été les plus touchés :

L'impact des conditions climatiques de l'année 2003 sur les peuplements forestiers :
synthèse établie par le CRPF à partir des images SPOT



Des essences comme l'épicéa, en plaine, et le sapin grandis ("sapin de Vancouver"), ont connu une mortalité particulièrement élevée. Ces deux essences ont été implantées en raison de la rapidité de leur croissance à des endroits qui n'offraient pas nécessairement des conditions écologiques propices à leur développement. Le grandis, par exemple, se développe bien sur les franges littorales du Canada (1600 mm de pluies annuelles) ; il n'est pas adapté à des conditions plus continentales et il a particulièrement souffert de la sécheresse. Les conditions climatiques ont ainsi posé la question de l'adéquation de certaines essences aux conditions régionales. La même question peut être posée pour le douglas, lui aussi originaire de la côte Pacifique nord-américaine et qui a aussi souvent été introduit en dehors de son optimum écologique, notamment dans des secteurs où la pluviométrie est déjà limite

en année normale ; dans ces secteurs, des accidents climatiques ne peuvent que fragiliser les peuplements ; la différence qui subsiste avec le grandis est pour le moment une absence de pathogènes et ravageurs virulents sur douglas (le grandis étant lui très sensible aux scolytes, pissode, armillaire et fomes qui ont entraîné des dépérissements massifs suite aux sécheresses). Même chose pour l'épicéa introduit en plaine et qui n'est pas à sa place : ce sont les peuplements les plus atteints par les scolytes¹⁵⁵.

Les aléas climatiques incitent à une réflexion sur les pratiques forestières : "40 % des plantations ont enregistré des dégâts contre 15 % des massifs à régénération naturelle"¹⁵⁶.

Les arbres isolés et les haies ont également souffert de la sécheresse et de la canicule, parfois même davantage que les milieux forestiers qui, par effet de masse, ont pu davantage se protéger des excès climatiques¹⁵⁷.

■ **Localement, les forestiers observent un certain nombre d'évolutions**¹⁵⁸.

"Il y a de moins en moins de gel, de moins en moins de neige. On observe par compte beaucoup plus souvent des phénomènes extrêmes".

Les coups de vent sont de plus en plus fréquents ("C'est le plus traumatisant pour le forestier"). Il y en a eu 2 ou 3 durant l'hiver 2017 – 2018, qui ont provoqué des dégâts importants sur les arbres, jusqu'à l'arrachage (notamment lorsque les sols sont détrempés : les effets des fortes pluies et du vent se conjuguent alors). Les arbres les plus touchés sont bien sûr des arbres déjà fragilisés, c'est-à-dire des vieux arbres, des arbres sur sols détrempés, des arbres en lisière de coupe, et des résineux plus souvent que des feuillus – en raison des modes de gestion (coupes rases notamment) davantage qu'en fonction de la résistance propre des arbres.

Les périodes de sécheresse affectent notamment les plantations, qui deviennent aléatoires : il y a des pertes importantes sur les plantations lorsque l'on tombe sur des années sèches - ces pertes peuvent aller jusqu'à 80 %. Il faut par conséquent favoriser la régénération naturelle (qui favorise un meilleur enracinement des plans, qui profite en outre de la protection des adultes). Il faut bien sûr éviter également de planter des essences en limite de leur aire de répartition. En 2003, hêtres et chênes pédonculés ont beaucoup dépéri. Les Douglas ont également beaucoup souffert, et les effets de la sécheresse de 2003 se manifestent encore maintenant par des nécroses, des dépérissements : c'est l'effet retard du stress subi à un moment donné, mais aussi l'effet cumulé d'épisodes successifs de sécheresse (2003, 2005...) ; on observe des phénomènes analogues sur le sapin pectiné et l'épicéa.

Les épisodes de pluies prolongées ne posent pas de problème par eux-mêmes, mais posent en revanche la question de la répartition de la pluviométrie sur l'ensemble de l'année. Sur les sols argileux, ces phénomènes sont d'autant plus marquants : lorsque ces sols se rétractent, les racines n'ont plus d'échanges, elles n'alimentent plus l'arbre en eau ni en éléments minéraux.

Par ailleurs, les hivers doux favorisent les insectes ravageurs, comme par exemple :

- la processionnaire du pin, qui arrive désormais jusqu'ici (même si elle n'atteint pas encore le plateau d'Antilly),
- la tordeuse du chêne et les scolytes (épicéa).

Les arbres sont en outre plus sensibles aux maladies lorsqu'ils sont fragilisés par des facteurs climatiques. C'est ainsi par exemple qu'un champignon originaire de Chine, *Chalara fraxinea*, provoque une maladie des frênes (la chalarose), qui aboutit à la mort de l'arbre. Ce champignon est arrivé depuis moins de 10 ans en France, il progresse vers l'ouest et il est maintenant observé ici ; on ne sait pas dans quelle mesure sa progression est favorisée par les changements climatiques mais ce qui est en revanche certain, c'est que sa pénétration et ses effets sont favorisés par la fragilité accrue des arbres en raison des changements climatiques.

¹⁵⁵ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

¹⁵⁶ Pierre-Olivier DREGE, directeur général de l'Office national des forêts.

¹⁵⁷ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

¹⁵⁸ Les informations qui suivent sont issues d'un entretien avec Monsieur Martinez, technicien ONF de secteur.

La gestion forestière doit par conséquent s'adapter. Il faut :

- ▶ privilégier la régénération, même si elle est plus coûteuse que la plantation¹⁵⁹ (elle demande davantage d'intervention, de technicité et de main-d'œuvre) ;
- ▶ privilégier les peuplements mélangés et irréguliers (c'est-à-dire étagés en âge) ;
- ▶ promouvoir une sylviculture dynamique, pour obtenir un nombre d'arbres optimum, rapporté à la surface : les arbres doivent être suffisamment peu nombreux pour éviter qu'ils se fassent concurrence par rapport à l'eau, tout en assurant une bonne couverture pour éviter la pénétration du vent mais également l'évaporation de l'eau du sol ;
- ▶ mélanger les peuplements, pour limiter les maladies, auxquelles les arbres sont plus sensibles lorsqu'ils sont fragilisés par des épisodes de sécheresse.

Prendre en compte à la fois les évolutions mais aussi la variabilité du climat

Le choix des essences est une décision qui engage le long terme.

Un arbre est capable, dans certaines limites bien sûr, de surmonter les conditions de stress hydrique ou thermique auxquelles il peut être soumis à un moment donné. Ce qui le menace surtout, c'est moins la vigueur d'un épisode de canicule, de grand froid ou de sécheresse que la répétition d'épisodes plus ou moins rapprochés de canicule, de grand froid ou de sécheresse.

Moins qu'à l'évolution des moyennes (de pluviométrie ou de températures), le forestier sera par conséquent amené à considérer la fréquence des épisodes de gel, de canicule ou de sécheresse auxquels ses arbres sont et seront confrontés. Et leur capacité à traverser sans dommage ces épisodes sera en grande partie liée à son environnement : type de peuplement, caractéristiques du sol, exposition, etc.

La gestion forestière doit par conséquent intégrer quatre grands principes :

- ▶ Adaptation stricte et raisonnée des essences au milieu,
- ▶ Mélanger les essences,
- ▶ Diversifier les gestions,
- ▶ Favoriser et augmenter la variabilité génétique.

FEUX DE FORET

La recrudescence d'épisodes de sécheresse et de fortes chaleurs favorise les feux de forêt, et le vent peut en aggraver les effets : les changements climatiques entraînent une augmentation du danger météorologique de feux de forêts. Des températures plus élevées favorisent la transpiration des plantes et la diminution de l'eau contenue dans les sols. La végétation s'asséchant, le risque de départ de feu est plus fort, d'autant que la baisse de la pluviométrie durant les saisons propices aux incendies aggrave le phénomène.

Les chercheurs de Météo-France ont étudié l'évolution de cet aléa au cours du siècle passé et pour les prochaines décennies : il augmente depuis les années 1960 et devrait encore augmenter au cours du XXI^e siècle¹⁶⁰.

"Météo France a été chargée par la mission sur l'extension éventuelle des zones à risque élevé d'incendie de forêt de caractériser l'évolution passée et future du risque de feux de forêt sur la France. Ces travaux s'appuient sur le calcul de l'indice feu météo (IFM). Cet indice caractérise (...) le danger météorologique d'incendie au pas de temps quotidien en synthétisant le danger d'éclosion et le danger de propagation. Plus la valeur de l'ISM est élevée, plus les conditions météorologiques sont propices aux incendies".

¹⁵⁹ L'ONF tend désormais à privilégier la régénération ; c'est moins souvent le cas en forêt privée.

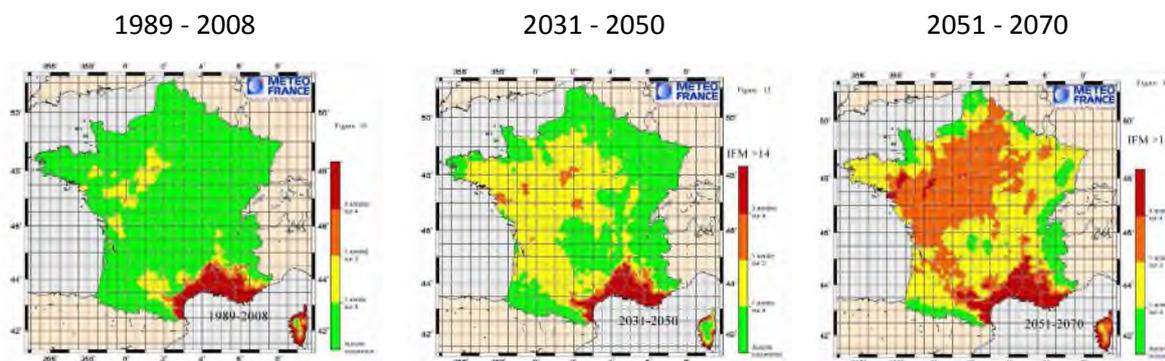
¹⁶⁰ <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-feux-de-forets>

"Après plusieurs approches et des discussions entre les experts de l'ONF et de Météo-France, il a été retenu comme paramètre représentatif du niveau de risque climatique d'incendie de forêt la proportion de jours entre le 15 mai et le 15 octobre avec un IFM égal ou supérieur à 14.

L'IFM est supérieur à 14 est de moins d'un jour sur 4 (vert), compris entre 1 et 2 sur 4 (jaune), compris entre 2 et 3 sur 4 (orange) ou supérieur à 3 sur 4 (rouge)¹⁶¹.

Si l'on se fie aux cartes établies par météo France¹⁶², on peut considérer que les risques d'incendie sur le territoire de la CUCM n'évolueront guère à court terme (horizon 2040). Cela ne signifie pas qu'ils n'existent pas : ils **sont d'ores et déjà bien réels**. On peut avoir tendance à considérer que les risques d'incendie ne concernent aujourd'hui réellement que les forêts méditerranéennes. S'ils y sont bien sûr plus importants, il ne faut pas perdre de vue que dans des peuplements comme ceux que l'on trouve ici¹⁶³, les années sèches peuvent être propices à des départs très rapides d'incendies¹⁶⁴. Les pompiers ont d'ailleurs fait pour la première fois en 2017 des exercices de défense de la forêt contre les incendies sur la forêt de Planoise.

En revanche, les risques d'incendie augmenteront au cours de la seconde moitié du siècle, avec un IFM qui sera alors supérieur à 14 entre une année sur deux et une année sur quatre. On peut dire, pour en donner une idée, qu'il sera alors comparable à ce qu'il est aujourd'hui dans les départements de l'Ardèche ou de la Drôme. Si cette augmentation du risque peut paraître encore éloignée, elle doit cependant être prise en compte dès à présent dans la gestion des massifs forestiers, qui s'inscrit nécessairement dans la longue durée.



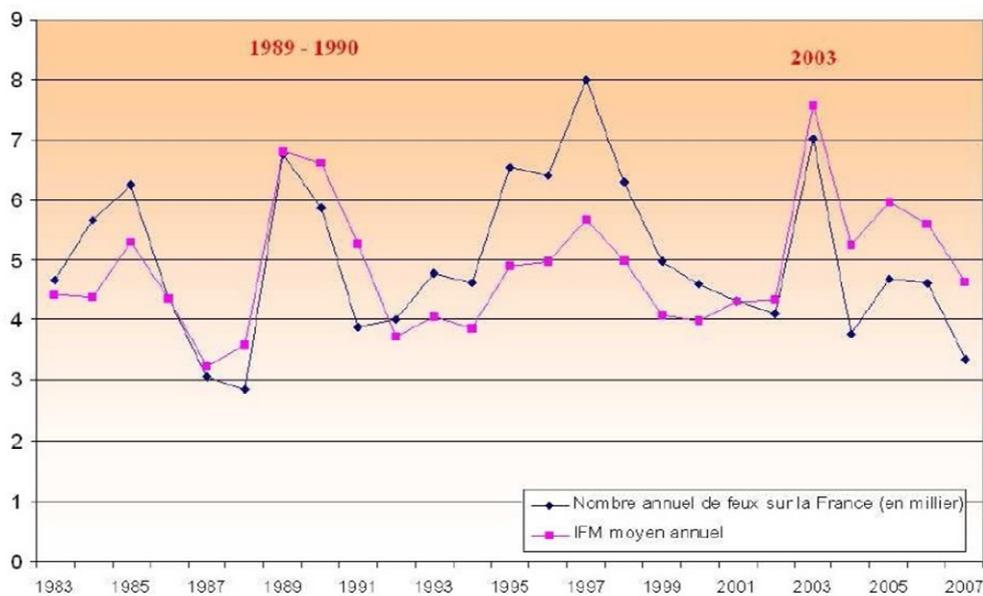
¹⁶¹ Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts, Rapport de la mission interministérielle, juillet 2010, p. 48.

¹⁶² Pour des raisons pratiques, ces cartes figurent ici en petit format. On les trouvera dans un format plus lisible en annexe, page 112.

¹⁶³ Il y a eu ces dernières années des feux de forêt sur l'Autunois (Épinac, la grande verrière...). Des bandes anti feux et des réserves en eau ont été mises en place dans certains secteurs du Morvan.

¹⁶⁴ Monsieur Martinez, technicien ONF de secteur.

L'indice forêt météo (IFM), développé au Canada à la fin des années 1970, permet d'estimer le danger météorologique de feux de forêts en tenant compte de la probabilité de son éclosion et de son potentiel de propagation. Il est calculé à partir de données météorologiques simples : température, humidité de l'air, vitesse du vent et précipitations. Ces données alimentent un modèle numérique qui simule l'état hydrique de la végétation et le danger météorologique d'incendie qui en découle. De nombreuses études ont montré une corrélation claire entre l'IFM moyen et le nombre de départs de feu.



DEFENSE INCENDIE

La maintenance des poteaux incendies sur le territoire est désormais de la compétence de la CUCM – qui en pratique assurait cependant déjà, jusqu'à présent, l'installation et l'entretien des quelques 1500 poteaux sur l'ensemble du périmètre de la Communauté urbaine. Environ 35% du territoire ne sont toutefois pas encore couverts par des ouvrages publics de défense incendie¹⁶⁵. C'est dans le cadre de cette compétence que la CUCM réalisera en 2019, en liaison avec le SDIS, son schéma directeur de la défense contre les incendies.

¹⁶⁵ Etat des lieux du PLUi.

4.8. Tourisme et activités de plein air

Les conditions météorologiques influencent bien sûr la fréquentation et les pratiques touristiques. Les changements climatiques peuvent par conséquent faire évoluer les pratiques (choix des destinations, calendrier, activités pratiquées...), mais également les facteurs d'attractivité du territoire (paysages, disponibilité de l'eau...).

Dans ce domaine encore, l'analyse qui a pu être faite de l'année 2003 est riche d'enseignements :

"La Bourgogne est une région dont les motivations de séjour (découverte des vins et de la gastronomie, visite de sites culturels et de villes...) sont peu compatibles avec les records de températures enregistrés cet été, les prestataires ont vu la clientèle s'éloigner de leurs établissements vers des contrées moins caniculaires, notamment les régions de l'ouest. D'ailleurs, les espaces bourguignons les plus frais, tels le Morvan des lacs, ont semble-t-il à cet égard bénéficié cet été d'un avantage substantiel; de même pour les activités rurales, comme les gîtes ruraux et les activités de plein air."

Sur la période de mai à septembre, l'activité hôtelière s'inscrit en baisse par rapport à la même période de 2002 ; cette baisse est de même amplitude que celle enregistré au niveau national. *"Le nombre de nuitées en hôtels a diminué en Bourgogne (de - 4.4 % sur l'année et - 5.2 % sur les mois de mai à septembre) en 2003 par rapport à 2002. En revanche les campings ont connu une hausse de 2.4 % sur la saison du nombre de nuitées"*.

"La canicule a bénéficié au Morvan, qui a enregistré une baisse du nombre de nuitées dans les hôtels de seulement 1.4 % sur les mois de mai à septembre, et en revanche, une augmentation nette de 19 % de la fréquentation dans les campings entre 2002 (261 949 nuitées en camping) et 2003 (311 647 nuitées en camping)"¹⁶⁶.

Sur le territoire de la communauté urbaine, la saison à proprement parler touristique, d'un point de vue de la fréquentation, va de la mi-juin à la mi-septembre.

A Montceau-les-Mines, cette fréquentation est principalement celle des plaisanciers et des cyclotouristes, avec le canal du centre et la voie verte, et de familles, de couples et de retraités au Creusot (tourisme principalement industriel).

En dehors de cette période estivale, le tourisme est avant tout un tourisme d'affaires.

L'office de tourisme ne dispose que depuis trop peu de temps d'un système d'information permettant de suivre précisément les fréquentations.

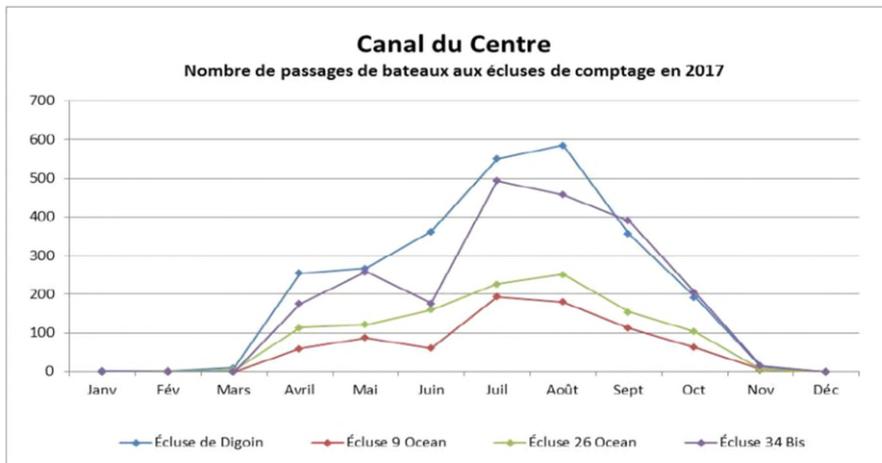
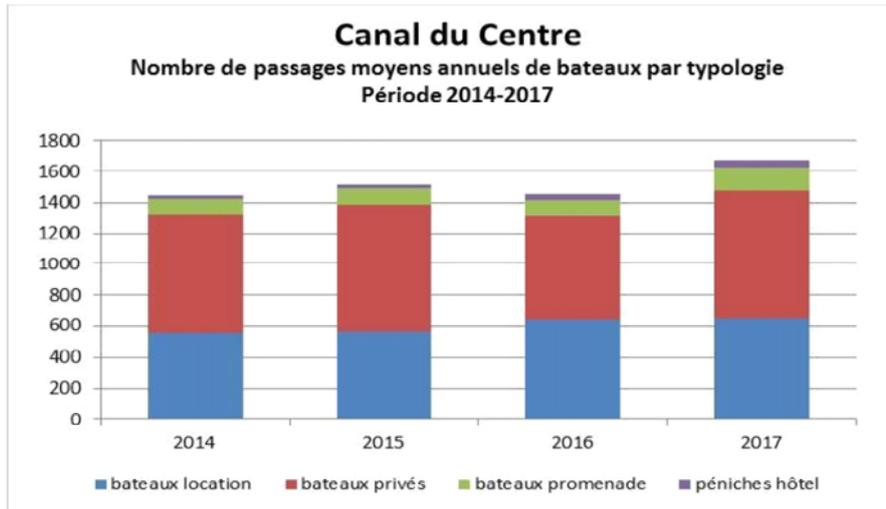
Le tourisme fluvial est influencé par les conditions météo. En 2016 par exemple, les crues de la Seine (en mai-juin) se sont accompagnées d'une baisse de la fréquentation (car de nombreux plaisanciers effectuent des circuits). La même année, les plaisanciers ont quitté le port de Montceau-les-Mines au moment des fortes chaleurs du mois d'août pour aller chercher ailleurs l'ombre qui n'existe pas sur le port.

La fréquentation des cyclotouristes et des sites industriels semble moins touchée par les conditions météo. Ponctuellement, les touristes recherchent cependant volontiers l'abri ou la fraîcheur (relative) des musées lorsqu'il pleut ou lorsqu'il fait très chaud.

¹⁶⁶ "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

Ressource en eau et navigation sur le canal du Centre.

Le canal du Centre voit passer entre 1400 et 1700 bateaux par an, du printemps au début de l'automne pour la plupart d'entre eux :



Cette navigation est tributaire de la recharge hivernale des retenues qui alimentent le canal.

Les étangs de Torcy sont alimentés par les sources de la Bourbince. Ils ont une capacité importante (la capacité totale des étangs est estimée à 21 millions de mètres cubes et leur capacité utile à 14 millions de mètres cubes¹⁶⁷). Lorsque la recharge hivernale est bonne, ils permettent de soutenir les débits de la Bourbince et du canal¹⁶⁸ durant toute l'année¹⁶⁹. Ces débits sont par conséquent largement tributaires des précipitations hivernales. Lorsque les réserves sont insuffisantes (une côte minimale d'exploitation des étangs doit être respectée), le soutien du débit d'étiage de la Bourbince¹⁷⁰ est prioritaire. C'est une situation de plus en plus fréquente. Pour éviter de manquer d'eau, VNF prend de plus en plus régulièrement des mesures pour réduire les besoins, comme par exemple le regroupement des bateaux pour les éclusées ou la limitation de la taille et donc du tirant d'eau des bateaux acceptés, de façon à pouvoir réduire le niveau d'eau du canal. Ces mesures ne sont pas toujours suffisantes, et VNF est parfois amené à interrompre la navigation, comme cela a été le cas en 2003, 2005, 2011 et 2014.

¹⁶⁷ "Vallée de la Bourbince – Etude d'un dispositif d'information en cas de crue", SAFEGE, 2002.

¹⁶⁸ Le canal est par ailleurs alimenté par les retenues de Montaubry, Monchanin, Berthaud, Lonpendu, Plessis et Bondilly.

¹⁶⁹ Il y a en aval des étangs un bief de partage des eaux entre le canal et la Bourbince.

¹⁷⁰ La Bourbince est également soutenue par la station d'épuration de Torcy, qui participe jusqu'à hauteur de 50% à son débit d'étiage : la Bourbince est ainsi en partie alimentée par des eaux qui proviennent du Mesvrin.

4.9. Activités industrielles

Les activités industrielles peuvent être impactées de différentes façons par les changements climatiques :

- ▶ au regard de la ressource en eau, dont elles utilisent des volumes importants : cet aspect est traité par ailleurs, sous l'angle de la disponibilité des ressources en eau pour les activités humaines ;
- ▶ au regard de leur approvisionnement énergétique, qui peut être fragilisé à certains moments : cf. infra¹⁷¹ ;
- ▶ au regard de leurs process, lorsque ceux-ci requièrent des conditions précises de température - cela peut concerner également leurs dispositifs d'épuration des eaux ;
- ▶ au regard des risques d'inondation, lorsqu'elles sont dans des secteurs exposés ;
- ▶ au regard de leur production, lorsque la consommation de ce qu'elles produisent est influencé par les conditions météorologiques, ce qui est particulièrement vrai pour le secteur alimentaire, peu représenté sur le territoire de la Communauté urbaine ;
- ▶ au regard des conditions de travail des salariés, lors des épisodes de fortes chaleurs : cet aspect est abordé sous l'angle de la santé ; les entreprises peuvent être amenées à prendre des mesures pour s'adapter à ces épisodes : modification des horaires de travail, mesures d'atténuation (pauses, boissons), ...

¹⁷¹ En 2003 par exemple, de l'électricité a été achetée sur le marché européen malgré un prix du kWh très élevé, les conditions climatiques exceptionnelles concernant toute l'Europe. Pour limiter les importations, il a été demandé aux industriels de réduire leurs consommations et de recourir, pour ceux qui en dispose, à leurs moyens d'auto-production. En Bourgogne, une trentaine d'industriels ont été concernée. Au niveau national, l'"effacement" des consommations de ces grands établissements industriels a représenté au total 5000 MWh soit 10 % de l'ensemble des consommations d'électricité.

4.10. Energie

L'activité du secteur énergétique est particulièrement sensible aux conditions climatiques. Ce sont en effet des paramètres climatiques qui créent des besoins à satisfaire par la consommation d'énergie (température et besoin de chaleur ou de froid, ensoleillement et besoin de lumière, volume de précipitations et besoin de pompage d'eau, etc.). Ces paramètres définissent par ailleurs le contexte opérationnel du fonctionnement de nombreuses unités de production d'électricité et leur efficacité (température des cours d'eau et satisfaction du besoin de refroidissement, volume de précipitations et production hydroélectrique, etc.). Par ailleurs, les lignes de transports et de distribution d'énergie sont sensibles au gel, vents forts et fortes pluies, et la stabilité des sols est essentielle à la sécurité des réseaux.

C'est par conséquent l'énergie électrique s'avère la plus impactée par les changements climatiques.

Les enseignements de l'année 2003 ¹⁷²

"On n'a pas observé de conséquences pour le pétrole, le gaz et le charbon. En revanche, pour les productions et consommations d'électricité l'été 2003, et plus particulièrement la semaine du 15 août, a connu un "effet de ciseau" alliant une réduction de l'offre (du fait que certaines centrales nucléaires ne fonctionnaient pas car des opérations de maintenance y étaient menées, mais aussi en raison de l'élévation de la température des cours d'eau rendant problématique le refroidissement des réacteurs nucléaires) à une augmentation de la demande (les besoins en climatisation ayant fortement augmenté).

L'augmentation des besoins en énergie peut sembler paradoxale en période estivale, a fortiori en période de canicule : l'activité économique est en effet limitée, les besoins en éclairage réduits et en chauffage quasi nuls. Habituellement, la France a besoin en été d'une puissance électrique de pointe de 46 000 mégawatts, bien inférieure aux besoins de l'hiver, d'environ 75 000 mégawatts.

Cependant, la canicule exceptionnelle qu'a connue notre pays l'été 2003 a entraîné une augmentation de 5 à 10 % de la consommation d'électricité, les fortes chaleurs obligeant à "fabriquer plus de froid" : les réfrigérateurs, congélateurs, climatiseurs, ventilateurs et instruments industriels de refroidissement ont été en effet pleinement sollicités.

Comme l'a indiqué à la mission M. Pierre BONARD ¹⁷³, directeur de la division Systèmes électriques à Réseau de transport d'électricité (RTE), "pour chaque degré de température au-dessus de 25 degrés, la France consomme environ 250 à 300 mégawatts supplémentaires, ce qui représente grosso modo la consommation de la ville de Nantes". Une hausse des températures d'une quinzaine de degrés, comme cela a été le cas l'été dernier, oblige donc à fournir environ 4000 mégawatts supplémentaires."

Les difficultés de production d'une part et l'augmentation de la consommation d'autre part ont conduit à prendre un certain nombre de mesures. De l'électricité a été achetée sur le marché européen malgré un prix du KWh très élevé, les conditions climatiques exceptionnelles concernant toute l'Europe. Pour limiter les importations, il a été demandé aux industriels de réduire leurs consommations et de recourir, pour ceux qui en disposent, à leurs moyens d'auto-production. En Bourgogne, une trentaine d'industriels ont été concernée. Au niveau national, l'"effacement" des consommations de ces grands établissements industriels a représenté au total 5000 MWh soit 10 % de l'ensemble des consommations d'électricité.

¹⁷² "Sécheresse et canicule 2003 en Bourgogne", rapport de présentation, OREB, octobre 2004.

¹⁷³ Mission commune d'information du Sénat, "La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise", rapport d'information n° 195, session ordinaire de 2003-2004, annexe au procès-verbal de la séance du 3 février 2004, p. 76.

■ Production d'énergie

Plusieurs facteurs climatiques influencent la production d'électricité :

- ▶ La température : la diminution des débits et l'augmentation de la température des cours d'eau dégradent l'efficacité des systèmes de refroidissement des centrales électriques thermiques et nucléaires.
- ▶ L'augmentation de l'ensoleillement augmente les capacités de production locale d'énergie : amélioration du rendement des installations solaires thermiques et photovoltaïques.
- ▶ L'hydraulicité : le niveau d'eau des barrages et des rivières dépend du climat (via les précipitations et les températures notamment) et impacte la production hydro-électrique (volume de productible pour les installations) ; les ressources en eau des différents bassins et réservoirs sont également utilisées pour d'autres usages, notamment une forte demande en termes d'irrigation.
- ▶ L'impact du vent sur le volume annuel de production éolienne n'a pas été mesuré mais il est de plus en plus important pour le système électrique du fait de l'accélération du développement de l'éolien.

■ Consommations et distribution électrique

Le réseau de transport de l'électricité est piloté par RTE (Réseau de transport d'électricité) à l'échelle nationale pour assurer l'équilibre continu entre offre et demande (l'électricité ne se stocke pas). C'est le gestionnaire du réseau de transport qui pilote l'appel aux moyens de production disponibles dans le parc électrique national, gérés par les opérateurs (« dispatching »).

Pour garantir la permanence de l'équilibre production-consommation et assurer la qualité de l'approvisionnement électrique (sûreté du système), RTE réalise des prévisions de consommation à plusieurs échelles de temps : à long terme dans le cadre du Bilan Prévisionnel ou des études de développement du réseau, à moyen terme (prévisions annuelles et mensuelle), à court terme (prévisions hebdomadaires) et à très court terme (de la veille pour le lendemain). L'étude des dernières analyses prévisionnelles pour l'été et l'hiver publiées par RTE révèle une certaine confiance du gestionnaire dans la capacité du réseau à répondre aux situations extrêmes (pic hivernal et pic estival). Dans le cas d'une période de canicule conjuguée à une situation hydrologique défavorable, RTE¹⁷⁴ précise qu'elle ferait apparaître « *des situations contraignantes mais compatibles avec les capacités d'échanges transfrontalières* » [RTE, 2011]. Trois éléments caractérisent le scénario « Canicule » élaboré par RTE :

- Une consommation estimée pour des températures supérieures de 7°C aux températures de référence ;
- Des baisses de production sur les sites nucléaires et thermiques classiques pour respecter les exigences environnementales ;
- Une réduction de la puissance disponible sur les groupes hydrauliques (prise en compte d'un effet sécheresse) et réduction de la production éolienne (conditions anticycloniques).

RTE estime qu'« à la pointe de consommation journalière vers 13h00, 1°C supplémentaire de température induit une augmentation de la consommation d'environ 500 MW ». Aussi, « les baisses de production dans le scénario Canicule sont estimées à 11 300 MW » [RTE, 2011]. La puissance thermique mensuelle (nucléaire et thermique à combustible fossile) pour les mois de juin, juillet et août est de 51,3 GW, 52,4 GW et 52,1 GW en 2010 d'après RTE. La baisse de production en scénario canicule estimée par RTE représente donc un retrait de plus de 20% des moyens en fonctionnement.

¹⁷⁴ Le gestionnaire de réseau réalise avant chaque été une analyse technique des marges d'exploitation prévisionnelle du système électrique français sur la période allant de mi-juin à fin septembre. Il étudie le risque d'insuffisance de l'offre au regard de la demande en électricité, estimée sur la base des informations transmises par les exploitants sur la disponibilité des centrales de production, les capacités d'effacement et les consommations observées dans le passé. Plusieurs centaines de scénarii sont élaborés, couplant des situations différenciées sur le parc de production (taux de disponibilité des installations de production, historique des stocks hydrauliques) et sur la consommation (températures). Des scénarii « canicule » ont été élaborés sur la base des données des mois d'août 2003 et juillet 2006.

A l'échelle locale, ces évolutions impliquent une pression supplémentaire sur les réseaux de transport-distribution qui peuvent être fragilisés par les épisodes de fortes chaleurs ; les câbles et équipements enterrés sont sensibles à la chaleur du sol qui peut dépasser 50°C en certains points lors des évènements caniculaires. L'élévation des températures implique également une perte en capacité de transport du réseau électrique (évaluées de 7,5 à 11%).

Les réponses à cet enjeu d'augmentation de la pression sur les réseaux électriques relèvent de la sobriété, des opérations de maîtrise des usages énergétiques, notamment lors des périodes de pointe et notamment pour les usages de chauffage en hiver et de climatisation en été.

5. Annexes

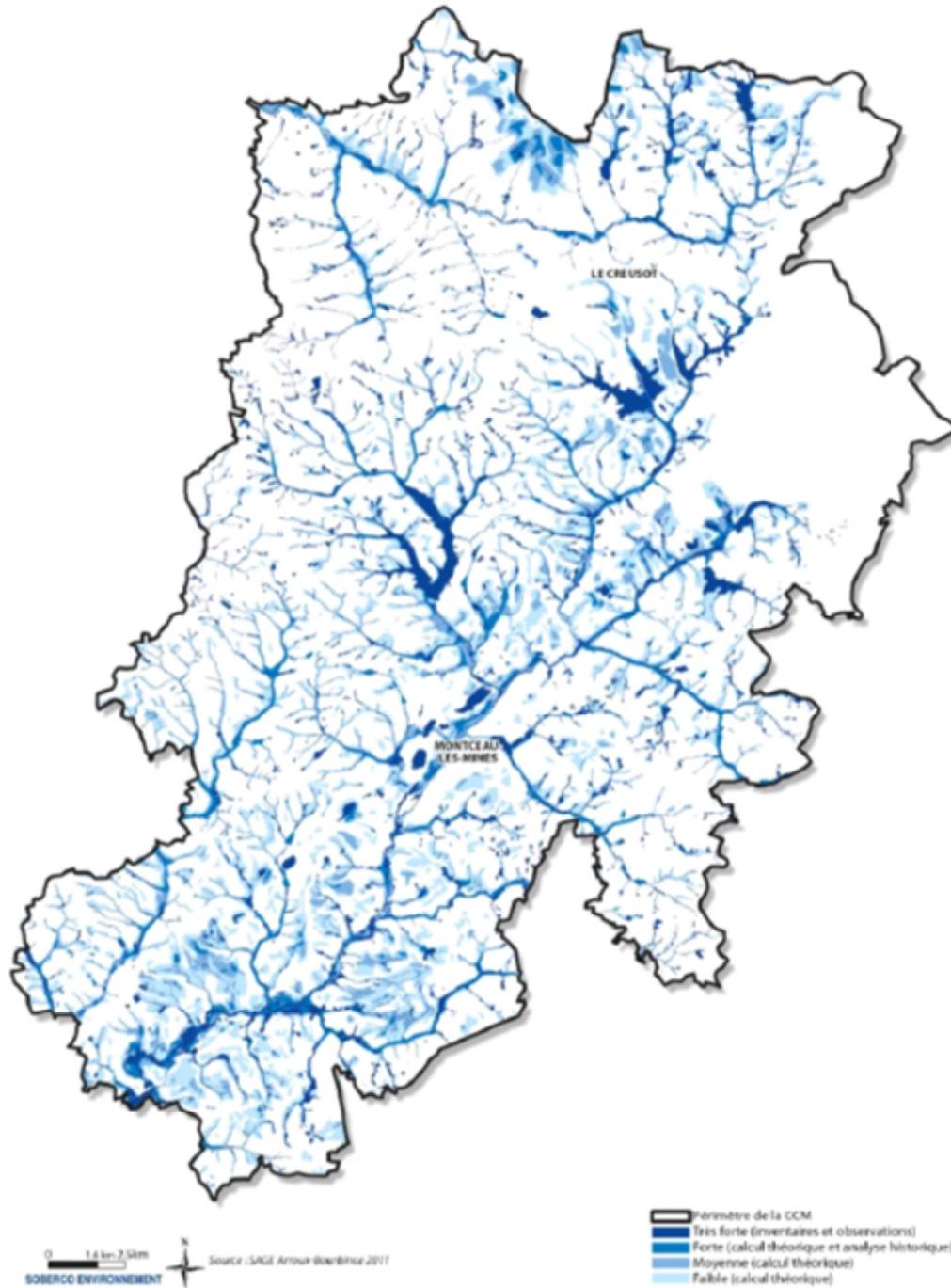
5.1.Contacts

Merci à l'ensemble des personnes contactées et dont les contributions ont nourri ce travail :

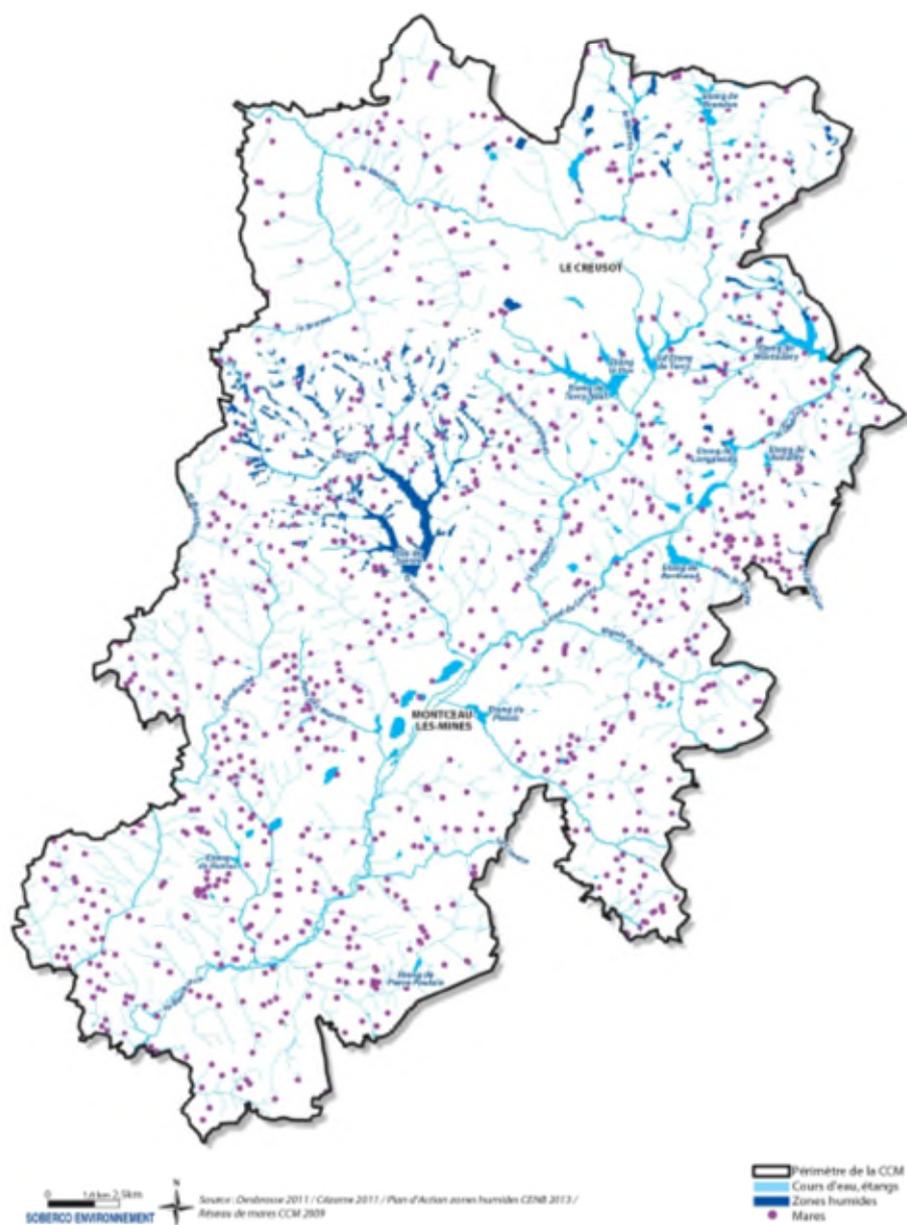
Adrien	CALARCO	Agriculteur à Charmoy
Bernard	DUCERF	Communauté Urbaine Creusot Montceau
Mélanie	FUET	Communauté Urbaine Creusot Montceau
Benjamin	GAUTHIER	SIBVB
Audrey	MADELENEAU	Communauté Urbaine Creusot Montceau
Laurent	MARTINEZ	ONF
Julie	PASCALET	Creusot Montceau Tourisme
Sébastien	Poncet	VNF
Tristan	ROBERT	Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire
Nicolas	ROUSSEL	Communauté Urbaine Creusot Montceau
Franck	VERNAY	Agriculteur à Charmoy

5.2. Cartographie des zones humides

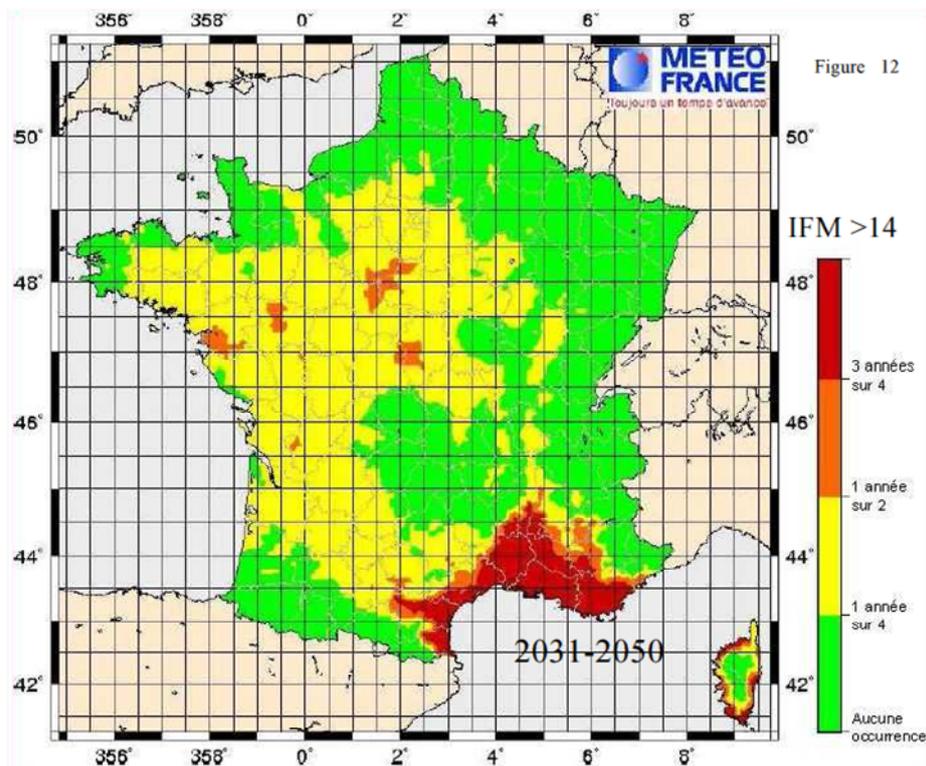
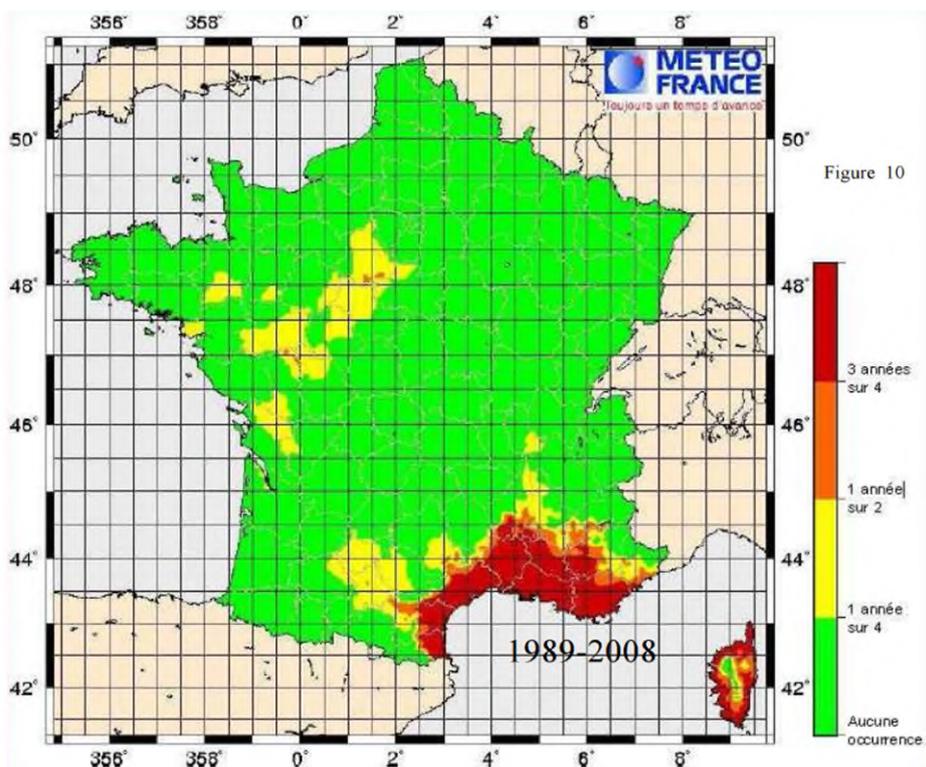
PROBABILITE DE PRESENCE DE ZONES HUMIDES

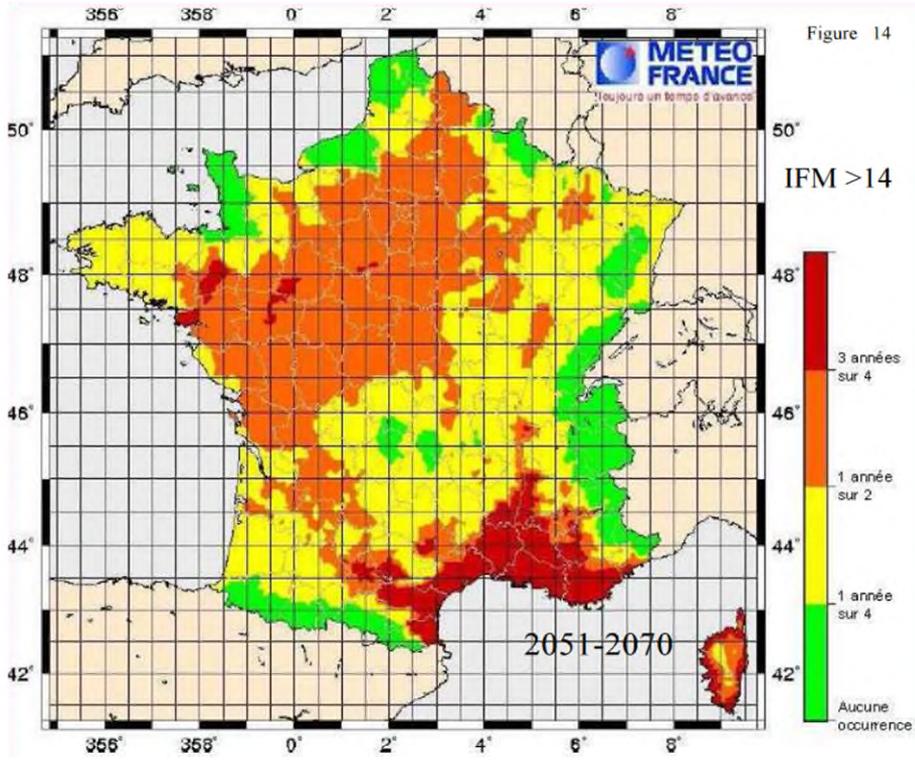


ZONES HUMIDES INVENTORIEES



5.3. Cartes d'évolution de l'indice feu météo





5.4.Changements climatiques 2013 - Les éléments scientifiques - Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat - Résumé à l'intention des décideurs (extraits)

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté.

Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. Les années 1983 à 2012 constituent probablement la période de 30 ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère Nord depuis 1 400 ans.

La tendance linéaire de la moyenne globale des données de température de surface combinant les terres émergées et les océans indique un réchauffement de 0,85 [0,65 à 1,06] °C au cours de la période 1880–2012.

La quasi-totalité de la surface du globe a connu un réchauffement.

La température moyenne à la surface du globe présente une grande variabilité aux échelles décennale et interannuelle, qui se superpose à un réchauffement multidécennal considérable.

Le réchauffement océanique constitue l'essentiel de l'augmentation de la quantité d'énergie emmagasinée au sein du système climatique et représente plus de 90 % de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010 (degré de confiance élevé). Il est quasiment certain que l'océan superficiel (jusqu'à 700 m de profondeur) s'est réchauffé entre 1971 et 2010, et ce dernier s'est probablement réchauffé entre les années 1870 et 1971.

Au cours des deux dernières décennies, la masse des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique a diminué, les glaciers de presque toutes les régions du globe ont continué à se réduire et l'étendue de la banquise arctique et celle du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps ont continué à diminuer (degré de confiance élevé).

Il est très probable qu'au cours du XXI^e siècle, l'étendue et l'épaisseur de la banquise arctique continueront à diminuer, de même que l'étendue du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps, au fur et à mesure de l'augmentation de la température moyenne à la surface du globe. À l'échelle mondiale, les glaciers continueront de perdre de leur volume.

Depuis le milieu du XIX^e siècle, le rythme d'élévation du niveau moyen des mers est supérieur au rythme moyen des deux derniers millénaires (degré de confiance élevé). Entre 1901 et 2010, le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé de 0,19 m [de 0,17 à 0,21 m].

Le niveau moyen mondial des mers continuera à s'élever au cours du XXI^e siècle. Selon tous les RCP, il est très probable que cette élévation se produira à un rythme plus rapide que celui observé entre 1971 et 2010, en raison du réchauffement accru de l'océan et de l'augmentation de perte de masse des glaciers et des calottes glaciaires

Les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800 000 ans.

La concentration du dioxyde de carbone a augmenté de 40 % depuis l'époque préindustrielle. Cette augmentation s'explique en premier lieu par l'utilisation de combustibles fossiles et en second lieu par le bilan des émissions dues aux changements d'utilisation des sols. L'océan a absorbé environ 30 % des émissions anthropiques de dioxyde de carbone, ce qui a entraîné une acidification de ses eaux.

Les concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre que sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O) ont toutes augmenté depuis 1750 en raison des activités humaines. En 2011, les concentrations respectives de ces gaz à effet de serre étaient de 391 ppm¹¹, 1 803 ppb et 324 ppb, et dépassaient les niveaux préindustriels d'environ 40 %, 150 % et 20 % ;

Les concentrations de CO₂, CH₄ et N₂O dépassent désormais fortement les plus hautes valeurs de concentrations enregistrées dans les carottes de glace pour les 800 000 dernières années. Les taux moyens d'augmentation des concentrations atmosphériques au siècle dernier sont, avec un très haut degré de confiance, sans précédent depuis les 22 000 dernières années;

Le changement climatique affectera les processus liés au cycle du carbone d'une manière qui amplifiera l'accroissement du CO₂ atmosphérique (degré de confiance élevé). Le phénomène d'acidification de l'océan augmentera, puisque celui-ci continuera de piéger du carbone.

Le cumul des émissions de CO₂ détermine dans une large mesure la moyenne mondiale du réchauffement en surface vers la fin du XXI^e siècle et au-delà. La plupart des caractéristiques du changement climatique persisteront pendant de nombreux siècles même si les émissions de CO₂ sont arrêtées. L'inertie du changement climatique est considérable, de l'ordre de plusieurs siècles, et elle est due aux émissions de CO₂ passées, actuelles et futures.

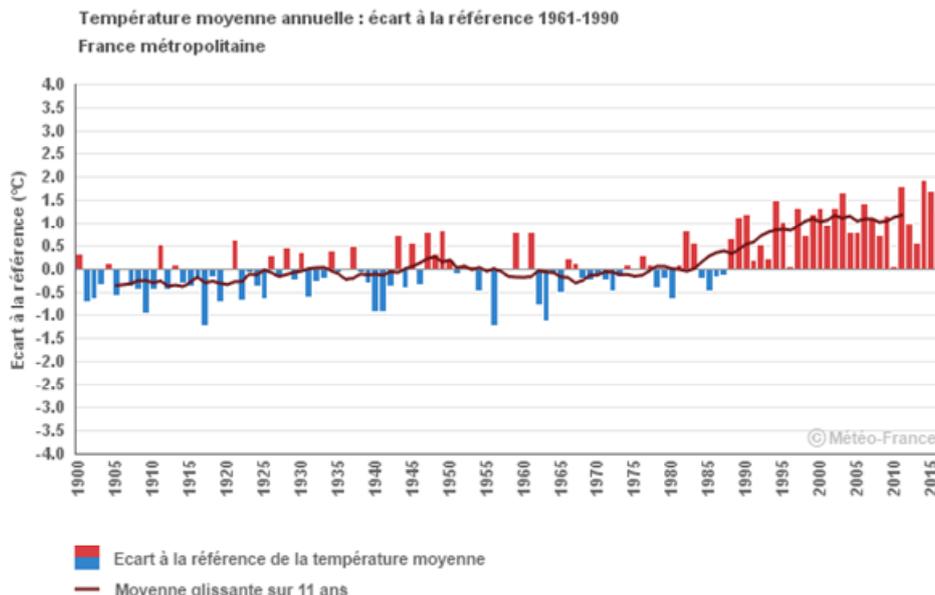
L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie, et ce, sur la base des données concernant l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le forçage radiatif positif, le réchauffement observé et la compréhension du système climatique.

Les changements concernant le cycle mondial de l'eau en réponse au réchauffement au cours du XXI^e siècle ne seront pas uniformes. Le contraste des précipitations entre régions humides et régions sèches ainsi qu'entre saisons humides et saisons sèches augmentera, bien qu'il puisse exister des exceptions régionales.

5.5. L'évolution observée des températures en France

L'évolution des températures moyennes annuelles en France métropolitaine montre un réchauffement depuis 1900.

Ce réchauffement a connu un rythme variable, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est d'environ $+0,3$ °C par décennie. Les trois années les plus chaudes, respectivement 2014, 2011 et 2015 ont été observées au XXI^e siècle.

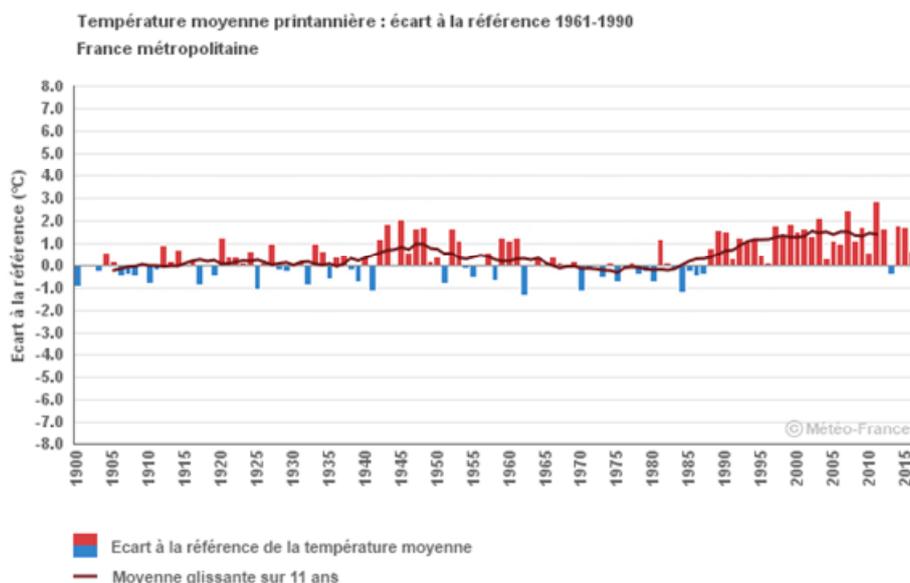


L'évolution des températures moyennes hivernales en France métropolitaine depuis 1900 montre d'importantes variations d'une année à l'autre. Ces variations sont superposées à un réchauffement, moins marqué que celui des températures annuelles. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée des températures hivernales est comprise entre $+0,2$ °C $+0,3$ °C par décennie.

Les hivers les plus doux depuis 1900 se sont produits après 1990 (hiver le plus doux de la période) tandis que les hivers les plus froids sont antérieurs à 1963 (hiver le plus froid de la période).

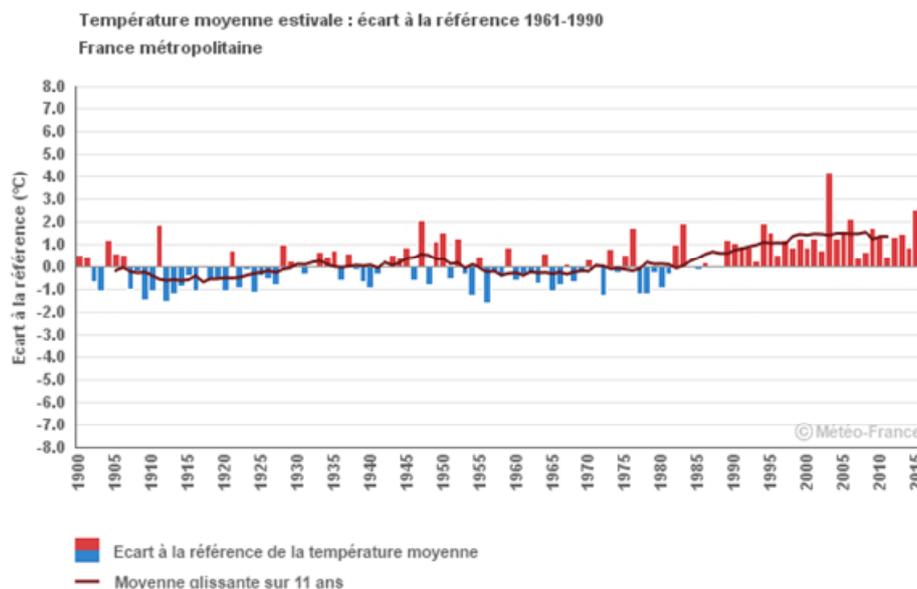
L'évolution des températures moyennes printanières en France métropolitaine depuis 1900 montre un réchauffement. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est supérieure à $+0,3$ °C par décennie. Elle est particulièrement marquée à partir des années 1980.

Les trois printemps les plus chauds depuis 1900 (2011 puis 2007 et 2003) sont postérieurs à 2000.



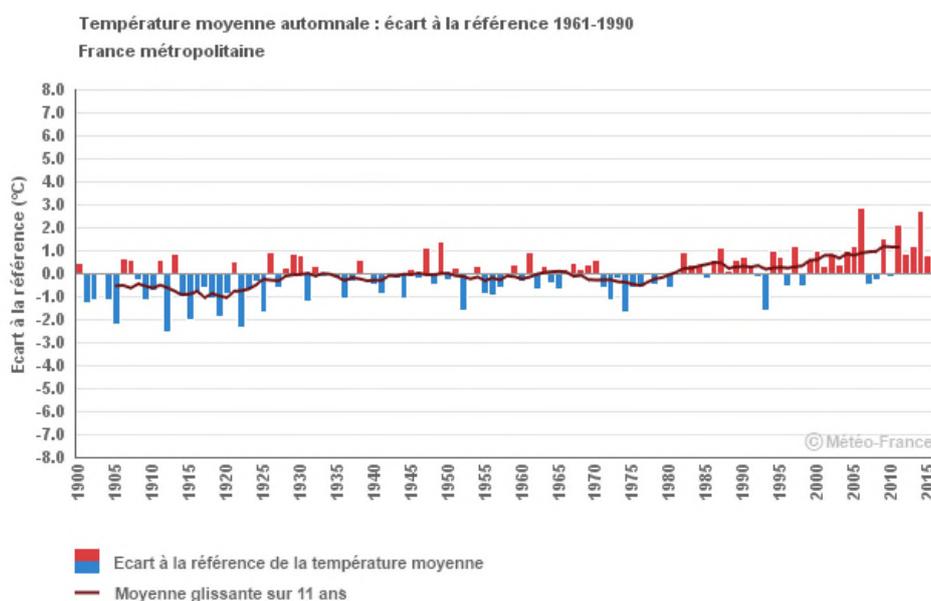
L'évolution des températures moyennes estivales en France métropolitaine depuis 1900 montre un réchauffement marqué. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est supérieure à $+0,4\text{ °C}$ par décennie.

Le caractère hors-norme de l'été 2003 est bien visible, avec des températures moyennes dépassant de plus de 4 °C les normales saisonnières (calculées sur la période de référence 1961 – 1990).

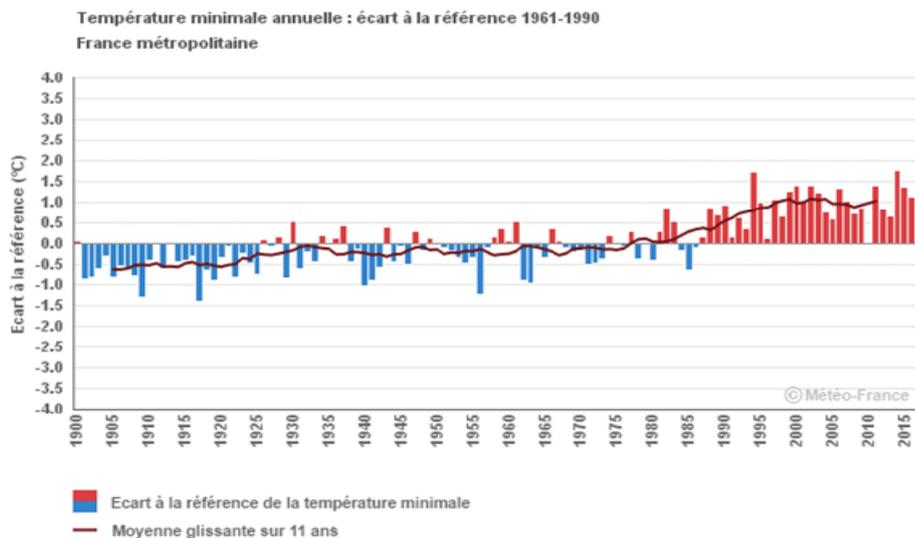


Depuis 1900, **l'évolution des températures automnales** en France métropolitaine montre un réchauffement. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est d'environ $+0,2\text{ °C}$ par décennie, moins prononcée que celle des températures annuelles.

Les trois automnes les plus chauds depuis 1900 sont postérieurs à 2000 : ils ont été observés en 2006, 2014 et 2011, avec des températures moyennes exceptionnellement élevées.

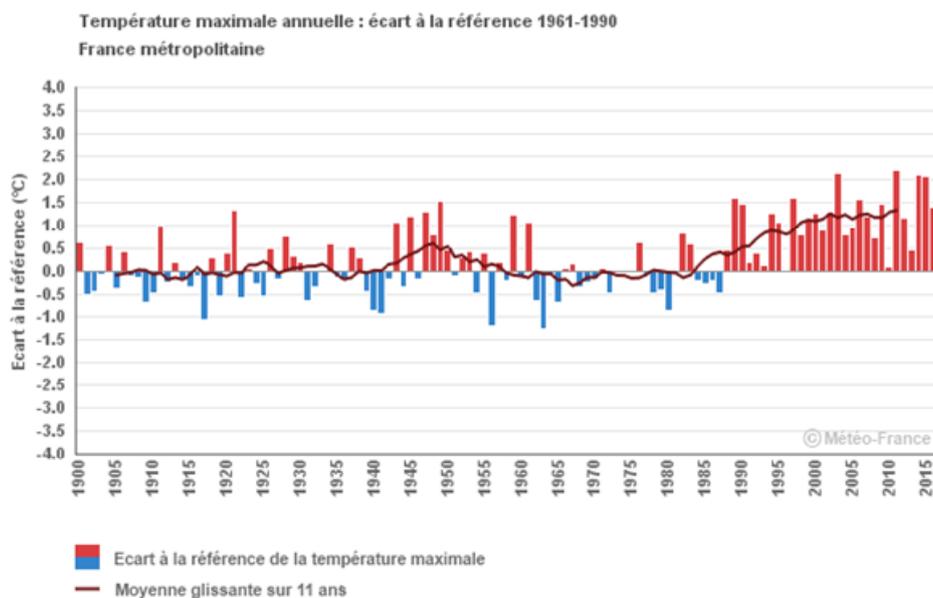


Depuis 1900, l'évolution de la moyenne annuelle des températures minimales en France métropolitaine montre un réchauffement, particulièrement marqué à partir des années 1980. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est d'environ $+0,3\text{ °C}$ par décennie.



L'évolution de la moyenne annuelle des températures maximales en France métropolitaine montre un réchauffement depuis 1900. Ce réchauffement est superposé à des variations entre des périodes plus chaudes et moins chaudes. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est d'environ $+0,3$ °C par décennie. Elle est particulièrement marquée à partir des années 1980.

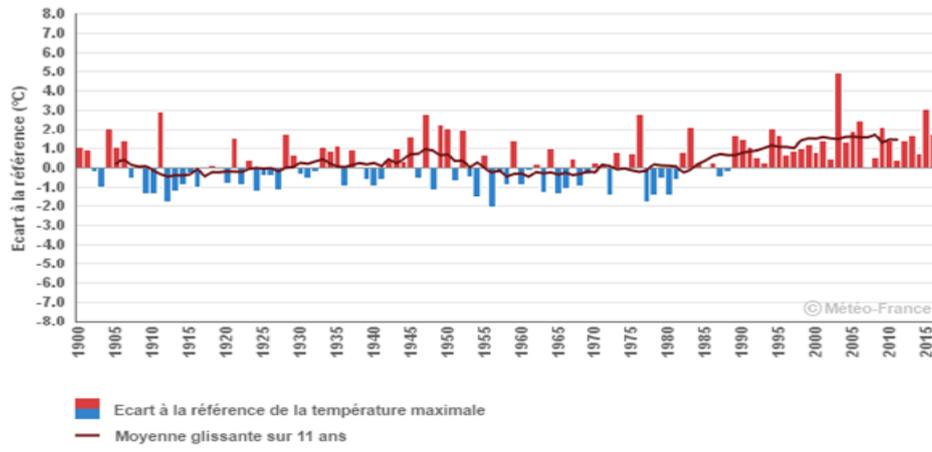
Les trois années qui ont connu les températures maximales les plus élevées depuis 1900, à savoir 2011, 2003 puis 2014, ont été observées au XXI^e siècle.



L'évolution de la moyenne des températures maximales estivales en France métropolitaine depuis 1900 montre un réchauffement. Sur la période 1959 – 2009, la tendance observée est supérieure à $+0,4$ °C par décennie.

Le caractère hors-norme de l'été 2003 est bien visible, avec des températures maximales dépassant d'environ 5 °C les normales saisonnières (calculées sur la période de référence 1961 – 1990).

Température maximale estivale : écart à la référence 1961-1990
France métropolitaine



5.6. Sigles, abréviations et précisions

- GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat.

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ont créé, en 1988, le (GIEC). Le GIEC est un organe intergouvernemental qui est ouvert à tous les pays membres de l'ONU et de l'OMM.

Le GIEC a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. Il n'a pas pour mandat d'entreprendre des travaux de recherche ni de suivre l'évolution des variables climatologiques ou d'autres paramètres pertinents. Ses évaluations sont principalement fondées sur les publications scientifiques et techniques dont la valeur scientifique est largement reconnue.

L'une des principales activités du GIEC consiste à procéder, à intervalles réguliers, à une évaluation de l'état des connaissances relatives au changement climatique. Le GIEC élabore aussi des rapports spéciaux et des documents techniques sur des sujets qui nécessitent des informations et des avis scientifiques indépendants et contribue en outre à la mise en œuvre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) par ses travaux sur les méthodes à appliquer pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

+ d'infos : http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml

- ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

Créé par la loi du 19 février 2001 qui confère à la lutte contre l'effet de serre et à la prévention des risques liés au réchauffement climatique la qualité de priorité nationale, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (Onerc) matérialise la volonté du Parlement et du Gouvernement de prendre en compte les questions liées aux effets du changement climatique.

La mission de l'Observatoire est de collecter et de diffuser les informations, études et recherches sur les risques liés au réchauffement climatique et aux phénomènes climatiques extrêmes. Il peut également formuler des recommandations sur les mesures de prévention et d'adaptation susceptibles de limiter les risques liés au changement climatique. Cette mission a été étendue par le Plan Climat 2004 qui demande à l'Onerc de coordonner ces actions d'adaptation en France et de préparer un cadre stratégique d'ensemble.

- Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique

La loi 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle Environnement, prévoyait, dans son article 42, qu'un "*Plan national d'adaptation pour les différents secteurs d'activité devrait être préparé pour 2011*". Ce Plan couvre une période de 5 années (2011 – 2015). Une revue à mi-parcours sera effectuée en 2013, pour vérifier l'articulation entre le Plan national et les orientations et actions territoriales définies dans les Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie et les Plans climat-énergie territoriaux prévus par la loi 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

- SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux)

Sur les territoires où il y a conflits d'usage de l'eau (problèmes de quantité d'eau, pression de l'urbanisme et du tourisme, ...), la portée réglementaire d'un SAGE est un atout pour atteindre les objectifs de bon état des eaux fixé par la Directive Cadre sur l'Eau.

Une trentaine de SAGE sont en cours sur le bassin Rhône-Méditerranée. Le SDAGE identifie par ailleurs une dizaine de territoires sur lesquels la mise en place d'un SAGE est nécessaire.

■ SDAGE

Documents de planification pour l'eau et les milieux aquatiques à l'échelle respectivement des bassins Rhône-Méditerranée et Loire Bretagne, les SDAGE 2016-2021 de ces deux bassins sont entrés en vigueur le 21 décembre 2015. Ils fixent pour une période de 6 ans les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau pour l'atteinte du bon état des milieux aquatiques ainsi que les actions à mener pour atteindre cet objectif.

Le SDAGE :

- dresse un constat de l'état de la ressource en eau et du milieu aquatique et le recensement des usages qui lui est lié.
- fixe des objectifs de qualité à atteindre dans un délai donné et contribue ainsi à l'atteinte de l'objectif de bon état des eaux poursuivi par la directive cadre sur l'eau ;
- définit des objectifs de répartition de la ressource en eau entre les différents usages ;
- identifie et protège les milieux aquatiques sensibles ;
- définit des actions de protection de la ressource et de lutte contre les inondations

Véritable « loi sur l'eau » pour le bassin versant, il est élaboré par les acteurs locaux et approuvé par l'Etat. Il a donc une portée réglementaire.

■ Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique

La stratégie nationale d'adaptation au changement climatique été définie en 2007.

Elle affirme que *"l'adaptation, qui vise à réduire notre vulnérabilité aux conséquences du changement climatique, poursuit quatre grandes finalités qui doivent sous-tendre l'ensemble des mesures à mettre en place :*

- *protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique ;*
- *tenir compte des aspects sociaux et éviter les inégalités devant les risques ;*
- *limiter les coûts et tirer parti des avantages ;*
- *préserver le patrimoine naturel.*

La mise en oeuvre d'une politique d'adaptation doit respecter les principes suivants :

- *le souci de l'équité, qui exige d'associer toutes les collectivités et catégories socioprofessionnelles susceptibles de subir les conséquences du changement climatique ou de l'adaptation à ses effets ;*
- *l'anticipation des situations de crise, autant que faire se peut ;*
- *le fait que, si le recours aux dispositifs d'assurance privés ou publics est un outil important de gestion du risque climatique, il devra être complété des décisions d'adaptation nécessaires à la diminution des risques afin de ne pas retarder les décisions d'adaptation nécessaires ;*
- *le fait que les aides et les subventions ne doivent pas conduire à faire perdurer des situations sans issue, mais que l'action publique doit plutôt favoriser les évolutions et les diversifications économiques dans une optique de développement durable ;*
- *l'articulation avec l'atténuation (i.e. la réduction des émissions de gaz à effet de serre)."*

■ SRCAE : Schéma régional Climat Air Energie

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'Environnement (dite loi Grenelle 2), a mis en place les SRCAE.

Les SRCAE déterminent pour chaque région, à l'horizon 2020 et 2050 :

1° Les orientations permettant d'atténuer les effets du changement climatique et de s'y adapter, conformément à l'engagement pris par la France, à l'article 2 de la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique, de diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050, et conformément aux engagements pris dans le cadre européen. A ce titre, il définit notamment les objectifs régionaux en matière de maîtrise de l'énergie ;

2° Les orientations permettant, pour atteindre les normes de qualité de l'air (...), de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets. A ce titre, ils définissent des normes de qualité de l'air propres à certaines zones lorsque les nécessités de leur protection le justifient ;

3° Par zones géographiques, les objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre en matière de valorisation du potentiel énergétique terrestre, renouvelable et de récupération et en matière de mise en œuvre de techniques performantes d'efficacité énergétique telles que les unités de cogénération, notamment alimentées à partir de biomasse, conformément aux objectifs issus de la législation européenne relative à l'énergie et au climat. A ce titre, le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie vaut schéma régional des énergies renouvelables au sens du III de l'article 19 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Un schéma régional éolien qui constitue un volet annexé à ce document définit, en cohérence avec les objectifs issus de la législation européenne relative à l'énergie et au climat, les parties du territoire favorables au développement de l'énergie éolienne. http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=F19C6C3CC6572C0E403E633CC80F7B3F.tpdjo06v_2?idSectionTA=LEGISCTA000022476742&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20120507

5.7. Exemples d'incidences des changements climatiques à l'échelle planétaire

(extrait du rapport 2007 du GIEC)

■ En Afrique

- ▶ D'ici 2020, 75 à 250 millions de personnes devraient souffrir d'un stress hydrique accentué par les changements climatiques.
- ▶ Dans certains pays, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020. On anticipe que la production agricole et l'accès à la nourriture seront durement touchés dans de nombreux pays, avec de lourdes conséquences en matière de sécurité alimentaire et de malnutrition.
- ▶ Vers la fin du XXI^e siècle, l'élévation anticipée du niveau de la mer affectera les basses terres littorales fortement peuplées. Le coût de l'adaptation pourrait représenter 5 à 10 % du produit intérieur brut, voire plus.
- ▶ Selon plusieurs scénarios climatiques, la superficie des terres arides et semi-arides pourrait augmenter de 5 à 8 % d'ici à 2080.

■ En Asie

- ▶ Les quantités d'eau douce disponibles devraient diminuer d'ici les années 2050 dans le centre, le sud, l'est et le sud-est de l'Asie, en particulier dans les grands bassins fluviaux.
- ▶ Les zones côtières, surtout les régions très peuplées des grands deltas de l'Asie du Sud, de l'Est et du Sud-Est, seront exposées à des risques accrus d'inondation marine et, dans certains grands deltas, d'inondation fluviale.
- ▶ Les changements climatiques devraient amplifier les pressions que l'urbanisation rapide, l'industrialisation et le développement économique exercent sur les ressources naturelles et l'environnement.
- ▶ Les modifications du cycle hydrologique devraient entraîner, dans l'est, le sud et le sud-est de l'Asie, une hausse de la morbidité et de la mortalité endémiques dues aux maladies diarrhéiques qui accompagnent les crues et la sécheresse.

■ En Australie et Nouvelle-Zélande

- ▶ Certains sites d'une grande richesse écologique, dont la Grande Barrière de corail et les « Wet Tropics » (tropiques humides) du Queensland, devraient subir une perte importante de biodiversité d'ici 2020.
- ▶ D'ici 2030, les problèmes d'approvisionnement en eau devraient s'intensifier dans l'est et le sud de l'Australie ainsi que dans le Northland et certaines régions orientales de la Nouvelle-Zélande.
- ▶ D'ici 2030, la production agricole et forestière devrait décroître dans une bonne partie du sud et de l'est de l'Australie ainsi que dans plusieurs régions orientales de la Nouvelle-Zélande, en raison de l'accentuation de la sécheresse et de la fréquence accrue des incendies. Au début toutefois, les changements climatiques devraient se révéler bénéfiques dans d'autres secteurs de la Nouvelle-Zélande.
- ▶ D'ici 2050, dans certaines régions de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, l'aménagement progressif du littoral et la croissance démographique devraient accroître les risques liés à l'élévation du niveau de la mer et à l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des tempêtes et des inondations côtières.

■ En Europe

- ▶ On s'attend à ce que les changements climatiques amplifient les disparités régionales en matière de ressources naturelles et de moyens économiques. Au nombre des incidences négatives figurent un risque croissant d'inondations éclair à l'intérieur des terres, une plus grande fréquence des inondations côtières et une érosion accrue (attribuable aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer).

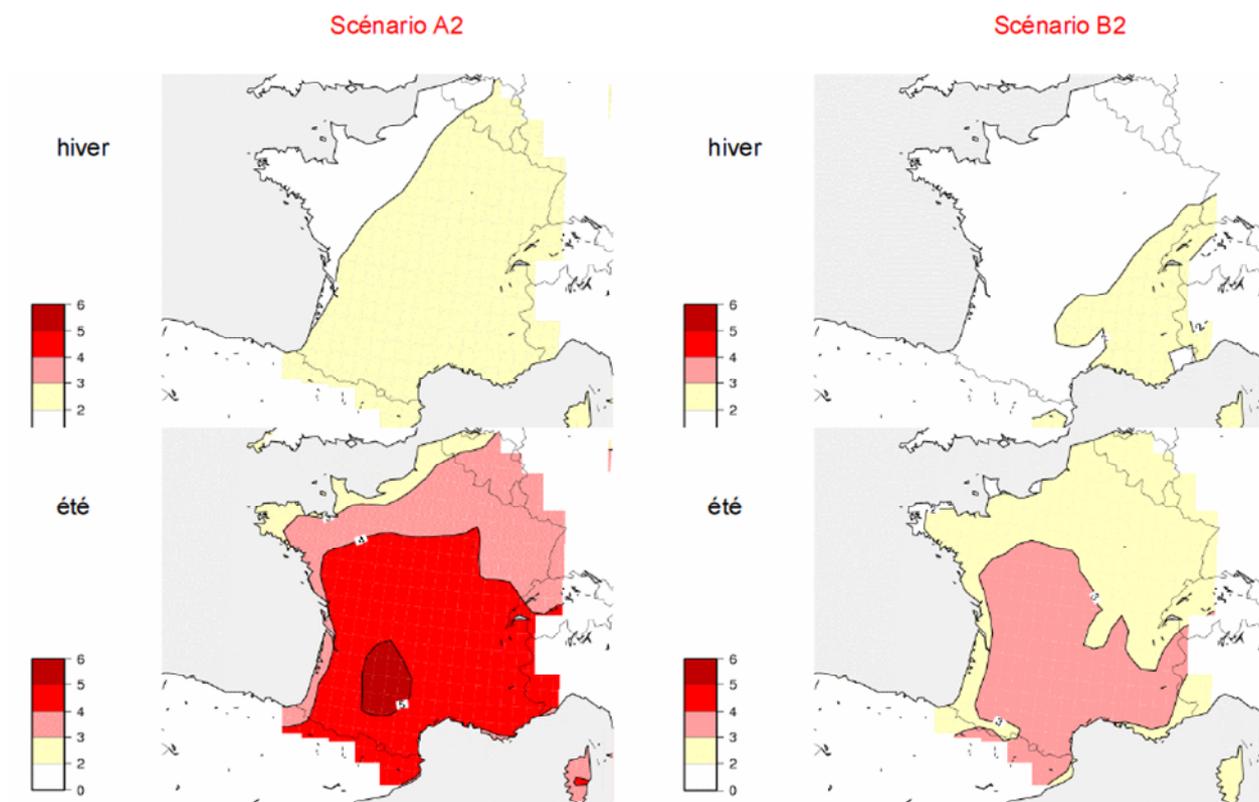
- ▶ Les régions montagneuses devront faire face au recul des glaciers, à la réduction de la couverture neigeuse et du tourisme hivernal ainsi qu'à la disparition de nombreuses espèces (jusqu'à 60 % d'ici 2080 dans certaines régions, selon les scénarios de fortes émissions).
 - ▶ Dans le sud de l'Europe, région déjà vulnérable à la variabilité du climat, les changements climatiques devraient aggraver la situation (températures élevées et sécheresse) et nuire à l'approvisionnement en eau, au potentiel hydroélectrique, au tourisme estival et, en général, aux rendements agricoles.
 - ▶ Les risques sanitaires liés aux vagues de chaleur et à la fréquence accrue des incendies devraient être amplifiés par les changements climatiques.
- En Amérique latine
- ▶ D'ici le milieu du siècle, les forêts tropicales devraient être progressivement remplacées par la savane dans l'est de l'Amazonie sous l'effet de la hausse des températures et du dessèchement des sols. La végétation de type semi-aride aura tendance à laisser place à une végétation de type aride.
 - ▶ La disparition de certaines espèces risque d'appauvrir énormément la diversité biologique dans de nombreuses régions tropicales de l'Amérique latine.
 - ▶ Le rendement de certaines cultures importantes et de l'élevage du bétail devrait diminuer, au détriment de la sécurité alimentaire. On anticipe en revanche une augmentation du rendement des cultures de soja dans les zones tempérées. D'un point de vue général, on anticipe une augmentation du nombre de personnes exposées à la famine.
 - ▶ La modification des régimes de précipitations et la disparition des glaciers devraient réduire considérablement les ressources en eau disponibles pour la consommation humaine, l'agriculture et la production d'énergie.
- En Amérique du Nord
- ▶ Selon les projections, le réchauffement du climat dans les régions montagneuses de l'ouest du continent diminuera l'enneigement, augmentera la fréquence des inondations hivernales et réduira les débits estivaux, avivant la concurrence pour des ressources en eau déjà surexploitées.
 - ▶ L'évolution modérée du climat au cours des premières décennies du siècle devrait accroître de 5 à 20 % le rendement des cultures pluviales, mais avec de nets écarts d'une région à l'autre. De graves difficultés risquent de surgir dans le cas des cultures déjà exposées à des températures proches de la limite supérieure de leur plage de tolérance ou qui dépendent de ressources en eau déjà fortement utilisées.
 - ▶ Au cours du siècle, les villes qui subissent actuellement des vagues de chaleur devraient faire face à une hausse du nombre, de l'intensité et de la durée de ces phénomènes, ce qui pourrait avoir des incidences défavorables pour la santé.
 - ▶ Dans les régions côtières, les établissements humains et les habitats naturels subiront des pressions accrues découlant de l'interaction des effets du changement climatique avec le développement et la pollution.
- Dans les régions polaires
- ▶ Les principales répercussions biophysiques attendues sont la réduction de l'épaisseur et de l'étendue des glaciers, des nappes glaciaires et des glaces de mer ainsi que la modification des écosystèmes naturels au détriment de nombreux organismes, dont les oiseaux migrateurs, les mammifères et les grands prédateurs.
 - ▶ Pour les communautés de l'Arctique, les effets devraient être mitigés, notamment ceux qui résulteront de l'évolution de l'état de la neige et de la glace.
 - ▶ Les éléments d'infrastructure et les modes de vie traditionnels des populations autochtones seront touchés.

- ▶ On estime que les écosystèmes et les habitats propres aux régions polaires de l'Arctique et de l'Antarctique seront fragilisés, du fait de l'atténuation des obstacles climatiques à l'invasion de nouvelles espèces.
- Dans les petites îles
 - ▶ Selon les prévisions, l'élévation du niveau de la mer devrait intensifier les inondations, les ondes de tempête, l'érosion et d'autres phénomènes côtiers dangereux, menaçant l'infrastructure, les établissements humains et les installations vitales pour les populations insulaires.
 - ▶ La détérioration de l'état des zones côtières, par exemple l'érosion des plages et le blanchissement des coraux, devrait porter atteinte aux ressources locales.
 - ▶ D'ici le milieu du siècle, les changements climatiques devraient réduire les ressources en eau dans de nombreuses petites îles, par exemple dans les Caraïbes et le Pacifique, à tel point que la demande ne pourra plus être satisfaite pendant les périodes de faible pluviosité.
 - ▶ La hausse des températures devrait favoriser l'invasion d'espèces exotiques, notamment aux moyennes et hautes latitudes.

5.8. Prévisions d'écarts de température en France métropolitaine entre la fin du XXème siècle et la fin du XXIème siècle

En été et en hiver, selon les scénarios A2 et B2 (écart entre la période 2070 – 2099 et la période de référence 1960 – 1989) – copyright Météo-France 2007

Source : http://climat.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?&page_id=14785



5.9. Optimiser la gestion des pâturages

Source : « Spécial Info Sécheresse », Auteur : AVENIR AGRICOLE DE L'ARDECHE / COMITE SECHERESSE OPERATION SOLIDARITE, Date de parution : 23 juin 2011, Chambre d'Agriculture de l'Ardèche.

L'herbe pâturée est l'aliment le moins coûteux de l'exploitation. Cependant, au pâturage, l'offre alimentaire est souvent volontairement restreinte pour maîtriser les refus et maintenir la qualité des repousses aussi longtemps que possible. La capacité d'ingestion des animaux n'est donc pas toujours comblée. Avec les conditions actuelles de manque d'herbe, il est important de faire au préalable un tri des animaux en fonction de leurs besoins

Utiliser des mash

Les mash fibreux ou aliments « rations sèches » apportent à la fois de l'énergie, de l'azote mais également des fibres, ce qui réduit les risques d'acidose. La faible valeur énergétique induite par la présence de fibres est compensée par l'apport de matières grasses. Ces concentrés comportent bien souvent une dizaine d'ingrédients différents : luzerne, maïs grain, soja, corn gluten, graine de coton, pulpes...

Utiliser la paille

La paille est une ressource intéressante en période de pénurie pour alimenter les vaches allaitantes. La paille est un aliment pauvre en sucres solubles, en matières azotées et en vitamines, mais correctement complémentée, c'est une ressource intéressante en période de pénurie pour alimenter les vaches allaitantes, à condition de respecter quelques règles d'utilisation.

Élevage ovin : valoriser les ressources pastorales

Situation 1 : D'importantes surfaces en landes et des brebis à l'entretien Les broussailles présentent des valeurs nutritives équivalentes ou supérieures à la végétation de prairies naturelles ou pelouses, et cela est d'autant plus vrai lorsque les pelouses sont à des stades de végétation avancés.

En effet, les parties broutées par les animaux (feuilles principalement) ne sont pas plus ligneuses que la végétation broutée sur une prairie et le sont nettement moins qu'une paille grossière qui peut atteindre plus de 50 % de ligno-celluloses. De plus, les arbustes de la famille des fabacées (genêts, cytises, coronilles...) offrent des taux très intéressants de matières azotées.

Les parcours, landes, sous-bois ont l'avantage de bien se maintenir en été car l'enracinement profond des arbres et arbustes leur permet de mieux résister à la sécheresse. De plus, les broussailles offrent également une interaction positive avec la strate herbacée car l'ombre créée décale la croissance de l'herbe en fin de printemps (l'herbe reste plus jeune et appétente sous les genêts). Ainsi, il est conseillé de valoriser au maximum les pâturages en raisonnant la taille des parcs, la durée et la pression de pâturage.

Situation 2 : Des surfaces en landes mais des brebis à fort besoin

Lorsque la sécheresse devient extrême ou que les brebis ont des besoins importants (fin de gestation – lactation), les prélèvements sur les parcours ne sont pas suffisants et il devient indispensable de compléter les animaux.

Attention, n'importe quelle complémentation ne convient pas ! Dans un souci de limitation des coûts, il faudra toujours chercher à privilégier le pâturage.

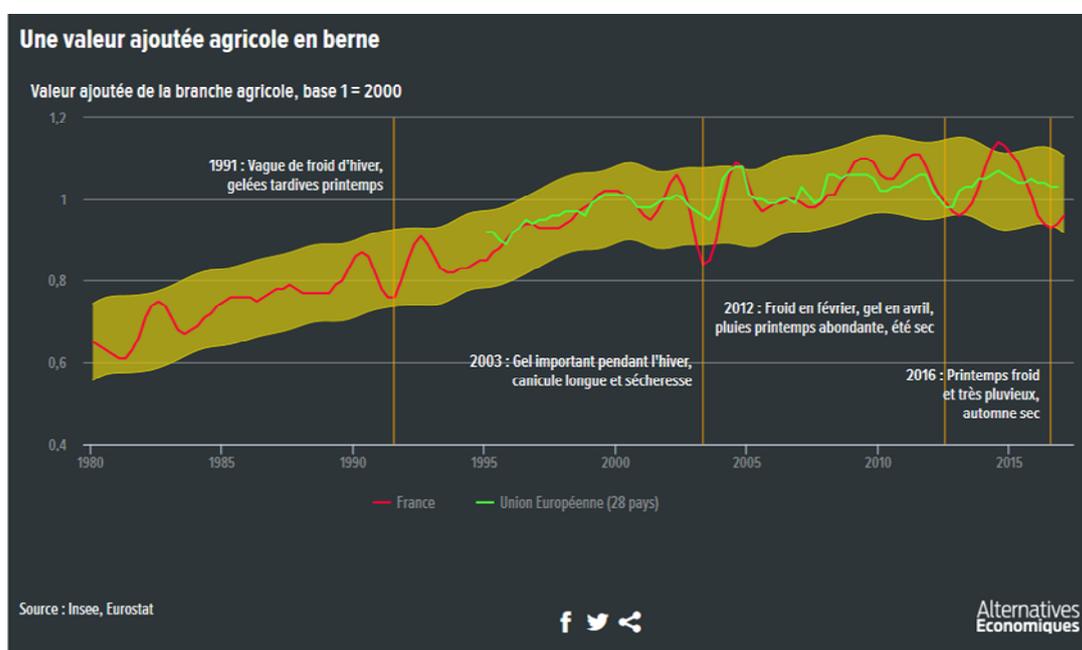
5.10. Le changement climatique mange notre agriculture

Xavier Timbeau, directeur de l'OFCE, 24/05/2017

<https://www.alternatives-economiques.fr/xavier-timbeau/changement-climatique-mange-agriculture/00078935?t=92cc227532d17e56e07902b254dfad10>

En 2016, la valeur ajoutée agricole a baissé de presque 12 % en France. Ce sont les cultures de céréales qui ont été les plus touchées (mais elles ne sont pas les seules), la production chutant de plus de 25 % cette année-là. La France n'est pas le seul pays européen concerné, puisque la Belgique, la Suède, les Pays-Bas ou encore le Royaume-Uni ont aussi connu une baisse importante des productions céréalières. Seule l'Espagne a tiré son épingle du jeu et compensé en partie la baisse de la production européenne (de l'ordre de 10 000 tonnes de céréales en moins en 2016, dont – 18 000 en France) par une hausse de sa production de l'ordre de 4 000 tonnes.

Ces chutes brutales de la production agricole ne s'expliquent pas par un effet de demande ou de compétitivité. Il s'agit de purs chocs de productivité, c'est-à-dire de baisse des rendements, qui sont le lot de l'activité agricole depuis ses débuts. Et, comme tout cultivateur l'a remarqué depuis la nuit des temps, le climat joue un rôle majeur pour les rendements. L'agriculture française est peu spécialisée et repose sur des techniques avancées (irrigation, traitements, apports d'engrais, infrastructures de protection) qui protègent de la variabilité habituelle du climat.



Pourtant au cours des dernières années, certains événements climatiques ont été suffisamment amples et généralisés sur l'ensemble du territoire pour produire un effet négatif qui sort de la variabilité habituelle. Cela a été le cas en 1991, en 2003, en 2012 et en 2016. La fréquence des événements climatiques extrêmes et généralisés, que ce soit des intempéries, des vagues de froid, des périodes de chaleur ou de sécheresse longues, a commencé d'augmenter en lien avec le changement climatique.

Dans les années qui viennent, l'extrême sera fréquent et il faut s'attendre à des effets majeurs sur les rendements agricoles. La France et l'Europe sont moins exposées à ces phénomènes que d'autres pays (Asie du Sud-Est, Afrique), ce qui illustre la gravité de la situation. Pour l'année 2016, le secteur de l'agriculture a ainsi contribué négativement à hauteur de 0,3 point à la croissance du produit intérieur brut (PIB). C'est encore petit, mais suffisant pour que l'on s'en rende compte. Le recours aux importations a dégradé la balance agricole et il n'y a pas eu de pénuries ou de hausses significatives de prix. Les plus optimistes espèrent qu'en 2017, le rebond de l'activité agricole participera à augmenter la croissance de quelques dixièmes supplémentaires. Mais rien n'est moins sûr.

Pour autant, le changement climatique ne joue pas que par les événements extrêmes. Par exemple, depuis deux décennies, le rendement à l'hectare du blé stagne dans les pays européens. Une analyse fine conduite par l'Inra ([par Nadine Bresson et ses coauteurs](#)) identifie une rupture dans le rendement à l'hectare du blé tendre en 1996 pour la France. Les auteurs de l'étude écartent l'épuisement des sols, le moindre recours aux engrais ou encore une moindre efficacité de la sélection des variétés comme cause de cette stagnation. Ils concluent que c'est le changement climatique qui est à l'origine de la fin de la hausse des rendements.

Le changement climatique nous a fait sortir depuis une ou deux décennies d'une longue période de stabilité du climat

Le lien est moins évident que lors d'une inondation ou d'une canicule longue, mais il repose sur un mécanisme simple. Le changement climatique nous a fait sortir depuis une ou deux décennies d'une longue période de stabilité du climat. Ainsi, depuis dix mille ans, les températures moyennes annuelles sont restées presque constantes (en variant de l'ordre de quelques 1/10^e de degré, [Shaun Marcott et ses coauteurs quantifient cet intervalle](#)). Depuis les années 1990, et cela va en s'accélégrant, nous sommes largement sortis de la stabilité du climat (l'anomalie de la température globale de surface a été de presque 1 °C en 2016). Or, l'agriculture moderne est basée sur un processus de sélection et de gain de productivité d'espèces animales et végétale commencé il y a dix mille ans (au moins).

Ainsi, bien que sous nos latitudes le changement climatique s'accompagne d'un réchauffement moyen plutôt favorable aux écosystèmes, il ne se limite pas à une hausse de la température moyenne. L'ampleur des intempéries, des périodes de gel ou de chaleur importante, la longueur des épisodes de sécheresse ou même des changements dans l'amplitude de la température entre le jour et la nuit peuvent perturber fortement le développement des espèces. Dix mille ans de progrès agricoles ont conduit à arbitrer entre capacité d'adaptation aux variations de l'environnement et rendement. En maîtrisant l'environnement des écosystèmes domestiqués on a pu en booster la productivité.

En Europe, il se pourrait bien que la chute des rendements agricoles soit massive à un horizon de quelques années

Aujourd'hui, le changement climatique modifie un environnement qui a été stable. Il oblige à une course entre ces changements et l'adaptation des écosystèmes domestiqués soit par sélection des espèces ou par plus d'intrants ou de capital en infrastructure. Mais un changement climatique en accélération peut faire basculer l'équilibre instable entre pertes et gains de rendement qui s'était instauré depuis le milieu des années 1990 en une chute rapide et brutale des rendements agricoles.

Même en Europe, il se pourrait bien que l'effet changement de climat l'emporte sur l'effet hausse des températures et que, bien plus rapidement que prévu, la chute des rendements agricoles soit massive à un horizon de quelques années. Les événements extrêmes se répétant, se modifiant dans leur ampleur ou leur nature, et se généralisant sur le globe, ce que nous avons connu en 2016 au lieu d'être un accident isolé pourrait devenir la règle sur l'ensemble de la planète.

5.11. Les effets physiologiques des fortes chaleurs

Extrait de

San Marco JL. Éditorial. Canicules : s'y préparer toujours mieux. Bull Epidemiol Hebd. 2018;(16-17):318-9. http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/16-17/2018_16-17_0.html

L'homéothermie qui caractérise l'être humain entraîne des échanges thermiques permanents avec le milieu ambiant. La chaleur s'écoule passivement du milieu le plus chaud vers le moins chaud. Dans nos régions, cet échange se fait presque toujours du corps vers le milieu extérieur, et il ne disparaît en France métropolitaine que pour une température extérieure supérieure à 35°C. Cette perte explique en grande partie le coût énergétique global de l'homéothermie : l'énorme majorité de la chaleur produite pour maintenir fixe la température centrale se disperse dans l'atmosphère.

Il existe une zone thermique, entre 17 et 20°C en France, pour laquelle les échanges sont réduits au minimum ; dès que l'on sort de cette zone, l'organisme modifie l'importance des échanges. En cas de chaleur ambiante, l'augmentation des pertes repose sur deux processus conjoints : accélération du débit circulatoire et vasodilatation périphérique, l'hypervascularisation des extrémités augmentant l'écoulement de la chaleur vers l'extérieur. Lorsque l'augmentation des pertes ne suffit plus, l'évaporation du sérum, capté par les glandes sudoripares, refroidit activement l'organisme. Défenses passives facilement mobilisables et mise en jeu de la transpiration dès que le besoin s'en fait sentir.

Ce ne sont que des températures inhabituellement élevées qui peuvent se révéler dangereuses, dans deux circonstances différentes de très inégale importance. La première est le manque de compensation hydrique immédiate chez une personne qui transpire, exposée à cette forte chaleur, qui peut déboucher sur une déshydratation. Cette complication assez rare a pratiquement disparu depuis que la connaissance de la transpiration, ses modalités et ses besoins a été généralisée dans notre population. En revanche, la transpiration s'épuise au bout de 48 heures de stimulation ininterrompue chez les personnes les plus âgées. Une femme est vieille, de ce point de vue, dès 65 ans, un homme à partir de 75 ans. Ce qui représente un énorme gisement de personnes vulnérables. Nous ignorions cela en 2003, et les 3e et 4e âges ont payé cette ignorance au prix fort. Autre ignorance aujourd'hui corrigée : cette protection physiologique, qui mérite d'être entretenue, peut être remplacée assez facilement lorsqu'elle est débordée (en raison de l'âge par exemple) par une évaporation d'eau déposée sur la peau. Certes, il n'y a pas ici de dilatation du fluide ni d'évaporation obligatoire, comme celle du sérum comprimé dans les glandes sudoripares puis dilaté à la sortie des pores. Mais on est en atmosphère chaude, propice à l'évaporation. Laquelle peut être favorisée et entretenue par un léger courant d'air, qui chasse la vapeur d'eau au fur et à mesure de son apparition et interdit sa condensation : est ainsi obtenu, simplement, un outil de rafraîchissement de secours particulièrement efficace. Cette modalité protectrice était largement inconnue en 2003.