



Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

---

# IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

## BIBLIOGRAPHIE ET ANALYSE CRITIQUE

Centre de ressources >> Urbanisme > Approche thématique > Conforts et ambiances



Anne Rialhe – AERE

Octobre 2008



AERE  
3 Impasse de la Retourde F-73100 Aix-les-Bains  
Tél/fax +33-(0)4 79 54 87 23a.rialhe@aere.fr  
SARL au capital de 7 630 € – RCS 434 702 940 Chambéry Siret 434 702 940 00033 APE 711 2B

---

CENTRE DE RESSOURCES « ENVIROBOITE »



[www.envirobat-med.net](http://www.envirobat-med.net) – [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org)

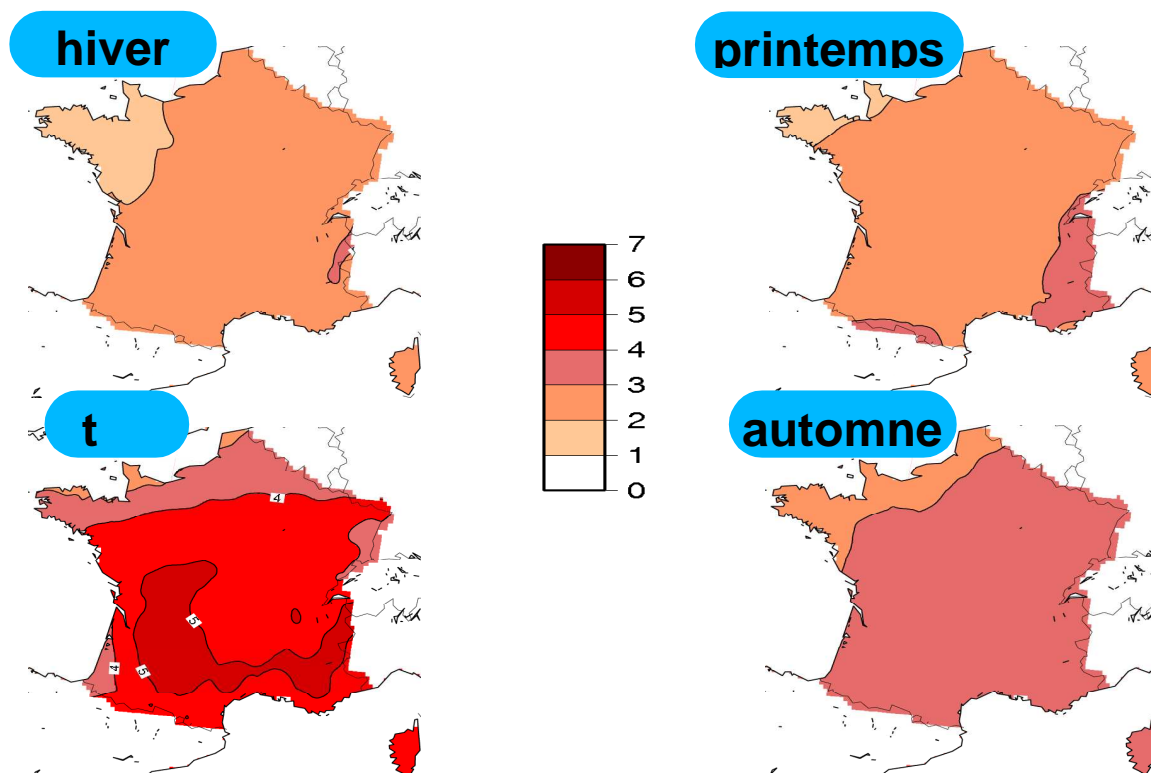
Ce document synthétise les impacts du changement climatique auxquels nous devons nous attendre d'ici à la fin du siècle, dans différents secteurs. Nous nous intéressons ici au cas particulier de la France. Un deuxième document présente les impacts pour l'Europe. Il a été réalisé à partir des documents du GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat), de Météo-France et de la MIES. Certaines phrases sont directement issues des rapports cités en bibliographie (rapport sur l'Europe), elles apparaissent ici entre guillemets. La bibliographie, les annexes et les définitions sont jointes au rapport présentant les impacts pour l'Europe. Ce document est issu d'un travail de stage, supervisé par Anne RIALHE.

## LA FRANCE

### 1. PREVISIONS CLIMATIQUES

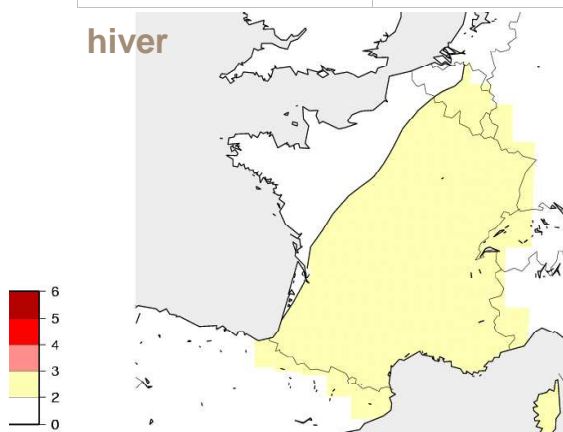
#### 1.1. Les températures

D'après le scénario d'émissions A1B du GIEC, Météo France prévoit l'évolution suivante de la température en France pour la période 2071-2100 en comparaison à 1961-1990.

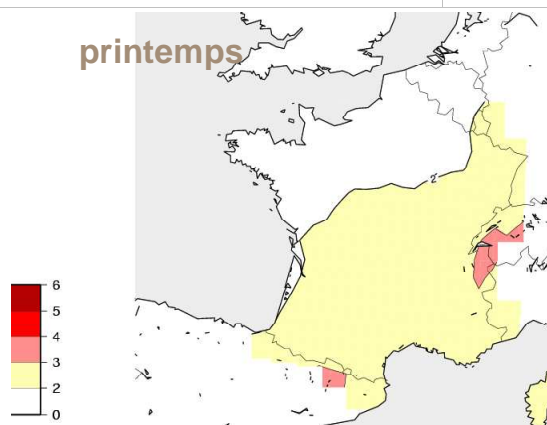


Si on considère le scénario A2 (le plus pessimiste)

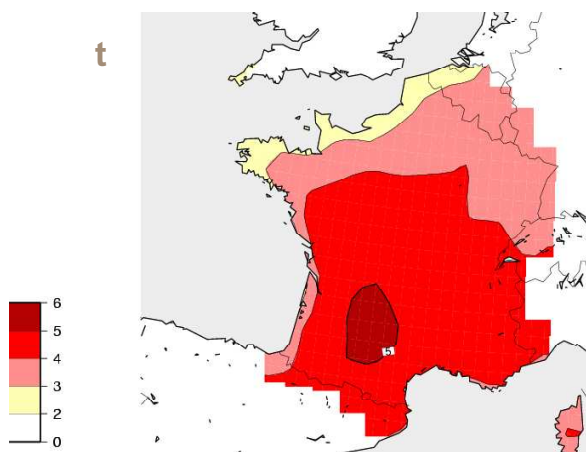
**hiver**



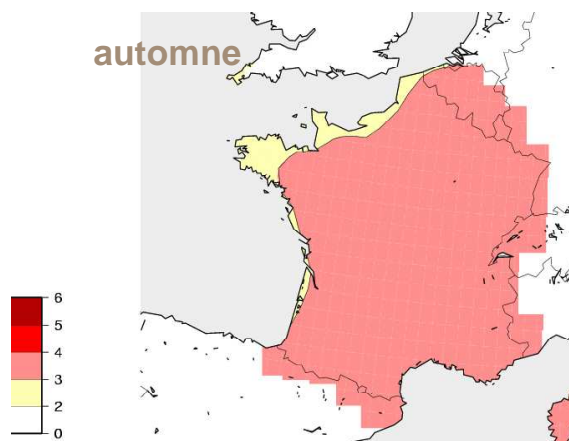
**printemps**



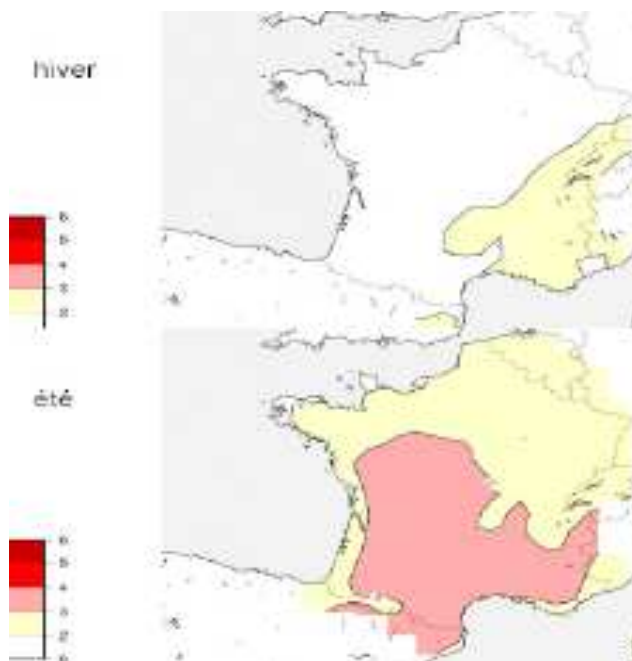
**t**



**automne**



En comparaison au scénario B2 (le plus optimiste)



Ainsi, le réchauffement sera plus important en été qu'en hiver, quelque soit le scénario.  
Les vagues de chaleur (jours où la température dépasse 35 °C) seront probablement plus fréquentes, plus s

longues et plus intenses. Si on considère le scénario A2, le nombre de jours passerait de 1 (en 1960-1990) à 14 (en 2070-2099), et de 1 à 7 avec le scénario B2.

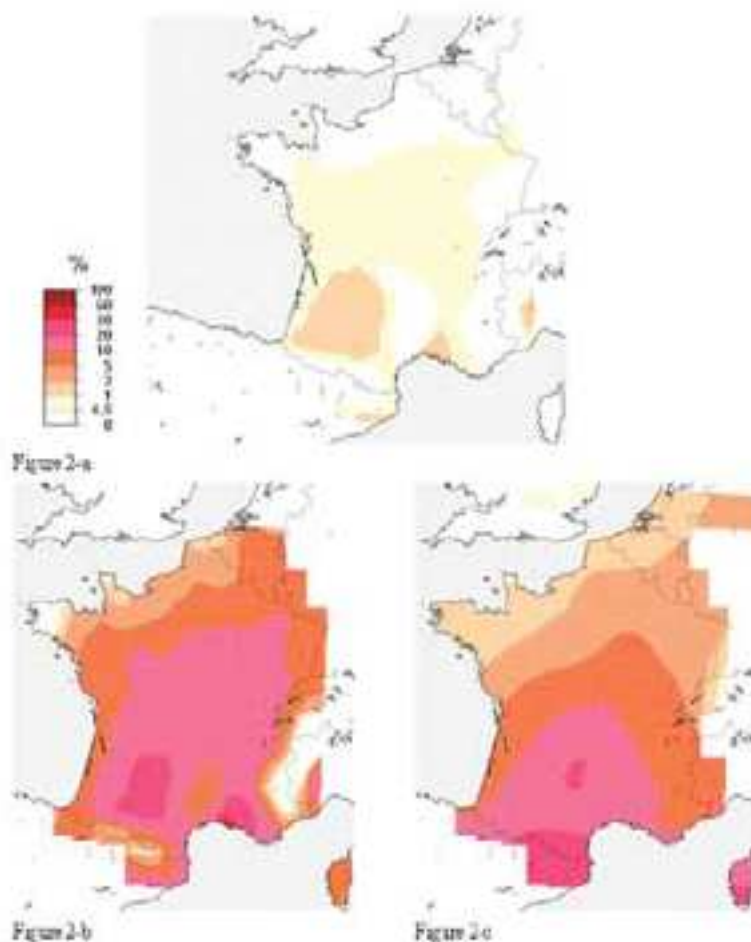


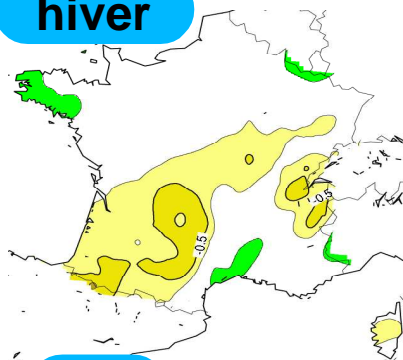
Figure 2 : Fréquence de jours très chauds en été (températures supérieures à 35°), pour la période 1960-1989 (a) et simulées pour la période 2070-2099 par les modèles climatiques régionaux de Météo-France (b) et de l'IPSL (c) suivant le scénario A2. (Source IMFREX, 2004)

Suivant le scénario A2, un été sur deux serait au moins aussi chaud que celui de 2003 (canicule). Par contre, pour le scénario B2, la température moyenne estivale de 2070-2099 resterait inférieure d'environ 1,5 °C à la température de l'été 2003.

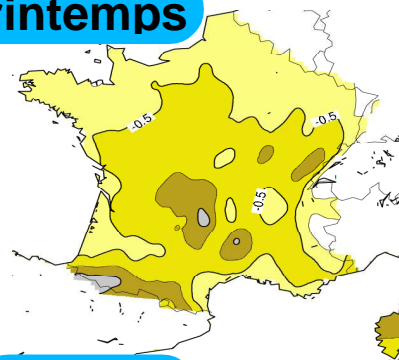
## 1.2. Les précipitations

À partir du scénario d'émissions A1B du GIEC, Météo France prévoit l'évolution suivante des précipitations en France pour la période 2071-2100 en comparaison à 1961-1990. Les évolutions sont chiffrées en mm/jour.

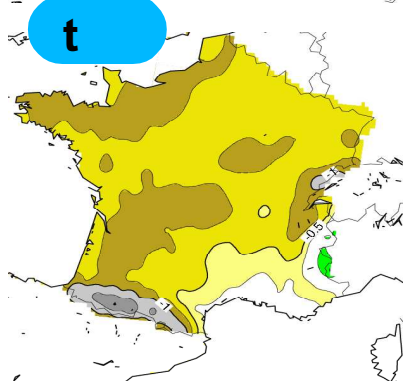
**hiver**



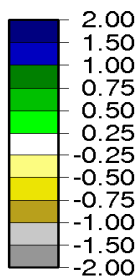
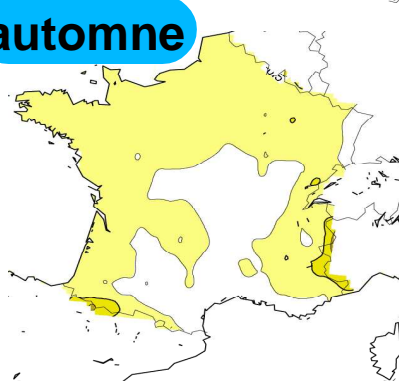
**printemps**



**t**

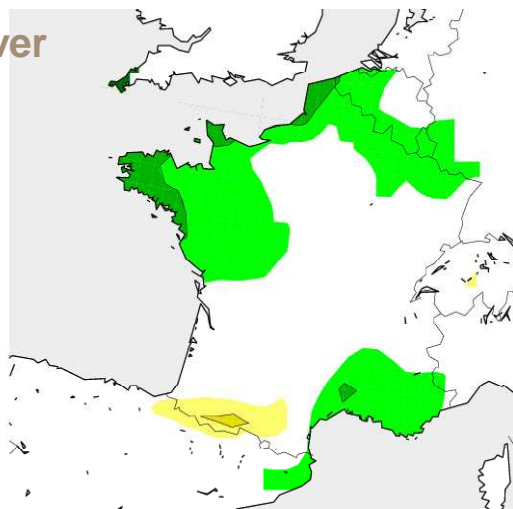


**automne**

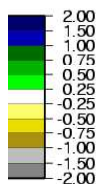
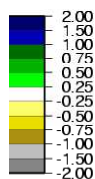
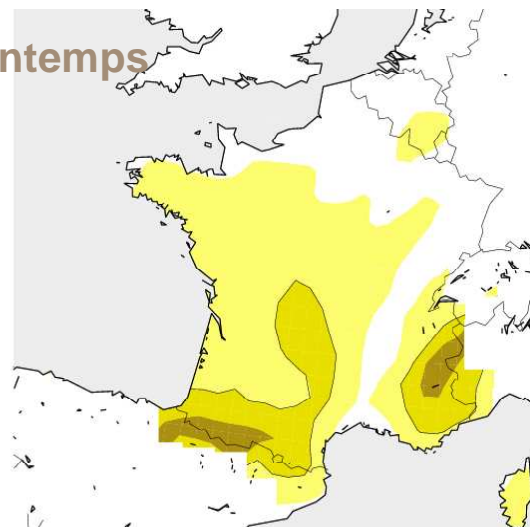


On observe de fortes diminutions en été.  
En se basant sur le scénario A2

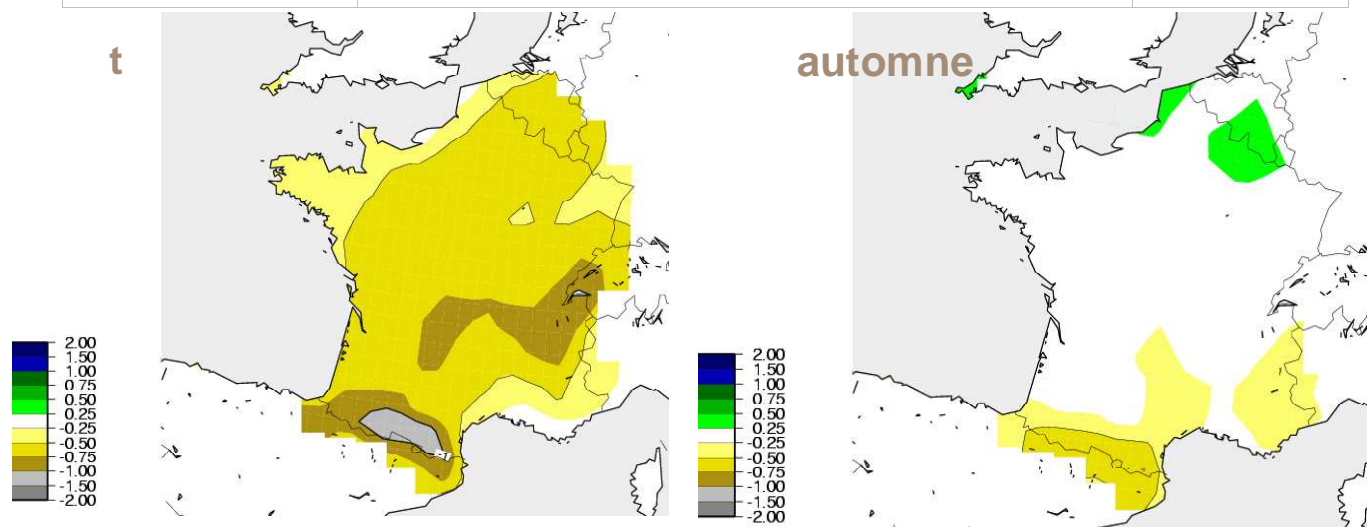
**hiver**



**printemps**





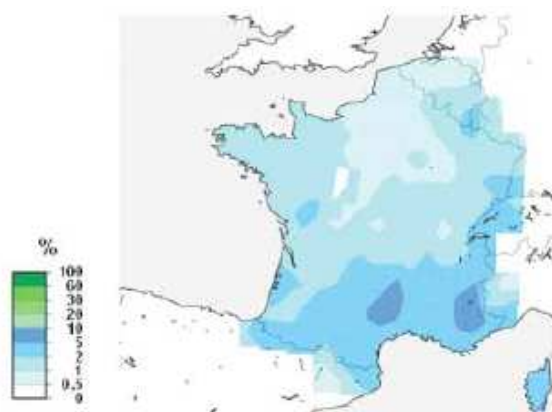


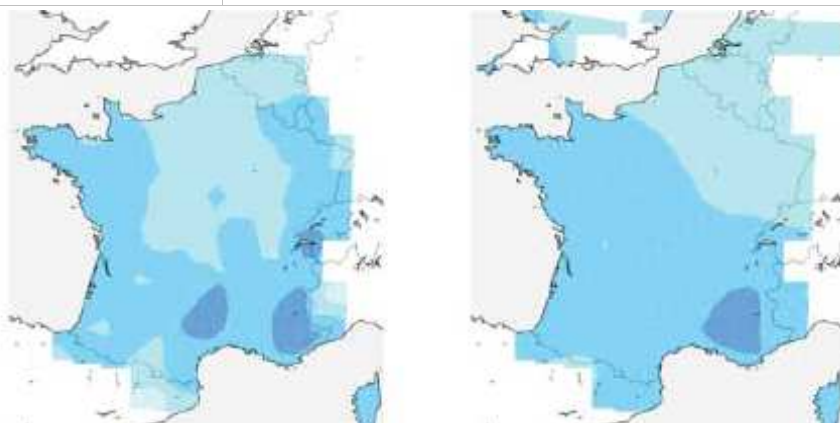
Comparaison avec les résultats obtenus avec le scénario B2

	Évolutions des précipitations		
	Année	Hiver	Été
Scénario B2	-5 % à 0	0 à 10 %	-25 % à -5 %
Scénario A2	-10 % à 0	-5 % à + 20 %	-35 % à - 20 %

En hiver, les pluies les plus intenses devraient augmenter. Le nombre de jours avec des précipitations supérieures à 10 mm pourrait augmenter pour les scénarios A2 et B2 d'environ 25 %, avec des disparités régionales. Les cartes ci-dessous mettent en évidence la fréquence du nombre de jours avec des précipitations supérieures à 20 mm.

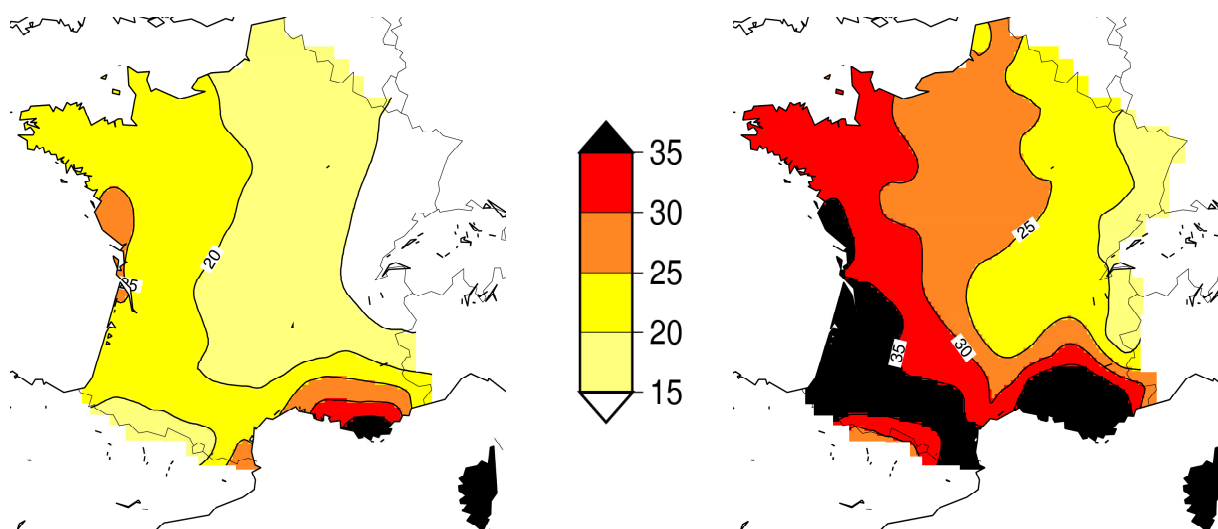
L'augmentation des pluies est davantage marquée au Nord et à l'Ouest.





**Fréquence de jours de pluies intenses en hiver (précipitations supérieures à 20 mm par jour), pour la période 1960-1989 (haut), et simulation pour la période 2070-2099 par les modèles climatiques régionaux de Météo-France (gauche) et de l'ISPL (droite) suivant le scénario A2 (Source IMFREX, 2004)**

Pour ce qui est des sécheresses, elles seront aussi en augmentation. Le nombre de jours en période estivale où les précipitations sont inférieures à 1 mm (légèrement supérieur à 20 en 1960-1989) sera augmenté de 4 jours avec le scénario B2, et de 9 jours avec le scénario A2. Ci-dessous les cartes représentant le nombre de jours maximums consécutifs sans pluies en été, avec à gauche la référence et à droite les prévisions avec le scénario A2.

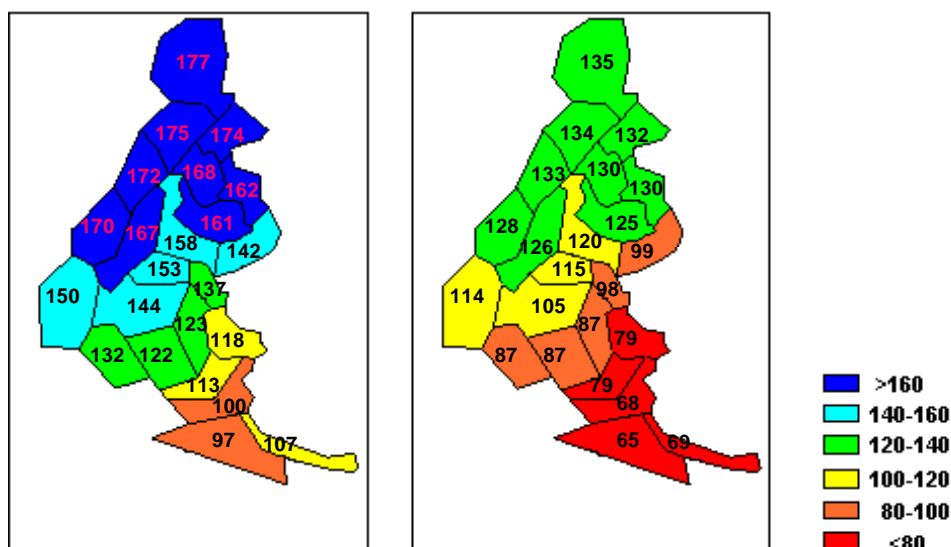


### 1.3. L'enneigement en montagne

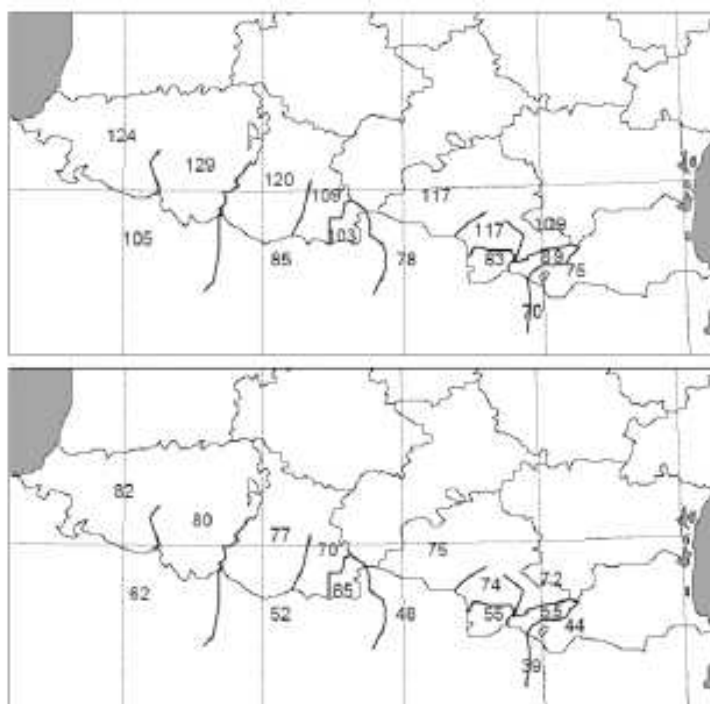
Pour ce qui est de la couverture neigeuse des massifs montagneux français, elle est directement liée aux conditions climatiques. Le réchauffement à venir tend à diminuer la durée de l'enneigement et l'épaisseur du manteau. Météo France fournit les cartes illustrant le nombre de jours d'enneigement au-dessus de 1500 m dans les Alpes avec 1,8 °C supplémentaire.

Actuel

+1.8°C



De même pour les Pyrénées



**Simulations de la durée moyenne de l'enneigement à 1500 m (en jours par an) dans les Pyrénées pour la situation actuelle (haut) et pour une augmentation de la température de 2°C (bas). Source : Météo France**

D'après ces cartes, la durée d'enneigement au-dessus de 1500 m diminuerait de 20 à 30 % dans la partie Nord des Alpes, et de 30 à 35 % dans la partie Sud. Ainsi on passerait de 5 à 4 mois d'enneigement dans les Alpes du Nord, et de 3 à 2 mois dans celles du Sud et les Pyrénées. Les effets seront moins marqués à haute altitude (au-delà de 2500 m).

Le manteau neigeux sera très sensible à l'élévation de la température et l'augmentation des précipitations hivernales ne compensera que très partiellement. « En cas de hausse des précipitations, il faut s'attendre à



voir l'enneigement augmenter légèrement en haute montagne en hiver. Par contre, aux altitudes moyennes, l'effet sera très faible car le phénomène le plus important est la variation de température ». Ainsi à 1500 m, on prévoit une diminution de 40 cm d'épaisseur de neige (1 m d'épaisseur actuellement) dans les Alpes du Nord et de 20 cm (manteau actuel de 30 à 40 cm) dans les Alpes du Sud et les Pyrénées. De même, la durée d'enneigement dépend pratiquement uniquement de la température (les neiges additionnelles fondent au printemps, à un moment où la fonte est très rapide).

« Le changement des caractéristiques de l'enneigement des montagnes françaises peut avoir des conséquences dans plusieurs domaines » :

- Conséquences sur les avalanches
- Conséquence en hydrologie, les fontes étant avancées de 10 à 15 jours aux altitudes supérieures à 2500 m
- Conséquences pour le tourisme, pour les stations ne disposant pas de domaines en haute altitude
- « Impact sur la végétation alpine, puisque la neige masque le soleil pendant une grande partie de l'hiver et constitue une protection contre le gel ».

## 2. IMPACTS PAR SECTEUR

L'essentiel des données de cette partie est en provenance de la seconde édition 2000 « *Impacts potentiel du changement climatique en France au XXI<sup>ème</sup> siècle* » élaborée sous la direction de la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre (MIES). Ces estimations ne sont pas très récentes, et il semblerait qu'elles soient sous-estimées (en comparaison avec celles fournies dans le dernier rapport du GIEC). Elles donnent donc une idée des impacts auxquels nous devons nous attendre au minimum.

Les grandes lignes figurent dans les tableaux ci-dessous, plus de détails apparaissent dans les paragraphes suivants les tableaux.

### 2.1. Les ressources en eau

	Phénomènes climatiques	Impacts
Ressources en eau	Pluies plus intenses en hiver	augmentation non proportionnellement de l'alimentation des nappes souterraines
	Hausse de la température	augmentation de l'évapotranspiration donc réduction de la période d'efficacité des pluies
	Montée de la mer	recul des limites, surélévation du niveau des nappes du littoral
		avancée des eaux marines dans le fond des estuaires avec risque pour certains aquifères
	Disparition des stocks de neige	affaiblissement des débits d'étiages estivaux
	Amplification des sécheresses estivales	augmentation des besoins en eaux d'irrigation

Le changement climatique joue un rôle significatif sur la disponibilité de la ressource en eau. Il faut toutefois rester prudent dans les projections futures, cette disponibilité étant largement dépendante de l'état du milieu récepteur pour lequel on ne peut formuler que des hypothèses.

Les nappes souterraines libres du « 1<sup>ier</sup> sous sol » (dans les plaines et plateaux comme celles de la craie du bassin parisien, de la Beauce ou de la Brie, et celles plus pauvres des massifs anciens) sont directement alimentées par les pluies infiltrées, essentiellement en hiver, et plus ou moins régulièrement suivant les années. Leur vidange estivale entretient le débit des rivières en étiage. Ainsi, un « scénario de croissance des pluies en hiver (en intensité plutôt qu'en fréquence) devrait donc augmenter un peu leur alimentation mais pas proportionnellement puisque le ruissellement risque d'être plus amplifié que l'infiltration. L'élévation

de la température, qui augmenterait l'évapotranspiration potentielle, pourrait aussi réduire la période d'efficacité des pluies. Les niveaux moyens des nappes les plus étendues, qui ont le plus d'inertie, devraient monter (mais pas au point de provoquer des débordements) et les débits moyens de leurs sources grossiraient ».

« L'irrégularité plus accentuée des apports, entre saisons et années, se répercuterait sur le régime des nappes locales à faible réserve, comme celle de massifs anciens ou à vidange rapide. Dans l'ensemble, on n'aura donc pas d'appauvrissement de la ressource mais des gains modestes et inégaux et quelques fragilisations locales ».

Pour ce qui est du cas particulier des nappes du littoral, « la montée prévisible du niveau moyen de la mer aura pour effet de reculer les limites et de surélever le niveau de base des nappes du littoral reliées à la mer ». « Des avancées d'eaux marines dans le fond des estuaires risqueraient aussi d'influencer certaines aquifères, par exemple entre la Gironde et les nappes du Bordelais. Ces impacts pourraient toutefois être neutralisés par des opérations appropriées ».

Les modélisations récentes sur les trois grands bassins français (Rhône, Seine et Adour-Garonne) indiquent une tendance à un affaiblissement des débits d'étiages estivaux à l'horizon 2100 sous les hypothèses du GIEC. Les bassins dont le régime actuel est dominé par la fonte des neiges (régime nival) verraient leurs écoulements hivernaux augmenter sensiblement, tandis que leurs débits estivaux diminueraient par l'assèchement plus marqué des sols et la disparition des stocks neigeux. Pour la Drôme, l'Azergues, le Roubion et l'Eyrieux, un des scénarios les plus « chauds » prévoit que le débit mensuel minimal atteint sur l'année serait en moyenne inférieur à 25 % de sa valeur actuelle.

A l'échelle locale et sur des durées courtes (de la journée au mois), les augmentations, même modestes, attendues sur la fréquence et l'intensité de certains événements climatiques (précipitations, températures) peuvent voir leurs impacts sur la ressource en eau significativement amplifiés lorsqu'elles sont combinées à des situations locales particulières : crue rapide, inondation, sécheresse, pollution, etc.

Le réchauffement attendu et l'amplification probable des sécheresses estivales devraient augmenter les besoins en eaux d'irrigation.

## 2.2. Les sols

	Phénomènes climatiques	Impacts
<b>Sols</b>	Augmentation concentration en CO <sub>2</sub>	augmentation de la production végétale, et des retours de C au sol
	Hausse de la température	augmentation de la biodégradation des matières organiques du sol
		cycle des écosystèmes accéléré
		écosystèmes plus sensibles au stress hydrique
	Modifications des précipitations	sécheresses estivales, excès d'eau accrus en hiver
	Périodes sèches plus longues	inactivité des micro-organismes, modifications micro-biologiques et biochimiques
	Feux (Méditerranée)	périodes de feux plus longues, donc végétation ligneuse s'étend plus au Nord
	Orages plus fréquents	Méditerranée
	Augmentation pluviométrie	augmentation érosion et ruissellement
	Submersion	augmentation superficie des sols soumis à influence saline

Le changement climatique ainsi que la modification de la composition de l'atmosphère vont entraîner des perturbations au niveau du sol : principalement de la réserve organique (C, N), des éléments nutritifs et de

l'acidité, des conditions d'oxydoréduction et des caractéristiques hydriques et physiques. Sans oublier le cycle du carbone qui est directement lié à l'effet de serre et au changement climatique.

Pour ce qui est des éléments nutritifs et du cycle du carbone, l'augmentation des gaz à effet de serre aura 3 effets principaux :

- « L'effet de la fertilisation carbonée par le CO<sub>2</sub> augmentera la production végétale et les retours de carbone au sol (comme c'est le cas dans certaines serres forcées),
- L'élévation de la température et de ses amplitudes de variation est susceptible d'augmenter les vitesses de l'activité microbienne, en particulier la biodégradation des matières organiques du sol,
- Les modifications climatiques seront accompagnées de changements des régimes de précipitations et d'humidité des sols, affectant autant le végétal que les micro-organismes ».

Avec le changement climatique, on devrait assister à une augmentation de la production végétale, mais variant suivant les espèces, les précipitations et la disponibilité des éléments nutritifs. D'une manière générale, on pense également que l'activité de biodégradation pourrait être accélérée, de même pour la vitesse des cycles des écosystèmes. Ces derniers seraient plus sensibles au stress.

Les modifications de précipitation se traduiraient par un plus fort contraste saisonnier avec un assèchement estival et des excès d'eau hivernale accrus.

Le milieu méditerranéen sera caractérisé par la sécheresse et le feu. En effet, on prévoit une augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes tels que des périodes sèches plus longues et des orages en été plus fréquents et irréguliers. Tout cela ayant un effet direct sur les sols. Par exemple, les sécheresses entraînent une inactivité des micro-organismes mais aussi une modification micro biologique (avec en particulier une mort de l'ordre de 30 % de la biomasse avec une production importante de CO<sub>2</sub> et de N minéral) et biochimique (structure des composés humifiés). Au niveau des feux, on prévoit une extension avec une fréquence plus élevée due au prolongement des périodes sèches et à l'accumulation dans les écosystèmes méditerranéens naturels d'une hausse de la biomasse végétale morte sur pied (en réponse à l'augmentation du CO<sub>2</sub>). Normalement, les feux ne devraient pas avoir d'impacts majeurs sur la végétation ligneuse basse déjà habituée. En revanche, la végétation ligneuse haute devrait s'étendre plus au Nord.

« Dans les vallées et sur beaucoup de sols argileux, les matériaux sont faiblement consolidés ». Lors de prélèvements supplémentaires de l'eau avec des effets répétitifs, une consolidation des sols peut se produire. De plus, « l'irrigation autour des habitations tend à provoquer des tassements ou gonflements différentiels mettant en danger la structure des constructions ». « Ces effets risquent d'être amplifiés avec le changement climatique ».

L'érosion des sols pourrait également subir les effets du changement climatique. En France, on estime que 5 millions d'hectares sont sensibles à l'érosion : 2,5 du fait de leur pente et 2,5 sur des sols sensibles au phénomène de « battance » (destruction de la structure en surface sous l'influence de la pluie). Les sols les plus sensibles à la battance se trouvent au Nord et au Sud-Ouest. Pour ces zones, « toute augmentation de la pluviométrie durant les périodes de l'année où les sols sont nus (hiver et printemps) devrait entraîner davantage d'érosion et de ruissellement ». De plus, une fréquence accrue des événements pluvieux intenses (orages) au cours de l'année peut amplifier les phénomènes d'érosion et de ruissellement, générateurs de crues de type « Cévenol », en particulier en été (surtout pour les sols en pente présents dans la partie Sud).

Avec le « phénomène de submersion, on peut prévoir une augmentation de la superficie des sols soumis à une influence saline ».

### 2.3. L'agriculture

	Phénomènes climatiques	impacts
Agriculture	Hausse de la température	évolutions plus rapides
		diminution durée du cycle de la vigne, donc diminution des quantités récoltées
		meilleure production précoce des prairies au printemps, mais effets néfastes en été
	Hausse température hiver	détérioration de la floraison des arbres fruitiers
	Augmentation précipitations	augmentation des rendements potentiels, qui peut conduire à une répartition inégale des revenus
		mauvaises herbes davantage compétitives
		favorable au développement des maladies cryptogamiques
		pressions plus grandes des insectes
	Montée de la mer	grosses difficultés pour les cultures irriguées
		problèmes de salinisation pour agriculture du littoral

« Une augmentation de la température se traduira par une vitesse de développement et des évolutions plus rapides que dans les conditions actuelles. Dans le cas de cultures annuelles à cycle déterminé, la durée séparant le semis de la récolte se trouvera donc diminuée », ce qui entraînera une période de croissance plus courte. « En revanche les cultures à cycle non déterminé pourraient potentiellement mettre en place plus d'organes récoltables, pour une durée de cycle comparable aux durées actuelles ». Cependant, deux facteurs s'opposeraient aux effets bénéfiques de l'élévation des températures : d'une part une plus grande vitesse de vieillissement et d'autre part des températures élevées en début du cycle qui nuiraient à la qualité de la tubérisation (pour le cas de la pomme de terre). Par ailleurs, l'augmentation des températures en hiver pourrait détériorer la floraison des arbres fruitiers et donc l'homogénéité de la qualité des fruits récoltés.

En hiver, les rendements potentiels devraient croître (en supposant que l'alimentation en eau et en engrais ne soit pas limitante). « Au printemps, les cultures à cycle déterminé verraient l'effet négatif du raccourcissement de leur cycle compensé par l'augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> (fertilisation carbonée) qui stimulerait la photosynthèse ». Pour ce qui est des cultures à cycle indéterminé, elles verraient leur rendement global augmenter sensiblement. En revanche, les études mettent en évidence que « la diminution de la durée du cycle de la vigne (plante pérenne) se traduira par une diminution des quantités récoltées, la qualité étant peu modifiée ». « Pour ce qui est des prairies, les températures printanières plus élevées joueraient en faveur d'une meilleure production précoce ». Au contraire, en été les effets pourraient être néfastes pour cause de manque d'eau. Si hausse des rendements il y a, elle s'accompagnera d'une répartition plus inégale des revenus agricoles.

Les mauvaises herbes subiront également l'accélération de leur cycle et bénéficieront de la fertilisation carbonée. Elles seront davantage compétitives. Si les précipitations augmentent (et par conséquent l'humidité), les maladies cryptogamiques bénéficieront de conditions plus favorables à leur développement. On peut également s'attendre à des pressions plus grandes venant des insectes, ravageurs pour les cultures et vecteurs de maladies.

En ce qui concerne les sols, ils devraient voir leur fertilité azotée décroître et inversement pour leur risques d'érosion due aux plus fortes précipitations attendues. Ces dernières « favoriseraient une plus importante lixiviation des éléments minéraux dans les régions d'agriculture intensive si elle n'est pas compensée par une plus grande activité racinaire ». On prévoit que les jours disponibles pour les travaux agricoles seront plus nombreux en automne et inversement au printemps.

Les cultures irriguées passeront sans doute, au moins pour le court terme (50 à 100 ans), à un véritable scénario catastrophe.

L'augmentation de la fréquence des températures élevées sera néfaste pour les productions, et d'une

manière générale, l'agriculture pourrait souffrir d'une augmentation de la fréquence des événements climatiques.

Pour l'Union européenne on prévoit une augmentation de 9 à 11 millions de tonnes pour le blé de 2013 à 2036 et de 25 millions pour 2042 à 2100. Ainsi, si les prévisions s'avèrent justes, plus de quantités seront à écouler sur les marchés mondiaux. Cette augmentation accrue des productions pourrait se traduire par une déstabilisation sévère des systèmes de production déjà fragiles actuellement.

### *Les côtes françaises et la montée du niveau des mers*

	Phénomènes climatiques	impacts
Côtes françaises	Montée de la mer	inondations permanentes par l'eau salée
		situation la plus critique (submersion) pour les plaines deltaïques
		endommagement des marais salants
		extension et approfondissement des lagunes
		érosion des falaises et des plages
		salinisation des estuaires
		diminution des volumes d'eaux douces souterraines
		submersions temporaires

La montée du niveau des mers en 2100 sera plus ou moins importante suivant les scénarios envisagés (jusqu'à 6 m selon Météo France). Dans tous les cas, ce phénomène se ressentira sur le littoral français.

La montée du niveau des mers menace les espaces côtiers, aujourd'hui à peine ou complètement émergés, d'inondation permanente par l'eau salée. Les submersions les plus à craindre sont sur les plaines deltaïques, comme en Camargue. Cette dernière est d'autant plus vulnérable qu'elle a tendance à s'affaïsser sous le poids d'épaisses accumulations de sédiments qui ne sont plus compensés aujourd'hui par des apports alluviaux. En effet, la charge solide apportée par le Rhône dans son delta est considérablement réduite par les travaux d'aménagements (barrages...). « À cela s'ajoute l'endiguement du fleuve pour l'empêcher de déborder lors de ses crues, ce qui interdit le dépôt de sédiments dans les plaines deltaïques ». Ainsi, « on doit s'attendre à une extension des plans d'eau salée au Sud de l'étang de Vaccarès ainsi qu'en arrière des pointes de l'Espiguette et de Beauduc. » Dans ce cas, les marais salants de Salin-de-Giraud et d'Aigues-Mortes risquent d'être endommagés.

Une autre conséquence possible de l'élévation du niveau des mers serait l'extension et l'approfondissement des lagunes déjà existantes. Toutefois, cela pourra être contrecarré dans le cas d'une sédimentation active. Sur les côtes du Languedoc, on peut s'attendre à l'ouverture de nouveaux graus (un grau s'ouvre au point le plus faible du cordon littoral, à l'occasion d'une crue ou d'une tempête), donc à une salinité accrue entraînant des modifications dans la composition de la flore et de la faune. « De plus, les activités agricoles voisines des lagunes devraient souffrir de la salinisation du milieu qui en revanche favorisera le développement de l'aquaculture ».

Les marais maritimes paraissent également menacés d'inondation permanente. En France, ils sont assez présents sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique. Pour l'avenir de ces territoires, on peut distinguer trois cas de figure :

- si l'élévation du niveau des mers n'est pas compensée par une sédimentation minérale et organique, les marais sont condamnés à disparaître par submersion.
- si une compensation se fait, les marais se maintiennent tout en étant contraints de migrer du côté de la terre.
- si une forte sédimentation verticale et latérale a lieu, l'élévation du niveau des mers n'aura pas d'effet et les marais pourront continuer de s'étendre aux dépens de la mer.

Les observations effectuées sur « les marais charentais, les marais poitevins, la baie de Somme et la baie du Mont Saint-Michel conduisent à penser que c'est le 3<sup>ème</sup> scénario qui prévaut actuellement sur les côtes



françaises alors que le niveau des mers est déjà en cours d'élévation ». Il faut signaler que les marais métropolitains paraissent davantage menacés par une dénaturation venant des extensions urbaines ou industrielles-portuaires que par l'élévation du niveau des mers.

Les mangroves sont présentes en Guyane (55 000 ha), en Nouvelle-Calédonie (20 000 ha), en Guadeloupe (9 000 ha), en Martinique (700 ha), et légèrement à la Réunion. Avec l'élévation future attendue du niveau des mers, trois scénarios d'évolution sont possibles pour les mangroves :

- Submersion et donc disparition des forêts
- Migration latérale vers les terres
- Maintien voire extension aux dépens de la mer

C'est ce dernier cas qui paraît être le plus probable : la Guyane risque de s'envaser, dans les autres DOM-TOM concernés, l'érosion favoriserait aussi l'envasement. « En revanche, les bords du lagon de l'atoll d'Europa, petite île dans le canal du Mozambique, devraient pâtir d'une élévation du niveau de la mer car le stock de vase disponible est limité ». Aux Antilles, les menaces pour les mangroves ne viennent pas de l'élévation du niveau de la mer mais de la déforestation.

Les récifs coralliens sont également en danger du fait du réchauffement climatique. En effet, la hausse de la température de l'eau provoque un blanchissement des coraux. D'autres parts, les cyclones sont une autre menace pour les récifs coralliens : les atolls sont habitables puisque la couronne corallienne porte des accumulations sableuses basses appelées motis (en Polynésie). Lors du passage d'un cyclone, de très hautes vagues se forment ce qui amoindrit le motis, voire le balaye. « La répétition des tempêtes ne donnera pas au motis le temps de se reconstituer, ce qui aura pour conséquence de compromettre l'habitabilité des atolls ». À Tahiti, les récifs sont menacés par les actions anthropiques.

Pour ce qui est de l'érosion des falaises, les plus sensibles sont celles de craies du pays de Caux, dont on estime que si la mer monte de 1mm/an, le retrait serait de 0,4 m/an. Quant aux plages, c'est avant tout un déficit sédimentaire qui explique leur érosion (barrages, extractions massives de granulats sur les lits des cours d'eau et des rivages). L'élévation du niveau des mers est alors un facteur aggravant et non déclenchant à ce phénomène. Dans le futur, on doit s'attendre à une accélération de l'érosion des plages partout où elle se manifeste déjà. Ainsi, « la longue côte sableuse d'Aquitaine qui recule à peu près partout en moyenne de 1,5 m/an est particulièrement vulnérable ». Le meilleur moyen de contrecarrer cette évolution serait d'alimenter la plage artificiellement et périodiquement en sable ou en galets. Par contre, il faut éviter « l'enrochement qui présente l'inconvénient de renforcer l'érosion en augmentant la réflexion des vagues, donc contribue à la disparition de la plage et dénature l'environnement ».

La salinisation serait une autre conséquence directe de la montée des eaux. Elle est susceptible d'affecter les estuaires, milieux de forte productivité biologique et constituant aujourd'hui des foyers économiques importants (urbanisation et industrialisation stimulées par la fonction portuaire). D'après les modélisations effectuées sur la Loire, « pour une marée de vive eau et un débit d'étiage du fleuve de 150 m<sup>3</sup>/s, une élévation du niveau de la mer de 0,6 m entraînerait une migration vers l'amont du front de salinité de 1000 m ». Cela est faible en comparaison à la « dizaine de kilomètres de déplacement produit au cours des 20 dernières années, en conséquence des travaux d'amélioration de la navigation dans l'estuaire et qui a obligé la ville de Nantes à déplacer vers l'amont l'extraction de l'eau douce dont elle a besoin ». Ces mêmes simulations montrent qu'avec les mêmes hypothèses pourrait se produire un déplacement moyen de 2 km du bouchon vaseux vers l'amont, d'où une aggravation des problèmes d'envasement et de pollution dans le port de Nantes (le bouchon est le siège d'une forte sédimentation et il contient les éléments polluants rejetés dans l'estuaire).

Le volume des eaux douces souterraines pourrait diminuer en conséquence de la montée des eaux. Le phénomène risquant de se produire est le suivant : « deux masses d'eau souterraine entrent en contact dans l'espace littoral où l'eau douce de l'aquifère continentale s'écoule sur l'eau salée immobile. Si le niveau de la mer s'élève, l'interface abrupte qui les sépare va se déplacer latéralement vers la terre et le niveau piézométrique sera rehaussé. Dans ce cas, la surface d'alimentation de la nappe phréatique d'eau douce par infiltration des pluies sera d'autant plus réduite que la pente de la topographie côtière est faible. Sur les côtes alluviales basses, comme celles de la Camargue, l'inondation permanente par la mer de dépressions jusqu'alors seulement occupées par des eaux de pluie ou de ruissellement va aussi avoir pour conséquence

un morcellement des aquifères d'eau douce, donc une diminution du volume de la ressource qu'ils représentent ». Cela s'ajoutera aux dommages que causent déjà les prélèvements abusifs. En effet, ces derniers abaissent le niveau piézométrique, conduisant à l'ascension de l'eau salée sous les puits, voire à une intrusion latérale massive d'eau salée ce qui entraîne inéluctablement une salinisation des sols. La situation pourrait devenir problématique pour les petites îles sableuses basses des atolls de la Polynésie, les *motu*. Elles sont « menacées d'amoindrissement par l'élévation du niveau de la mer et par une érosion due à une cyclogenèse plus active. Ainsi, il faut s'attendre à une réduction du volume des lentilles d'eau douce et donc à des problèmes d'approvisionnement ».

Les submersions temporaires d'espaces côtiers bas, à la suite de rupture de bourrelets dunaires ou de digues, risquent d'être plus fréquentes. Les cyclones devraient être plus violents et nombreux (dans les régions tropicales). Au niveau des latitudes tempérées, les modélisations font apparaître des surcotes plus fréquentes liées aux ondes de tempêtes. Dans l'estuaire de la Loire, il a été calculé qu'une « surcote de 1,4 m, considérée actuellement comme de récurrence centennale, deviendrait décennale avec une élévation du niveau de la mer de 0,3 m. Dans les mêmes conditions, au niveau de la côte occidentale du Cotentin, les surcotes dues aujourd'hui à des tempêtes de fréquence millénaire et centennale, auraient une période de retour respectivement de 100 ans et de 10 ans. Pour une élévation de la mer de 0,5 m, la probabilité d'occurrence de tempête exceptionnelle qui ravagea les rivages de la mer du Nord les 31 janvier et 1er février 1953, engendrant une surcote de 3 m sur le littoral des Pays-Bas, passerait d'une fois en 500 ans à une fois en 80 ans ».

Avec le réchauffement climatique et la montée du niveau des mers, les espaces les plus menacés sont ceux de la côte méditerranéenne, et plus précisément les espaces deltaïques de la Camargue et le rivage à lagunes du Languedoc.

#### 2.4. La sylviculture

	Phénomènes climatiques	Impacts
Sylviculture	Hausse de la température	augmentation de la production (2030-2050), surtout au Nord
		augmentation du risque de gelées tardives printanières pour les résineux, mais diminution pour les feuillus
		retardement des gelées d'automne, pourrait permettre l'extension de certaines espèces résineuses et feuillues
		rend plus précoce la sénescence des feuilles pour espèces à feuilles caduques
		pourrait rendre certaines espèces plus sensibles aux froids hivernaux
	Modifications des températures et des ressources en eau	extension et rétraction d'espèces
	Forts vents, tempêtes	facteur limitant pour la remontée des essences forestières en altitude
		incendies de forêts
	Augmentation de la concentration atmosphérique en CO <sub>2</sub>	modification des relations arbres/insectes et arbres/champignons ravageurs
		modification des processus de floraison, de fructification et de régénération des peuplements

D'une façon générale, l'INRA prévoit une légère augmentation de la production forestière dans un premier temps (2030-2050), suivie par un plateau ou un déclin dans les années 2070-2100. Il apparaît que l'augmentation de la production sera plus importante pour les régions du Nord que celles du Sud de la France. Les productivités brute et nette seront plus affectées par le contenu en eau du sol et par le déficit

hydrique de l'air dans l'Ouest de la France en raison, dans ces régions, de l'évolution plus marquée du contraste été/hiver du régime pluviométrique.

On sait que dans le cas de débourrement (moment de l'année où les bourgeons des arbres se développent) trop précoce, des dégâts de gelées se produisent, ce qui peut alors compromettre le développement et la croissance de certaines espèces. On pense que pour celles dont le débourrement est essentiellement conditionné par le relèvement thermique printanier comme les résineux, 2°C supplémentaires augmenteraient ce risque de gelées. Par contre pour les feuillus comme le hêtre, le risque de gelée tardive pourrait diminuer, dû à une intervention de phénomènes physiologiques liés au photopériodisme (rapport entre la durée du jour et de la nuit).

« En automne, le réchauffement pourrait avoir des aspects positifs en retardant l'apparition des premières gelées qui constituent un facteur limitant dans certaines régions pour certaines espèces résineuses et feuillues (cèdre, douglas, épicéa de Sitka, peupliers) à période de croissance longue et tardive. Ce phénomène d'accroissement de la durée de croissance concernerait le Nord-Est et les zones de montagnes ». Dans certaines situations septentrionale ou montagnarde où le potentiel de croissance des arbres est limité, le réchauffement pourrait alors être un facteur d'amélioration. « Pour certaines espèces à feuilles caduques (mélèze d'Europe, chêne pédonculé), il semble qu'au contraire il ait pour effet de rendre plus précoce la sénescence des feuilles. Paradoxalement, l'augmentation des températures en automne et en hiver pourrait rendre certaines espèces plus sensibles aux froids hivernaux ». « Pour les résineux, la photosynthèse est possible en hiver tant que la température est supérieure à 0°C ». Un réchauffement devrait augmenter la photosynthèse (l'accroissement du taux de CO<sub>2</sub> en lui-même agit sur la photosynthèse ; un doublement de cette concentration peut augmenter de 20 à 30 % la production de photosynthèse des forêts) pendant la période hivernale notamment dans l'Est et en montagne et ainsi améliorer la croissance.

En France, la distribution des arbres est globalement limitée par les températures pour les espèces méditerranéennes et par l'alimentation en eau pour les espèces septentrionales. Ainsi, à long terme il est possible qu'on assiste selon les cas à des extensions ou contractions des aires des espèces. D'après des simulations et les connaissances écophysiologiques, nous devons nous attendre d'ici 2060 à :

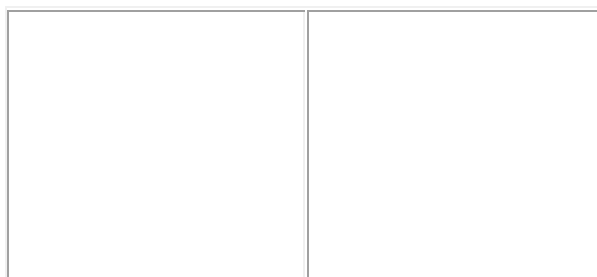
- « Une possible extension vers la moitié Nord de certaines espèces tel que le pin maritime, le pin d'Alep, le chêne pubescent, le chêne vert actuellement limités au Sud par les minima thermiques hivernaux, mais capables de supporter un déficit hydrique important. Inversement, ces espèces pourraient rencontrer des difficultés dans leurs zones actuelles dues à une augmentation des déficits hydriques. Le pin maritime en Aquitaine pourrait être affecté par une hausse de la sécheresse dans les sites à nappes perchées ou phréatiques déjà actuellement profondes. Le chêne pubescent et le chêne vert dans les régions du midi méditerranéen, malgré leur grande résistance à la sécheresse, pourraient être touchés à basse altitude, et disparaître dans certaines zones sur les sols particulièrement squelettiques ».
- Une augmentation des contraintes hydriques qui contraindrait le niveau de production et même l'existence de grandes essences sociales tant feuillus (chêne, hêtre) que résineuses (épicéa, sapin pectiné, douglas) qui constituent la base des forêts de la moitié Nord. « En particulier, le hêtre pourrait être concerné sur les sols superficiels à faibles réserves hydriques, par des dépérissements importants. Pour le chêne sessile, les premiers résultats font apparaître une réduction sensible de la transpiration avec l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub>. Dans ce contexte, des espèces comme les cèdres, les sapins méditerranéens, les pins sylvestres et les pins noirs pourraient être des solutions de remplacement, ou moins pour ce qui concerne les reboisements ».
- « L'accroissement du risque des gelées tardives pourrait être un facteur limitant pour certaines espèces résineuses et feuillues ».

Si on considère que les vitesses des vents et les fréquences des tempêtes vont augmenter, cela devrait « compromettre la production forestière dans certaines zones à sols superficiels ou mécaniquement peu résistants et dans les massifs montagneux où on sait déjà que la vitesse des vents constitue un facteur limitant au dessus d'une certaine altitude qui dépend de la hauteur moyenne du massif . Le vent constituera donc un facteur limitant de la remontée des essences forestières en altitude ».

D'autre part, l'extension des incendies de forêts couplée à l'érosion importante pourrait devenir déterminante pour l'avenir des forêts. Ces phénomènes qui sont pour le moment cantonnés en zones sèches du midi

méditerranéen sont susceptibles de s'étendre à des zones plus septentrionales.

L'augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> pourrait avoir des effets variés comme la modification des relations arbres/insectes et arbres/champignons ravageurs, la modification des processus de floraison, de fructification et de régénération des peuplements, mais des recherches sont encore nécessaires sur ce sujet. Cependant, on pense qu'une plus grande fréquence des événements climatiques extrêmes induit un stress supplémentaire rendant les arbres forestiers plus sensibles. Ainsi, l'INRA (étude publiée en 2007) a établi une carte de risque d'extension de l'encre (maladie causée par un microorganisme attaquant les racines de différentes espèces forestières dont le chêne et le châtaignier) à partir du scénario modéré B2 de météo France (+ 2.5°C en 2100). Ainsi, l'encre dont le développement est limité par le froid hivernal, serait susceptible de sévir plus fortement dans 3 zones (risque élevé) caractérisées par des hivers doux : le pourtour méditerranéen, le Sud-Ouest, la zone Bretagne – Cotentin.



*Cartes des risques : situation 1968-1998 et prédiction 2068-2098  
Dans les zones identifiées à fort risque (zones foncées),  
la maladie de l'encre du chêne pourrait trouver les conditions de température hivernale  
favorables à son développement*

Toujours d'après les chercheurs de l'INRA, le changement climatique favoriserait l'extension vers le Nord de la France de la chenille processionnaire du pin. Ils prévoient que Paris serait touché en 2025 sous le scénario d'émissions B2 et avec 3°C supplémentaire.

D'un point de vue économique, on peut penser que si l'augmentation de la production est confirmée, la récolte annuelle de bois pourra être plus importante. Dans certaines régions, des perturbations du marché des bois liées à des récoltes anticipées en relation avec des phénomènes de dépérissement pourront avoir lieu (comme constaté après la tempête de 1999). On peut aussi penser, « dans le cadre de nouveaux reboisements qu'une forte activité de type pépinière se développe pour la production et la plantation massive de plants d'espèces plus adaptés aux nouvelles conditions climatiques ».

## 2.5. Ecosystèmes méditerranéens

	Phénomènes climatiques	impacts
<b>Ecosystèmes méditerranéens</b>	Hausse de 3 °C	limite pluviométrique plus haute pour zones arbustives sclérophylles (de 385 à 435 mm voire 445 à 495 mm contre 350 à 400 mm actuellement), donc contraction de ces zones de végétation
	Allongement de la période de stress hydrique	écosystèmes plus sensibles aux perturbations (ex : incendies)
	Erosion	accroît ruissellement, appauvrit sol, augmente aridité
	Allongement de la période de sécheresse	incendies, pertes de croissance, attaque d'insectes ravageurs
	Vents violents	Chablis

Les zones méditerranéennes françaises sont évaluées à 18% du territoire national soit 87 000 km<sup>2</sup>. Elles se situent à des altitudes comprises entre 0 et 1500 m (Mont Aigoual 1567 m au Sud des Cévennes). Dans

cette partie sont exclues les zones de moyenne montagne, les zones littorales et les régions de montagne.

« La forêt méditerranéenne représente 2 millions d'hectares soit 1/7 de la forêt française. Elle est principalement constituée de chênes sempervirents : verts, liège ou de chênes décidus, blancs et de pins d'Alep ».

Pour une augmentation de la température de 3°C appliquée sur la totalité du bassin méditerranéen, la limite pluviométrique (quantité d'eau nécessaire à la survie de la végétation) des zones arbustives sclérophylles (plante ligneuse adaptée à des conditions de sécheresse) pourrait se situer de 385 à 435 mm voire 445 à 495 mm (contre 350 à 400 actuellement). « Ceci provoquerait à long terme une contraction de ces zones de végétation à cause d'une aridité croissante ». De même, on estime que la végétation se déplace de 100 m d'altitude pour une augmentation de 0,55°C (soit 36 4 m pour 2°C de plus) .

Les modifications du régime pluviométrique devraient être les suivantes : augmentation de 100% des occurrences de fortes pluies, les pluies de type convectif restent inchangées (caractérisées par 12 mm/h), la fréquence des pluies de grandes échelle est diminuée. Ces perturbations augmenteront le nombre de jours moyens annuels durant lesquels les plantes sont susceptibles d'être sous stress hydrique. Les écosystèmes peuvent alors réagir différemment à allongement de la période de stress hydrique, ainsi il a été observé que les pins réduisent très tôt leur besoin en eau en bloquant leurs activités physiologiques alors que les chênes verts et blanc semblent maintenir des activités physiologiques jusqu'à des niveaux de sécheresse extrêmes. Cependant, «cette période de stress plus longue peut rendre les écosystèmes plus sensibles à des perturbations comme les incendies ».

« L'érosion des sols résultant d'un feu ou d'une mauvaise gestion des terres peut accroître le ruissellement des eaux de pluies, l'appauvrissement des sols et conduire à une augmentation de l'aridité ».

Les sécheresses prévues en plus grand nombre seront à l'origine d'incendies, de pertes de croissance et d'attaques d'insectes ravageurs. La succession d'anomalies climatiques met la forêt méditerranéenne en situation de faiblesse, sans compter que des vitesses exceptionnelles de vent peuvent provoquer des chablis.

## 2.6. La montagne

	Phénomènes climatiques	impacts
<b>Montagne</b>	Premières neiges plus tardives	
	Fonte des neiges plus précoces	accroît sécheresse estivale et les risques d'incendies
	Étés plus chauds et plus secs	affecte écosystèmes
	Dégradation permafrost	réduction de la cohésion des sols, augmentation des risques de flux de boue et des chutes de rochers
	Hausse température	migration de la végétation vers les sommets (+500 m d'altitude pour + 3°C), populations réduites et menacées remontée de la limite supérieure des forêts de 100 m pour chaque degré supplémentaire glaciers d'altitude inférieure à 2900 m condamnés à disparaître

Pour les régions françaises montagneuses, selon les scientifiques, les premières neiges seront plus tardives et la durée d'enneigement plus courte. Des simulations réalisées pour les Alpes « montrent que les zones de basses altitudes (1500 m) seront plus sensibles à de très faibles changements de températures ». Les modifications de précipitation auront « un impact plus fort sur l'épaisseur maximale des neiges que sur la durée du manteau neigeux ».



La fonte des neiges plus précoce devrait accroître la sécheresse estivale et les risques d'incendies (on pourra assimiler certaines régions des Alpes du Sud aux zones actuellement les plus sensibles de la région méditerranéenne), en affectant aussi les écosystèmes à travers des étés plus chauds et plus secs.

La dégradation du permafrost à haute altitude peut entraîner une réduction de la cohésion des sols, ce qui pourrait alors déstabiliser les pentes avec pour conséquence une augmentation des risques de flux de boue et des chutes de rochers.

En conséquence de bouleversements climatiques, la distribution géographique des espèces va être modifiée. Les scientifiques estiment que pour une élévation de 3 °C, la végétation migrent de 500 m en altitude. Ainsi, suivant cette règle, le changement climatique entraînerait le déplacement linéaire de toutes les ceintures de végétation vers les sommets. Les populations de ces zones seraient donc réduites et menacées. Dans les Alpes, la principale contraction concernerait les étages alpin et nival qui contiennent une part importante des endémiques de la flore alpine. À basses altitudes, les espèces méditerranéennes pourraient se substituer aux espèces collinéennes. Dans les Alpes du Sud, un réchauffement auquel s'ajoute une baisse des précipitations peut entraîner une progression vers le Nord des écotypes méditerranéens.

A la suite de modélisation, il ressort que la limite supérieure des forêts serait susceptible de subir une remontée de 100 m pour chaque augmentation d'1 °C de la température moyenne. En revanche, le réchauffement pourrait être bénéfique pour les populations de mélèze (Alpes) en termes de croissance radiale ou préjudiciable pour celles en montagne méditerranéenne.

Les glaciers alpins sont très sensibles aux variations climatiques. Quels que soient les scénarii envisagés pour le climat futur, les glaciers français seront fortement affectés. Ceux dont les sommets sont situés à des altitudes inférieures à 2900 m sont condamnés à disparaître car ils ne sont pas encore en équilibre avec le climat moyen du 20ème siècle. Les autres connaîtront des réajustements selon l'amplitude du réchauffement à venir. Pour un réchauffement supérieur à 1°C les glaciers alpins connaîtront des réajustements et des retraits importants. Pour un réchauffement supérieur à 3°C la plupart des glaciers français seront réduits à néant, seuls les plus hauts glaciers du massif du Mont Blanc pourraient résister, au prix d'un fort réajustement de leurs surfaces et de leurs longueurs.

Selon le quatrième rapport du GIEC, il est probable que le recul des glaciers améliore dans un premier temps les débits d'été dans les rivières des Alpes.

## 2.7. Le tourisme

	Phénomènes climatiques	impacts
Tourisme	Hausse de la température	rallongement de la saison touristique de la façade Ouest, déplacement vers le Nord
		plus de tourisme estival en moyenne montagne
		croissance du tourisme d'intersaison
		difficulté pour le tourisme méditerranéen confronté aux canicules, feux, restrictions d'eau...
	Systèmes perturbés en hiver	diminution de l'attractivité pour la côte atlantique et méditerranéenne, mais augmentation de l'attrait vers villes et univers de loisirs artificiels
	Réduction durée couverture neigeuse	Forts impacts sur le tourisme de montagne

En été, on peut penser que le changement climatique rallongera la saison touristique de la façade Ouest et permettra un certain déplacement vers le Nord. Pour la population fréquentant la côte méditerranéenne, elle devra être apte à supporter les excès de chaleur (effet repoussoir pour les personnes âgées). En effet, avec de 2°C de plus, les périodes caniculaires (jours où la température excède 35°C) pourraient s'allonger de six semaines. L'augmentation du nombre de journées très chaudes signifierait davantage de risques

d'incendies, avec toutes les conséquences qu'on peut imaginer pour la sécurité des estivants. Le Sud de la Méditerranée serait menacé par les feux de forêt quasiment toute l'année. De plus, des mesures de restriction d'eau devraient se multiplier en Méditerranée, alors que les consommations d'eau liées au tourisme sont concentrées sur les périodes où l'eau est rare. Cela peut alors apparaître gênant pour le tourisme familial et les résidences secondaires (piscine...). Les espaces « de moyenne montagne pourraient alors devenir des destinations appréciées pour leur relative fraîcheur, l'ombre et la forêt... ».

En hiver, la façade atlantique devrait avoir quelques problèmes dus à des passages constants de grands systèmes perturbés, surtout que la clientèle disponible à cette époque est essentiellement du troisième âge. Sur la côte méditerranéenne, le climat n'est pas susceptible d'être plus avantageux (il est déjà venteux). On peut penser que « les villes importantes où les conditions de vie sont les plus artificialisées et où les ambiances climatiques sont les plus contrôlées verront leur attrait s'accroître. De même pour les univers de loisir totalement artificiels comme les bulles tropicales qui pourraient avoir un bel avenir devant eux ». Pour ce qui est des sports d'hiver, les effets seront importants en termes de tourisme puisque nous avons vu précédemment que la durée de la couverture neigeuse devrait être plus courte.

En intersaisons, la potentialité touristique devrait se trouver largement accrue.

En règle générale, il devrait y avoir une opposition entre la population âgée et les gens bien portants pouvant supporter des excès climatiques.

D'un point de vue économique, l'érosion des plages peut engendrer des coûts importants, afin de lutter contre le recul de ces plages, et cela sans que le succès soit assuré.

Au-delà de ces impacts directs et indirects, les politiques de limitation des émissions de GES dans les transports vont nous demander de repenser notre rapport au voyage, dans une perspective de remise en cause de l'hypermobilité. La croissance du transport aérien est le problème le plus difficile à prendre en charge.

## 2.8. La santé

	Phénomènes climatiques	impacts
<b>Santé</b>	Ensoleillement	augmentation des cancers cutanés
	Hausse température	surmortalité l'été
		recrudescence des maladies cardiovasculaires et respiratoires
		élévation du taux de prématurés
		nouvelle géographie des pollinoses
		lithiases
		impacts psychiques
		recrudescence des intoxications alimentaires
		prolifération des gastro-entérites
		maladies à vecteurs : modification de leur répartition géographique, de leur densité, modification de la longévité, apparition de nouveaux vecteurs
	Renchérisssement de la nourriture	sous-nutrition, malnutrition
	Chaleur	engouement pour la climatisation : accentue risque de contamination par des micro-organismes variés

Le climat peut être facteur de décès, avec des conditions très agressives : coup de chaleur ou déshydratation aiguë. Il se comportera le plus souvent en facteur précipitant, voire en simple facteur déclenchant.

On peut penser qu'une succession d'étés généreusement ensoleillés entraîne une franche augmentation de cancers cutanés, le rayonnement ultra violet étant plus agressif du fait de la déplétion de la couche d'ozone stratosphérique.

Les personnes les plus sensibles au changement climatique seront les personnes âgées, voire très âgées, les malades chroniques, les nourrissons et les jeunes enfants. Le vieillissement de la population française ne fera que renforcer la vulnérabilité. En été, il faut s'attendre à une franche surmortalité touchant davantage les personnes âgées ainsi que les catégories sociales les moins favorisées (dépourvues de toute installation de conditionnement d'air et souffrant souvent de polypathologies intriquées) ainsi que les femmes (qui présentent au delà de 60 ans des troubles de la sudation et régulent moins efficacement leur température interne). Par ailleurs, on devrait assister à une recrudescence des maladies cardiovasculaires et respiratoires.

La surmortalité de l'été devrait se concentrer presque exclusivement dans les grandes agglomérations urbaines. En effet, cette population étant plus équipée contre le chaud (et le froid), elle s'adapte moins facilement et devient plus intolérante que la population rurale. Ainsi, les villes de moyennes et petites tailles ainsi que celles en bord de mer seront beaucoup moins touchées que celle de l'arrière pays. « L'évolution de la mortalité au cours des prochaines décennies se fera dans le sens d'un double accroissement des gradients Nord-Sud et Ouest-Est ». « Les fortes chaleurs de fin de printemps représentent un risque majeur, puisqu'elles s'avèrent beaucoup plus meurtrières que celles survenant un peu plus tard, au cœur de l'été, lorsque l'organisme commence à s'adapter ».

En cas de réchauffement, les pathologies les plus susceptibles d'augmenter la mortalité sont les suivantes :

- les maladies cardiovasculaires et cérébrovasculaires, déjà citées,
- on verra se dessiner une nouvelle géographie des pollinoses. « L'allergie au bouleau tendrait à se cantonner plus nettement sur le Nord du pays, les taxons spécifiquement méditerranéens pourraient faire leur apparition bien au delà de leur domaine actuel (les pollens de cyprès et de pariétaire pourraient ainsi devenir des allergènes majeurs jusqu'en Bourgogne ou en Touraine), tandis que la Basse-Provence et le Languedoc-Roussillon pourraient payer un lourd tribut, par exemple, au pollen d'arganier, aujourd'hui spécifique du Sous (Sud du Maroc)... »
- les effets de l'accroissement des teneurs en divers polluants photochimiques : « possible recrudescence estivale des crises d'asthme mais aussi des bronchiolites, du fait de la hausse difficilement évitable de la teneur de l'air en oxydes d'azote, en ozone et en autres polluants photochimiques qui génèrent un brouillard photo-oxydant particulièrement irritant et toxique. »
- les lithiases (calculs) : « la chaleur et les fréquentes déshydratations qui s'ensuivent risquent de déterminer une augmentation substantielle de la prévalence des lithiases urinaires ». La France du Sud (Méditerranée) et de l'Est (domaine semi-continental) pourrait être particulièrement éprouvée.
- l'élévation du taux de prématurité : accentuation de la chaleur estivale pourrait relever discrètement la température centrale de la mère et du fœtus au delà de 37°C qui signe la « bonne santé », ce qui « aurait une forte probabilité d'entraîner une élévation sensible du taux de prématurité et une hausse du taux de mortalité périnatale ».
- les impacts psychiques : « la chaleur engendre des comportements irascibles, avec des manifestations d'autoagressivité aussi bien que d'hétéroagressivité, et amène souvent à une recrudescence des admissions en urgence dans les hôpitaux psychiatriques ou en psychiatrie des hôpitaux généraux ».

Le changement climatique peut également avoir des effets indirects sur la santé, comme une recrudescence des intoxications par mauvaise conservation des aliments tout spécialement d'origine animale. On peut s'attendre à une prolifération des gastro-entérites, dont certaines peuvent être mortelles notamment chez les nourrissons. L'engouement croissant pour les climatisations et les systèmes d'humidification ne fera qu'accentuer le risque de contamination par des micro-organismes variés : manifestations allergiques à types d'hypersensibilité (rhinites, crises d'asthme) ou d'hypersensibilité retardée (alvéolites). Il peut aussi s'agir de maladies infectieuses (aspergilloses, ornithoses, maladies des légionnaires, fièvre de Pontiac). On peut également citer les risques de sous-nutrition ou de malnutrition dans les catégories sociales les plus démunies dus à un renchérissement de la nourriture. Les DOM-TOM en pâtiraient sûrement beaucoup plus que la métropole.

Dans les DOM-TOM, une prolifération de maladies infectieuses et parasitaires (gastro-entérites, affections

respiratoires) et une pathologie psychosomatique (pathologie de stress) due au passage de cyclones est à prévoir. De plus, « les troubles psychiques ne s'estompent que lentement et pas toujours complètement ». On peut également « craindre une migration de personnes poussées par la diminution de la production alimentaire ». Les DOM-TOM de destination (la Guyane tout spécialement) devront faire face à un afflux de véritables « réfugiés de l'environnement » apportant avec eux tous les problèmes de santé qu'ils connaissent dans leur lieu d'origine » et des maladies nouvelles de leur pays d'adoption.

- Le cas des maladies à vecteurs

Les maladies à vecteurs verront modifier leur répartition géographique (remontée vers le Nord ou vers de plus hautes altitudes) ou leur densité (même si il n'y a généralement pas de proportionnalité entre la densité et l'incidence de la maladie transmise). L'allongement de la longévité du vecteur est possible, en cas d'augmentation parallèle de l'humidité, ce qui augmenterait sa capacité vectorielle. En revanche, une augmentation de la sécheresse diminuerait cette capacité. Il est également possible que la durée d'incubation extrinsèque se raccourcisse (durée de l'indispensable développement de l'agent infectieux dans l'organisme du vecteur), ce qui faciliterait la transmission.

Actuellement en France on trouve plusieurs maladies à vecteurs. C'est le cas de la maladies à tiques : les principales tiques à considérer sont les ixodides. On peut penser que des modifications climatiques leur seraient favorables et que la population pourrait s'accroître. Il pourrait y avoir un impact sur la transmission de l'encéphalite à tique aujourd'hui limitée à l'Alsace et aux Vosges. Mais ce sont surtout les effets de la Borréliose de Lyme qui pourraient être plus sensibles (elle sévit actuellement dans toute la France). Les tiques du genre Rhipicephalus aujourd'hui surtout en régions méridionales, pourraient voir remonter leur limite Nord, ce qui provoquerait une extension des foyers de la fièvre boutonneuse due à Rickettsia conori. Pour ce qui est des moustiques, les scientifiques prévoient une plus forte densité de population, et une plus grande période d'activité sur l'année. Les virus West Nile (en Camargue) pourraient bénéficier de conditions plus favorables à son introduction et à sa circulation, voire peut-être l'émergence d'épidémies (affections fébriles et très rarement encéphalites chez l'homme et les équidés). Le tahyna, qui est plus largement répandu en France actuellement, pourrait circuler plus intensément. De même pour le Dirofilaria immitis (qui infecte le chien) qui pourrait s'étendre et aggraver son incidence.

Les micro-organismes transmis par phlébotomes en France sont de deux types : les arbovirus (présence seulement probable en France mais fréquente dans des pays limitrophes comme l'Italie) et les leishmanies, qui causent plus de problèmes chez l'homme et les chiens. La leishmaniose est surtout une maladie de l'enfant qui évolue vers la mort si on ne procure pas de traitement à temps. « Elle sévit par foyer dans le bassin méditerranéen entre 0 et 800 m d'altitude, et à pour réservoir naturel des canidés sauvages et des chiens ». Les phlébotomes pourraient devenir plus abondants et étendre leur répartition, si l'humidité à laquelle ils sont très sensibles ne leur devient pas défavorable.

D'autres maladies à vecteurs, non présentes sur le territoire français, sont susceptibles d'être introduites.

Pour le paludisme, la répartition géographique de la forme grave de la maladie est étroitement liée aux conditions climatiques car le développement du parasite dans l'organisme s'arrête si la température descend sous 18 à 20 °C. Actuellement, en France, les anophèles vecteurs potentiels du paludisme sont présents sans qu'il n'y ait transmission de la maladie. « La réinstallation de foyers durables d'endémie palustre en France métropolitaine paraît très peu probable », l'augmentation de la température ne semblerait guère changer la situation française.

L'Aedes albopictus (moustique d'origine asiatique) est vecteur de la dengue. Il s'installe un peu partout dans monde et a notamment réussi à coloniser la moitié Nord de l'Italie. « Son implantation durable en Méditerranée rendrait à nouveau la région réceptrice » à la dengue. De plus, il peut aussi transmettre le virus West Nile et Tahyna, Sindbis ainsi que celui de la fièvre de la Vallée du Rift. Un autre moustique, l'Aedes aegypti, responsable de la fièvre jaune et de la dengue, pourrait profiter d'un réchauffement pour réenvahir l'Europe du Sud dont la France. Enfin, certains scientifiques « redoutent l'introduction de la peste équine en Europe Sud via l'Afrique du Nord et la péninsule ibérique. »

En termes de maladie à vecteur, les DOM-TOM ont une situation particulière. Il est probable que le changement climatique favorise l'augmentation de la circulation de certains agents infectieux et peut-être

l'augmentation de la transmission à l'homme. « Ce pourrait être le cas de la maladie de Chagas en Guyane (actuellement très rare) ou encore de la leishmaniose. »

Actuellement le paludisme sévit à Mayotte et en Guyane. L'élévation de la température accroîtrait le risque d'épidémie dans les zones de paludisme instable. En revanche les régions où le virus est stable devraient être peu affectées, ce qui est le cas de la Guyane et dans une moindre mesure de Mayotte. La Martinique, la Guadeloupe ainsi que la Réunion possèdent un risque plus fort d'introduction du virus qu'en métropole, et devront être davantage vigilantes.

« Il se pourrait que la transmission de virus et de parasites par les moustiques du genre Aedes soit aussi favorisée », et cela concernerait :

- « La fièvre jaune en Guyane (1 cas en 1998) Martinique et Guadeloupe (maladie absente pour le moment).
- La dengue en Guyane, Martinique, Guadeloupe, Réunion, Mayotte, Nouvelle-Calédonie et Polynésie française, territoires qui sont déjà victimes périodiquement d'épidémies plus ou moins sévères.
- La filariose lymphatique, qui pose encore problème en Polynésie et à Mayotte, mais qui est négligeable voire absente dans les autres DOM-TOM. »
- Il pourrait en être de même pour l'encéphalite vénézuélienne en Guyane, la polyarthrite épidémique dans le Pacifique, et les dirofilarioses animales.
- En Polynésie, une montée du niveau marin entraînerait une submersion d'une partie des terres, soit un déplacement de la population avec des conséquences sanitaires associées (introduction dans les territoires indemnes de souches de parasites et de vecteurs).