



ETAT DES CONNAISSANCES

**Santé et changement climatique
en Rhône-Alpes**

Décembre 2015

PREAMBULE

Par l'apport de connaissance, le suivi d'indicateurs pertinents et l'organisation de travaux entre acteurs, l'ORECC doit contribuer à l'analyse et au suivi de la vulnérabilité des territoires et des acteurs économiques face au changement climatique. Les acteurs pourront alors s'emparer de ces éléments pour réduire cette vulnérabilité, se saisir des opportunités positives et mettre en place des stratégies d'adaptation des activités économiques impactées, des dispositifs de sécurité et de santé publique, des aménagements et des infrastructures, des modalités de gestion des ressources (eau, air, forêt, biodiversité, ...).

Cette note s'appuie sur des productions existantes, en particulier, les études climatiques, rapports, publications scientifiques ... réalisées soit pour les travaux de préparation du projet de SRCAE, soit dans le cadre de réflexions sur les effets du changement climatique sur la santé. **La liste des documents ayant servi à l'écriture de cet état des connaissances est disponible en annexe.**

La note synthétise ces documents, ou même en rassemble des extraits, dont les références sont notées en bas de page. Dans ce dernier cas, ils ont été parfois modifiés à la marge mais sans changer le sens pour les insérer dans un texte cohérent. Les écrits sélectionnés sont ceux qui paraissent les plus près du sujet.

Non exhaustive, la présente note ne cherche ni à donner un avis ou affirmer un positionnement, ni à émettre des idées nouvelles, mais elle propose de refléter un état d'avancement des recherches et des savoirs et de donner de premiers éléments de discussion pour la suite des travaux de l'ORECC.

Nous avons aussi décrit la manière dont les résultats ont été produits par la communauté scientifique, ainsi que le caractère plus ou moins probable des impacts envisagés. On trouvera par conséquent, tout au long du présent document, des références sur les méthodes utilisées par les chercheurs, ainsi que le degré de certitude attaché aux résultats.

Enfin, la structuration des chapitres reprend la logique de présentation d'une analyse de la vulnérabilité des secteurs d'activité (aléa, exposition, sensibilité, capacité d'adaptation).

La vulnérabilité climatique¹ est en effet influencée par l'interaction de 3 paramètres auxquels le périmètre d'étude est soumis :

- l'exposition aux aléas, c'est-à-dire les événements climatiques (le type, l'ampleur et le rythme des variations du climat et des événements climatiques auxquels les communautés et les écosystèmes sont exposés),
- la sensibilité, c'est-à-dire la proportion dans laquelle un élément exposé, une collectivité ou une organisation est susceptible d'être affecté (positivement ou négativement) par la manifestation d'un aléa (événement climatique),
- la capacité d'adaptation, c'est-à-dire la capacité des communautés et des écosystèmes à s'ajuster pour faire face aux changements climatiques afin de minimiser les effets négatifs et de tirer profit des avantages.

¹ Climat : réussir le changement - Volume 2 à destination des acteurs opérationnels - RAEE - Mars 2013, p10

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
La santé en Rhône-Alpes	3
Une situation favorable en termes d'espérance de vie	4
L'offre de soins	4
1. PRESENTATION GENERALE : VULNERABILITE POTENTIELLE DE LA SANTE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	6
1.1 Risques sanitaires liés au changement climatique	6
1.2 Interaction entre plusieurs facteurs de risques.....	6
2. EXPOSITION DU SECTEUR AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	8
2.1. Tendances climatiques et prévisions sur la région Rhône-Alpes.....	8
2.2. Effets sur les ressources : biodiversité, air, eau, sol.....	9
2.3. Effets sur la santé en France et en Europe	10
2.3.1. Risques sanitaires liés aux impacts directs du changement climatique sur la santé	10
2.3.2. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur les évènements extrêmes.....	11
2.3.3. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'air	13
2.3.4. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur la biodiversité	16
2.3.5. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'eau	23
2.4 Effets sur la santé en Rhône-Alpes	24
2.4.1 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur les évènements extrêmes	24
2.4.2 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'air	25
2.4.3 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur la biodiversité	26
2.4.4 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'eau	28
3. SENSIBILITE ACTUELLE DU SECTEUR DE LA SANTE PAR RAPPORT AU CLIMAT	31
3.1. Sensibilité selon l'âge, le sexe et les antécédents médicaux.....	31
3.2. Sensibilité selon la situation géographique y compris les problématiques urbaines.....	32
4. CAPACITE D'ADAPTATION	34
CONCLUSION	37
BIBLIOGRAPHIE	39
Publications citées dans ce document	39
Publications complémentaires	40
ANNEXE	42

INTRODUCTION

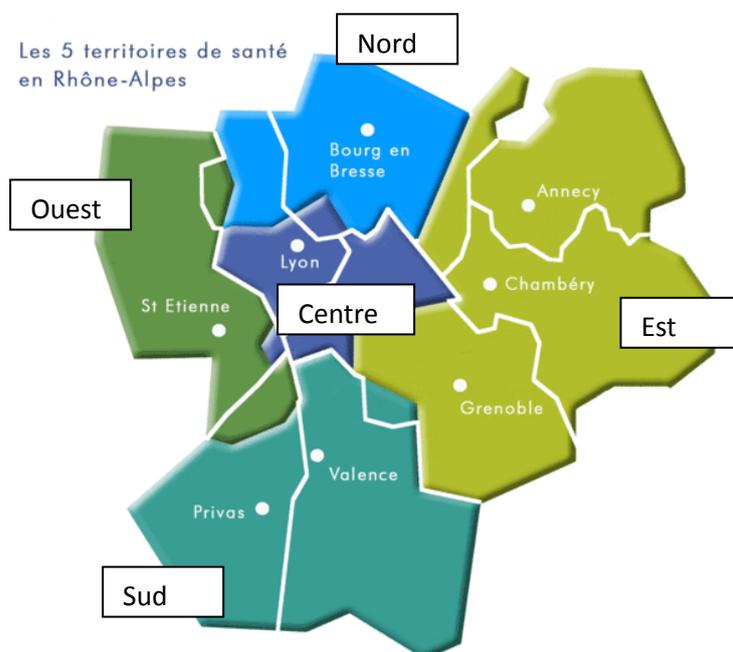
La santé en Rhône-Alpes

Le Projet régional de santé (PRS) 2012-2017 présente, sur son site internet dédié, les principaux éléments suivants concernant le sujet.²

La région Rhône-Alpes compte en 2007 un peu plus de 6 millions d'habitants répartis sur 8 départements. Plus jeune région d'une grande moitié sud de la France, avec une **démographie dynamique** (soldes naturels et migratoires positifs), elle présente des **indicateurs socio-économiques favorables** par rapport aux références nationales.

Deuxième région de France par sa superficie et par sa population, elle est cependant très diversifiée d'un point de vue géographique, démographique et socio-économique.

Les cinq territoires de santé qui la composent sont à l'image de cette diversité.



Deux territoires contiennent un tiers de la population régionale chacun : **le Centre** très densément peuplé, qui correspond à l'agglomération lyonnaise élargie, et **l'Est**, très vaste territoire englobant toutes les zones de montagne alpines, des zones de vallées et l'agglomération grenobloise, s'étalant sur quatre départements.

Ce dernier, qui compte le plus grand nombre de jeunes actifs, présente les meilleurs indicateurs socio-économiques de la région, dont le revenu moyen le plus élevé (supérieur de près de 5 000 euros à ceux de l'Ouest et du Sud). Concernant les indicateurs environnementaux, il est à noter que la qualité de l'air extérieur y est souvent médiocre (trafic routier).

Le territoire de **l'Ouest** se distingue des autres territoires. Il est le seul territoire qui ne connaît pas d'évolution positive sur le plan démographique. Fortement ouvrier, il présente souvent les indicateurs socio-économiques les moins favorables de la région et moins bons que les références nationales

² <http://www.prs-rhonealpes.fr/projet-regional-de-sante.html>

(revenu moyen, part de foyers imposables, ...). Les indicateurs de santé sont à mettre en relation avec ces facteurs socio-économiques et s'avèrent ainsi tout aussi défavorables, qu'il s'agisse du cancer, des maladies cardiovasculaires, du diabète en lien avec nutrition et surpoids, de la santé mentale ou encore des addictions.

Le territoire du **Sud** est le plus rural (21% de la population), le moins densément peuplé, et le moins jeune. Les indicateurs socio-économiques le placent en situation la moins favorable après l'Ouest, avec cependant un profil très différent, et notamment une forte présence de populations bénéficiaires de minima sociaux ou de la CMUc, en zones rurales de la frange la plus au sud. Des risques sanitaires environnementaux forts existent. Ils sont d'ordre chimique et radiologique en lien avec les installations industrielles et les voies de communication, ou liés à l'usage de l'eau (sécheresse, inondations) ou à la qualité de l'air (ozone, ambroisie).

Le territoire du **Centre** présente des indicateurs globaux proches de la moyenne régionale avec cependant des taux de chômage et de bénéficiaires de la CMU mais aussi la part la plus importante de cadres. Il présente également les plus fortes disparités locales notamment entre l'Est et l'Ouest de l'agglomération lyonnaise. Ce territoire est, au regard des priorités définies dans le PRS, particulièrement concerné par le diabète et les maladies respiratoires.

Le territoire du **Nord** est celui qui connaît la plus forte croissance démographique et comprend la part d'actifs travaillant dans l'industrie la plus forte. Ses indicateurs socio-économiques sont globalement favorables. Le territoire est confronté, entre autres problématiques, à la fréquence des maladies cardio-vasculaires et respiratoires.

Une situation favorable en termes d'espérance de vie

Sur le plan sanitaire, la région Rhône-Alpes présente une situation très favorable en termes d'espérance de vie, de mortalité générale et de mortalité prématurée (décès avant 65 ans). **Cette situation favorable se renforce au fil des dernières années** et l'espérance de vie à la naissance des femmes rhônalpines est ainsi devenue, en 2007, la plus élevée de France. Sur ces indicateurs globaux, les territoires de l'Ouest et du Nord présentent les moins bons résultats, ceux du Centre et de l'Est les meilleurs. Cependant, ces indicateurs par territoire sont toujours plus favorables ou équivalents aux valeurs nationales.

En termes de causes de décès, les cancers sont devenus la première cause de décès, tous sexes confondus. Cancers et maladies cardio-vasculaires représentent près de 60% des décès. Si l'on ajoute les causes externes de décès (accidents, suicides, empoisonnements), les maladies respiratoires et les maladies neurologiques, dont la part augmente fortement notamment chez les femmes, on atteint près de 80% des décès.

En ce qui concerne la mortalité prématurée, dont on considère qu'elle est majoritairement évitable par le renforcement des actions de prévention ou l'amélioration de la performance du système de soins, les tumeurs représentent la cause principale (à l'origine de près d'un décès prématuré sur deux chez les femmes) devant les causes externes de décès. Avec les maladies cardio-vasculaires, ces trois causes représentent plus de 70% des décès prématurés.

L'offre de soins

L'analyse de l'offre de soins fait apparaître de **fortes disparités entre les territoires**.

Que ce soit pour l'offre libérale ou pour les établissements, le territoire du Centre présente les densités ou taux d'équipement les plus élevés. (...) Ainsi, 16% des séjours hospitaliers effectués dans les établissements de ce territoire concernent des habitants résidant en dehors de ce périmètre.

Le territoire de l'Est présente également une situation favorable en termes d'offre, qui doit cependant être partiellement modulée par la question de l'activité touristique et celle du recours transfrontalier.

A noter également pour ces deux territoires, la faible part de praticiens libéraux conventionnés en secteur 1 qui est même minoritaire chez les spécialistes du Centre.

Le territoire de l'Ouest, bien qu'accueillant le troisième CHU de la région, présente un niveau d'offre libérale très inférieur aux deux précédents territoires, niveau qui le rapproche des deux derniers territoires.

Le territoire du Nord présente, quant à lui, une densité d'offre très inférieure aux autres territoires, en ce qui concerne l'offre libérale, mais aussi pour l'offre hospitalière. On peut souligner pour ce territoire Nord que plus d'un séjour hospitalier sur trois de ses résidents s'est effectué dans un établissement situé hors de ce territoire en 2009.

Les niveaux de recours globaux à l'hospitalisation ou aux praticiens libéraux présentent moins de diversité à l'échelle des territoires et ne font pas apparaître d'associations évidentes entre offre et recours dans ces approches très globales.

Des disparités d'offre sont également mises en évidence pour les établissements pour personnes âgées et de manière plus marquée encore pour les établissements et services pour personnes handicapées. L'analyse de ce type d'offre est détaillée dans le chapitre «handicap et vieillissement».

1. PRESENTATION GENERALE : VULNERABILITE POTENTIELLE DE LA SANTE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Comme indiqué dans le préambule, la vulnérabilité climatique est influencée par l'interaction de 3 paramètres auxquels le périmètre d'étude est soumis : l'exposition aux aléas, la sensibilité et la capacité d'adaptation. La structuration des chapitres suivants reprend cette logique et présente les risques sanitaires possibles du changement climatique, les populations à risque, et les moyens d'adaptation existants ou nécessaires pour réduire la vulnérabilité.

Globalement, les éléments suivants émergent des ouvrages traitant du sujet :

1.1 Risques sanitaires liés au changement climatique

Le premier point concerne les risques sanitaires liés au changement climatique en Rhône-Alpes.

Ils résultent, en premier lieu, des effets directs du réchauffement, qui se manifeste par **des canicules et des sécheresses plus fréquentes**, comme en 2003, et dans une moindre mesure en 2006, pouvant causer une surmortalité importante.

En deuxième lieu, on peut mentionner les effets indirects du changement climatique sur la santé, comme **l'aggravation des pollutions de l'air**, liées aux transports, aux activités humaines, ou à la nature (pollens...), à l'origine de maladies respiratoires et cardio-vasculaires.

Ces impacts directs et indirects touchent plus particulièrement les **populations urbaines** : l'effet d'îlot de chaleur, particulièrement impactant en période de forte chaleur, ainsi que la pollution de l'air, sont des phénomènes bien plus marqués en milieu urbain qu'en milieu rural. Cela rend la région Rhône-Alpes, avec plus de 80% d'habitants vivant en zone urbaine, particulièrement vulnérable.

1.2 Interaction entre plusieurs facteurs de risques

Le second élément, que souligne un rapport ministériel³ datant de 2008, est que les effets du changement climatique sur la santé dépendent de multiples facteurs de risque, qui interagissent le plus souvent entre eux dans des relations de cause à effet, rendant complexes leur analyse et leur prévision.

Ainsi, des **effets connexes conjoncturels**, comme le vieillissement de la population, la montée de la précarité et l'affaiblissement de l'économie risquent d'avoir un rôle amplificateur sur la santé de la population, en s'ajoutant aux effets du changement climatique.

Parmi les effets collatéraux, le rapport signale également la **mondialisation de l'économie et des transports**, qui contribue fortement à la dissémination à large échelle d'espèces de vecteurs et d'agents infectieux (dont les conditions environnementales à l'installation et au développement sont favorisées par le changement climatique), et une **plus ou moins grande offre de soins locale**, selon les régions sur le territoire national, qui constituent, selon les cas, un facteur favorable ou défavorable au suivi des pathologies associées à certains aléas climatiques.

C'est aussi l'avis de Cyril Caminade, chercheur à l'Institute of Infection and Global Health, Université de Liverpool, notamment concernant les maladies vectorielles. Il indique en effet que l'augmentation

³ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p7

de la population mondiale, sa mobilité croissante et la globalisation constituent les facteurs essentiels de l'évolution de ces risques climatiques sur le milieu ambiant (qualité de l'eau, de l'air). Même si le climat fait indéniablement partie des facteurs structurants, il apparaît généralement au septième ou au huitième rang des facteurs épidémiologiques globaux.⁴

Jean-François Guégan, directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) au sein de l'unité de Maladies infectieuses et vecteurs, écologie, génétique, évolution et contrôle (MiVEGEC), précise quant à lui que le rôle du changement climatique est difficile à démontrer pour les agents transmis indirectement par des vecteurs et/ou des animaux réservoirs, et qu'il est nécessaire de revoir l'inférence causale liant changement climatique et maladies infectieuses, en enquêtant précisément sur leurs liens directs et indirects dans le cadre de systèmes complexes, en se confrontant aux phénomènes multi causaux et à la relation entre facteurs proximaux et distaux.⁵

⁴ Modéliser l'impact du réchauffement climatique sur les maladies vectorielles, Cyril Caminade, Institute of Infection and Global Health, Université de Liverpool, in Changement climatique et santé, Actes de la conférence internationale des 2 et 3 octobre 2014, Groupement d'intérêt scientifique Climat-Environnement-Société, p12

⁵ Changement climatique et santé : en a-t-on trop dit ou pas assez?, Jean-François Guégan Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR Maladies infectieuses et vecteurs, écologie, génétique, évolution et contrôle (MiVEGEC), Changement climatique et santé , Actes de la conférence internationale des 2 et 3 octobre 2014, Groupement d'intérêt scientifique Climat-Environnement-Société, p9

2. EXPOSITION DU SECTEUR AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1. Tendances climatiques et prévisions sur la région Rhône-Alpes

Dans le cadre des travaux préparatoires du SRCAE de Rhône-Alpes, Météo France Centre-Est a produit des analyses de séries longues d'observation et des simulations climatiques par rapport à la période de référence 1971-2000, avec une résolution de 50 km⁶. Ces résultats, d'abord issus du modèle Arpège Climat, ont été ensuite interpolés sur une grille de maille régulière de 1 km. C'est ce qu'on appelle une **régionalisation des modèles climatiques**, permettant d'obtenir des simulations du climat selon une résolution plus fine que celle des modèles climatiques globaux.

L'évolution récente du climat en Rhône-Alpes se caractérise par :

- une **tendance à la hausse des températures** de l'ordre de 0,36°C par décennie sur les températures minimales, de l'ordre de 0,25°C par décennie pour les températures maximales sur la période 1953-2009. Des nuances se font sentir sur les zones montagneuses des Alpes (légèrement plus faible) et en zone méditerranéenne (légèrement plus).
- une **baisse marquée de l'enneigement à basse altitude** (< 1800 m) : de 30 à 50 % à 1500 m en hauteur et en nombre de jours avec neige au sol.

Les scénarios de changement climatique pour Rhône-Alpes prévoient à l'horizon 2080 :

- une **tendance à l'augmentation de la température**
- et **pas de tendance claire pour les précipitations**, car il existe beaucoup d'incertitudes dans ce domaine, renforcées par une forte disparité en fonction de la situation géographique.

Cela se traduit par:

- une augmentation de la température moyenne,
- des journées et nuits chaudes plus fréquentes,
- une augmentation de la fréquence des canicules et des vagues de chaleur, des évènements de forte précipitation,
- un accroissement du nombre de régions touchées par la sécheresse,
- une diminution de l'enneigement et une régression des glaciers.

+ 3°C d'ici 2050 et + 5°C d'ici 2080 en été en Rhône-Alpes

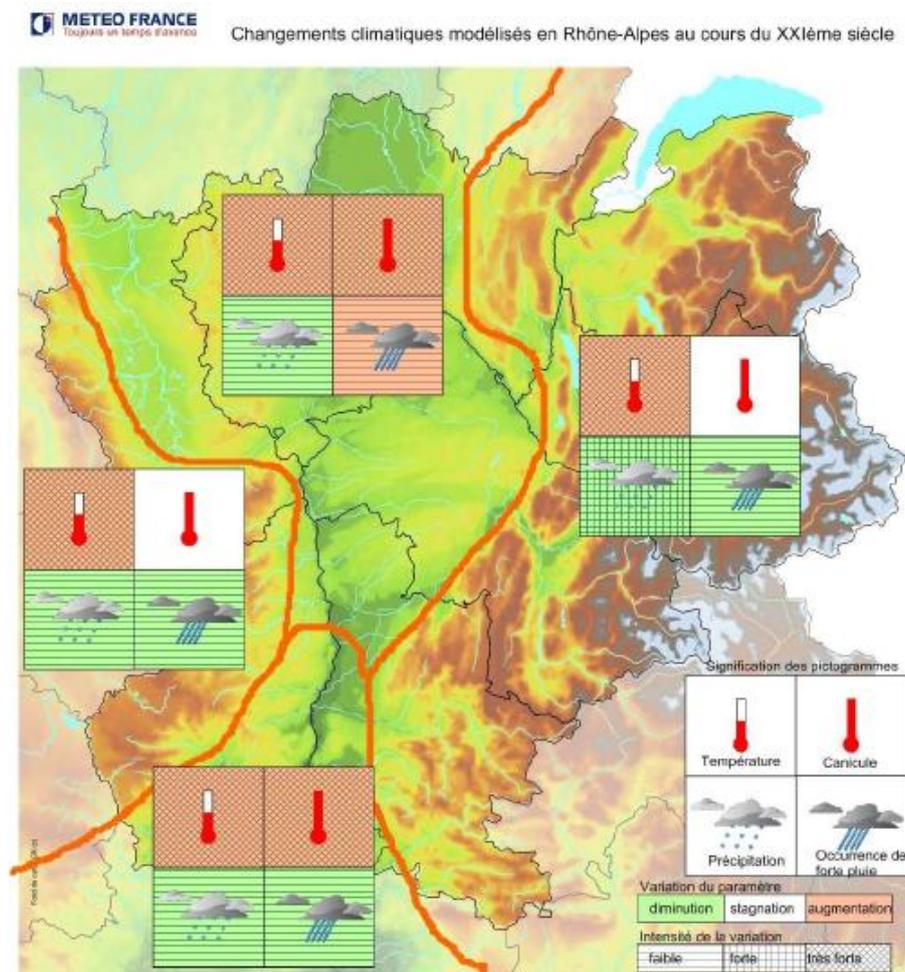
Cette estimation des augmentations probables des températures maximales en été en Rhône-Alpes est précisée dans l'étude de Météo-France de janvier 2011.

La carte ci-dessous représente les évolutions climatiques attendues en région Rhône-Alpes au cours du 21^{ème} siècle, pour les paramètres climatiques suivants :

1. les précipitations moyennes annuelles ;
2. le nombre de jours de très fortes précipitations, c'est-à-dire dépassant 20 mm ;
3. la température moyenne annuelle ;

⁶ Météo France Centre-Est, Étude du changement climatique pour le SRCAE Rhône-Alpes, 2011, 73 p.

- le nombre de jours de canicule (nombre de jours où les moyennes glissantes sur 3 jours des températures minimales et maximales dépassent simultanément des seuils fixés par département).



Changements climatiques modélisés en Rhône-Alpes au cours du 21^{ème} siècle ⁷

2.2. Effets sur les ressources : biodiversité, air, eau, sol

Dans le cadre des travaux de l'ORECC, une chaîne d'impacts du changement climatique a été élaborée. Elle recense les conséquences attendues, ainsi que les risques, que le changement climatique pourrait engendrer à l'horizon 2030 en Rhône-Alpes.⁸

Concernant les effets potentiels actuels et à venir sur les ressources naturelles, ce document classe les impacts en trois catégories :

Impacts sur la biodiversité :

- Modification des dates de floraison et de fructification (phénologie)
- Allongement des périodes de croissance/pollinisation
- Modification des dates de migration d'oiseaux
- Apparition de nouvelles espèces et disparition d'autres espèces

⁷ Météo France Centre-Est, Étude du changement climatique pour le SRCAE Rhône-Alpes, 2011, 73 p.

⁸ ORECC, [Chaîne d'impact du changement climatique en Rhône-Alpes](#), novembre 2013

- Prolifération d'espèces invasives, tropicales et de ravageurs
- Diminution de la ressource biomasse
- Dégradation des sols affectant la flore et la faune

Impacts sur la ressource en eau :

- Baisse des réserves en eau :
- Baisse des niveaux d'eau et des débits
- Allongement des périodes d'étiage
- Assecs plus fréquents
- Montée de la température des eaux
- Dégradation de la qualité des eaux

Ces éléments peuvent causer des tensions sur les réserves en eau et des conflits d'usage.

Impacts sur la qualité de l'air :

- Augmentation de la pollution atmosphérique en été (ozone)
- Augmentation de la concentration en gaz à effet de serre

2.3. Effets sur la santé en France et en Europe

2.3.1. Risques sanitaires liés aux impacts directs du changement climatique sur la santé

Le changement climatique, par le réchauffement qu'il engendre, affecte la santé et le bien-être des populations. Pour de nombreux spécialistes, les répercussions sur la santé (mortalité et perte de qualité de vie) pourraient surpasser tous les autres effets, et les impacts sanitaires font aujourd'hui partie des impacts les plus redoutés, souligne un rapport ministériel⁹.

Le rapport indique notamment que **l'augmentation de l'ensoleillement estival** devrait inciter la population à rester plus longtemps à l'extérieur et, par ce fait, celle-ci devrait être directement plus exposée aux rayonnements solaires et donc aux UV-A et B. Or ces UV sont mutagènes pour les cellules de la peau humaine. En France, on estime à environ 80 000 chaque année le nombre de cancers cutanés non mélanocytaires qui pourraient être dus en partie aux actions du rayonnement ultra-violet.

En Europe, on prévoit dans les prochaines années une augmentation de 22% du nombre de cancers cutanés non-mélanocytaires chez les sujets âgés de plus de 65 ans, et de 50% chez ceux de plus de 80 ans. En ce qui concerne les mélanomes cutanés, une étude de l'InVS a estimé en 2000 à plus de 7 200 le nombre de nouveaux cas de mélanome cutanés apparus en France, dont 42% chez l'homme et 58% chez la femme.

Les ultraviolets présentent d'autres effets tels que le vieillissement cutané, les photodermatoses, ainsi que des effets sur l'œil (cataracte, DMLA, etc...)¹⁰.

Le même rapport traite également des impacts possibles de l'augmentation des températures sur **la qualité des aliments**. Il indique que le risque d'avoir une contamination microbiologique accrue (en particulier bactérienne et fongique) des produits alimentaires d'origine animale ou végétale, et

⁹ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p31

¹⁰ Même source, p8

notamment dans les produits de la mer ou les produits aquatiques (comme le phytoplancton toxique ou les cyanobactéries), est également probable¹¹.

Enfin, il convient de mentionner l'impact d'une **diminution des gelées et de la survenue des vagues de froid** sur la santé (baisse de la mortalité hivernale), malgré l'incertitude attachée à ce sujet. En général, on estime que l'augmentation des températures hivernales pourrait avoir comme conséquence une baisse de la mortalité hivernale. L'ADEME Franche Comté cite, par exemple, parmi les impacts directs, la diminution des crises cardiaques, des crises d'asthme, des gelures, de l'hypothermie, du risque d'infarctus et d'accidents vasculaires cérébraux, et parmi les impacts indirects, la diminution des accidents liés au verglas ou à la neige, ainsi que des intoxications au monoxyde de carbone venant de systèmes de chauffage d'appoint inadaptés. Néanmoins, le rapport de l'ADEME relève que d'autres phénomènes pourraient interférer, rendant cette estimation incertaine.¹²

Une analyse récente de 53 productions scientifiques à ce sujet arrive à la conclusion qu'il semble peu probable que la mortalité hivernale diminue avec l'augmentation des températures¹³. Elle souligne que des vagues de froid exceptionnelles pourront toujours se produire, avec un impact d'autant plus important qu'elles touchent des zones plutôt habituées à des hivers doux.

Enfin, toujours à ce sujet, le rapport ministériel cité ci-dessus note que la diminution des gelées et de la survenue des vagues de froid pourrait, soit offrir une plus grande opportunité de transmission, soit diminuer cette transmission, car pour beaucoup de virus et de bactéries pathogènes pour l'homme, les cycles épidémiques sont étroitement dépendants des conditions climatiques. La diminution des vagues de froid pourrait ainsi conduire à deux conséquences importantes : (i) l'augmentation du niveau minimal de température pour la survie et la transmission de certains agents pathogènes, et (ii) une modification importante dans la composition spécifique des agents pathogènes circulants, par ajustement à ces nouvelles normes météorologiques.

2.3.2. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur les événements extrêmes

L'une des conséquences du changement climatique est l'augmentation du nombre ou de l'intensité de certains phénomènes extrêmes, qui ont des impacts importants sur la santé humaine.

Vagues de chaleur

Le changement climatique devrait se traduire par une augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur. L'Observatoire Régional de la Santé (ORS) de Rhône-Alpes souligne que, couplé à la concentration des populations en zone urbaine et au vieillissement de la population, le nombre de personnes vulnérables à la chaleur serait en augmentation au cours du siècle à venir. Dans le cas d'une augmentation annuelle de 2°C, **la mortalité estivale augmenterait de 3%**.

Inondations et tempêtes

¹¹ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p31

¹² ADEME, Adaptation au changement climatique en Franche-Comté, Santé, fiche, 2014, p2

¹³ Patrick Kinney¹, Mathilde Pascal², Robert Vautard³, Karine Laaidi², (1/ Columbia University, Mailman School of Public Health, New York, USA 2/ Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France, 3/ Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement, Paris, France) : La mortalité hivernale va-t-elle diminuer avec le changement climatique ?, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, 2012 / n° 12-13, Institut de veille sanitaire, p7

Concernant les conséquences des inondations sur la santé, le rapport ministériel précité mentionne des **effets survenant durant ou immédiatement après l'inondation**, se développant dans les jours, voire les premières semaines suivant l'inondation, et à plus long terme, pouvant apparaître et/ou durer des mois, voire des années.

L'inondation est source immédiate de noyades, de crises cardiaques et de blessures. Son impact dépend de la rapidité de la montée des eaux, de la hauteur atteinte par la crue, des objets charriés par les eaux en crue et du comportement des victimes. Ensuite, les risques sanitaires identifiés sont essentiellement d'ordre infectieux, neuropsychique et environnemental.

Les épisodes antérieurs à l'inondation de 2001, tant en Europe qu'à l'étranger, ont montré la faible probabilité d'apparition d'une épidémie au décours d'une inondation. Cependant, compte tenu des conditions de température, de climat et de la fragilité individuelle de chacun, certaines pathologies peuvent apparaître ou se développer.

Les maladies suivantes sont classiquement identifiées pendant ou au décours d'une inondation.

- Les maladies liées à une **contamination de l'approvisionnement en eau** de boisson dont l'ingestion peut provoquer des gastro-entérites, voire des hépatites virales, ou dans certains cas des typhoïdes. Localement des contaminations de captage par des produits chimiques industriels ou phytosanitaires peuvent être possibles à court, moyen ou long terme. Des stations de traitement des eaux usées peuvent être inondées voire détruites ainsi que des centres de stockage des déchets générant des pollutions. La qualité des coquillages produits dans les étangs peut être affectée par les inondations.
- Les maladies liées à un **contact direct avec des eaux polluées**, à l'origine d'infections de plaies, de dermatoses, de conjonctivites ou de leptospirose (contamination de l'eau par des urines de rongeurs transmettant le germe).
- **L'humidité importante**, associée éventuellement à un climat froid ou à des fluctuations de température, peut favoriser l'apparition d'infections respiratoires aiguës¹⁴.

A noter également, parmi les effets secondaires, un risque de **stress post-traumatique** affectant la santé mentale des populations touchées.

Coulées de boue, glissements de terrain

Le rapport ministériel note qu'avec le changement climatique, et notamment des pluies plus violentes, nous pourrions assister à des événements de coulée de boue ou de glissement de terrain plus fréquents, affectant la santé des populations. Ces événements pourraient être plus marqués et plus fréquents à l'avenir, notamment dans certaines zones géographiques comme les Cévennes et les régions limitrophes en métropole avec les pluies cévenoles (comme le sud de l'Ardèche), ou dans les montagnes. Ces événements pourraient causer non seulement la mort de certaines personnes qui seraient ensevelies mais également, des impacts d'ordre psychologique sur les populations, aujourd'hui difficilement quantifiables (traumas post-événement, inquiétudes, malaises,...).

Mouvements du sol (argiles gonflantes)

Le même rapport révèle qu'après l'été caniculaire de 2003, plus de 7 300 communes ont déposé une demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle en France, due aux dommages causés par le retrait-gonflement des sols argileux, qui se traduisent généralement par des fissures sur les murs, ou dans les cas plus graves, par la destruction complète des habitations.

¹⁴ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p23

Aucune donnée sanitaire, tant environnementale qu'épidémiologique, ne permet de connaître l'impact précis de ces événements sur la santé. Il est fort à craindre qu'au minimum, il y ait des conséquences psychiques chez les habitants touchés, à l'instar des situations de crise décrites pour les inondations.

Feux de forêt

Les feux de forêt et d'autres types de végétation produisent des **gaz et des émissions de particules** qui affectent la composition de l'atmosphère. L'exposition aux émissions d'incendies de forêt est essentiellement à court terme.

En ce sens, les études existantes portent le plus souvent sur les liens à court terme (risque aigu) reliant indicateurs d'exposition et indicateurs sanitaires. Ce sont les liens entre particules fines et ultrafines liées à la combustion de la biomasse et indicateurs sanitaires qui sont le plus souvent étudiés. Les niveaux de PM 10 mesurés durant les 5 jours de plus intense activité des incendies ont été utilisés pour caractériser les niveaux de fumées. Il ressort que l'exposition aux fumées de ces incendies est associée à une augmentation des symptômes oculaires et respiratoires, une élévation de la consommation médicamenteuse et du nombre de consultations médicales¹⁵.

2.3.3. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'air

Le changement climatique peut influencer de différentes manières la pollution atmosphérique à l'échelle régionale :

- Plusieurs phénomènes dus à l'augmentation de la température moyenne et des pics de température extrême vont accentuer la **pollution atmosphérique par l'ozone et/ou les particules** :
 - Augmentation de la fréquence des épisodes photochimiques
 - Augmentation des émissions biogéniques de composés organiques volatils
 - Utilisation massive d'appareils de refroidissement, nécessitant une utilisation accrue des centrales électriques ayant recours aux combustibles fossiles
 - Augmentation des durées de pollinisation
- L'augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse va multiplier les feux de forêts entraînant des **émissions de particules de carbone suie et d'oxydes d'azote**,
- La diminution des précipitations dans le Sud de l'Europe va entraîner une aridification créant des conditions plus favorables au **soulèvement de poussières**¹⁶.

Autant il est possible d'identifier les effets du changement climatique sur la pollution, autant il est difficile d'appréhender l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé humaine. L'INVS en cite les raisons :

- la pollution de l'air est complexe, c'est-à-dire formée d'un grand nombre de polluants, qui peuvent en outre réagir entre eux pour former des polluants secondaires ;
- l'exposition à la pollution de l'air est hétérogène dans le temps et dans l'espace : elle dépend notamment des lieux fréquentés par l'individu et des activités qu'il y accomplit ;

¹⁵ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p 17, 20 et 25

¹⁶ Climat Environnement Société, Changement climatique et qualité de l'air, Liens et conséquences pour la santé humaine et les écosystèmes, p3

- les risques individuels sont faibles mais à l'échelle de la population toute entière, les impacts ne sont pas négligeables, car toute la population est exposée ;
- l'état de santé et les antécédents pathologiques, qui vont modifier la sensibilité vis-à-vis de la pollution atmosphérique, sont différents pour chaque individu ;
- les maladies susceptibles d'être liées à la pollution atmosphérique sont multifactorielles, c'est-à-dire que la pollution atmosphérique n'est que l'un des facteurs parmi d'autres qui contribuent à leur apparition¹⁷.

Concernant les polluants, la littérature spécialisée en distingue deux types.

→ Les **polluants primaires**, issus d'émissions naturelles ou anthropiques et des transformations chimiques des composés, dont le GIS Climat-Environnement-Société en cite les principaux :

1. les oxydes de soufre ;
2. les oxydes d'azote ;
3. les composés organiques volatils ou COV (butane, propane, méthane, acétone...) ;
4. le monoxyde de carbone ;
5. les particules (PM10 et PM2.5) ;
6. les métaux (plomb, mercure, cadmium...).

→ Les **polluants secondaires**, qui sont formés dans l'atmosphère par réactions chimiques des gaz entre eux. C'est notamment le cas des particules secondaires, du dioxyde d'azote et de l'ozone. Sous l'effet du rayonnement UV, des réactions chimiques entre les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, le méthane et d'autres composés organiques entraînent la formation d'ozone troposphérique, à la fois gaz à effet de serre (responsable de 10% de l'effet de serre anthropique) et polluant dangereux pour la santé humaine et les écosystèmes. Par ailleurs, les particules et l'ozone au sol forment le smog, une brume bleutée à roussâtre qui limite la visibilité dans l'atmosphère. Il peut être transporté sur des milliers de kilomètres par le vent et les courants atmosphériques¹⁸.

Ces pollutions primaires et secondaires ont des effets divers, qui dépendent non seulement de la dose qui varie selon la concentration des polluants, le volume d'air inhalé et la durée d'exposition, mais aussi de la sensibilité personnelle de l'individu exposé (état de santé, tabagisme). Ils **se manifestent principalement chez les personnes sensibles** : enfants, personnes malades du cœur ou des poumons, asthmatiques. Pour eux, la pollution peut favoriser la survenue de maladies, en aggraver certaines et parfois même précipiter le décès.

Le GIS Climat-Environnement-Société, citant comme source les guides pratiques de l'ADEME, énumère les impacts possibles des différents types de pollution sur la santé :

1. Le dioxyde de soufre (SO₂) est un gaz irritant. Il est associé à une **altération de la fonction pulmonaire** chez les enfants et à une **exacerbation des symptômes respiratoires** chez l'adulte (toux, gêne respiratoire). Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.
2. Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il provoque une **hyper réactivité bronchique** chez les patients asthmatiques et un **accroissement de la sensibilité des bronches aux infections** chez les enfants.

¹⁷ Site web de l'Institut national de veille sanitaire : http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/aide_memoire.html

¹⁸ Climat-Environnement-Société, Changement climatique et qualité de l'air, Liens et conséquences pour la santé humaine et les écosystèmes, p1

3. Parmi les composés organiques volatils (COV), le benzène est particulièrement toxique et peut avoir des **effets sur le système nerveux, les globules et plaquettes sanguines**. C'est également un agent **cancérogène**, capable d'induire une leucémie.
4. A petites doses répétées, le monoxyde de carbone (CO) peut être responsable de **maux de tête, vertiges, fatigues ou troubles sensoriels**. En cas d'exposition très élevée et prolongée, il peut être **mortel** ou laisser des **séquelles neuropsychiques** irréversibles.
5. Les particules peuvent, surtout chez l'enfant, **irriter les voies respiratoires** inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines ont également des propriétés **mutagènes et cancérogènes (particules Diesel)**.
6. L'ozone (O₃) provoque des **irritations oculaires**, de la **toux** et une **altération de la fonction pulmonaire**, surtout chez les enfants et les patients asthmatiques. Ses effets sont accentués par l'exercice physique.

En fonction des délais d'apparition, les travaux scientifiques différencient deux types d'impact de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé :

- **les impacts à court terme** qui surviennent dans des délais brefs (quelques jours) et qui sont à l'origine de troubles tels que : irritations oculaires ou des voies respiratoires, crises d'asthme, exacerbation de troubles cardio-vasculaires et respiratoires pouvant conduire à une hospitalisation, et dans les cas les plus graves au décès ;

- **les impacts à long terme** qui surviennent dans des délais de 1 à 10 ans et qui peuvent être définis comme la contribution de l'exposition à la pollution atmosphérique au développement ou à l'aggravation de maladies chroniques telles que : cancers, pathologies cardiovasculaires et respiratoires, troubles neurologiques, troubles du développement, etc. L'ensemble des études montre que l'impact à long terme de l'exposition à la pollution atmosphérique est beaucoup plus important que l'impact à court terme au niveau de son poids pour la santé publique. La pollution de l'air se traduit ainsi par une dégradation de l'état de santé et du bien-être, et par une diminution significative de l'espérance de vie¹⁹.

Zoom sur la relation entre vague de chaleur et diminution de la qualité de l'air

Le rapport des Ministères de l'Environnement et de la Santé prend la canicule de l'été 2003 comme un exemple majeur de vague de chaleur en France pour analyser cette relation. **Les conditions climatiques et les températures exceptionnelles de l'été 2003 ont conduit à des niveaux de pollution photochimique particulièrement élevés en France** mais aussi en diverses régions d'Europe. Une telle situation n'avait jamais été rencontrée depuis 1991, date de la généralisation des mesures de l'ozone sur l'ensemble du territoire.

Il apparaît clairement, toutes choses égales par ailleurs, que les conditions météorologiques exceptionnelles de type vague de chaleur/canicule telle que celle de 2003 (fort ensoleillement, maintien de températures nocturnes élevées, atmosphère stable, vents souvent faibles) expliquent les phénomènes de pollution de l'air de type photochimique (formation d'ozone) mais également la persistance de niveaux élevés de précurseurs et l'accumulation de l'ozone formé. Ce type de conditions contribue également à la formation et à l'accumulation d'autres polluants d'origine photochimique tels que des aérosols secondaires et des particules fines.

¹⁹ Jean-Marc Yvon, Caroline Huchet-Kervella, Institut de veille sanitaire (InVS), Cire Rhône-Alpes, Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération d'Annecy, 2009-2011, plaquette, 2015, p2

L'ozone a un fort pouvoir oxydant et ses effets affectent les muqueuses respiratoires et oculaires, provoquant la toux et l'irritation des yeux et des voies aériennes supérieures. Il est à l'origine d'effets respiratoires, documentés à la fois par des travaux toxicologiques et épidémiologiques. Les effets à court terme ont été les plus étudiés et la plupart des travaux réalisés mettent en évidence des associations entre les variations journalières de concentrations ambiantes en O₃ et différents indicateurs sanitaires tels que la mortalité toutes causes non accidentelles, les admissions hospitalières (notamment pour BPCO chez les sujets âgés), et la diminution de la fonction respiratoire.

Dans le cadre du Programme de surveillance Air et Santé (PSAS), l'InVS a analysé les relations spécifiques entre pollution, température et mortalité pour la période 1996-2003, incluant la période de vague de chaleur. L'excès de risque de mortalité à court terme lié à l'ozone est légèrement augmenté en moyenne sur les neuf villes par rapport aux estimations antérieures, obtenues en l'absence de vague de chaleur (augmentation statistiquement non significative). Entre les différentes villes, la situation est hétérogène. Même si les résultats quantitatifs obtenus de l'évaluation d'impact sanitaire menée doivent être considérés avec prudence, il apparaît un **impact non négligeable des niveaux de pollution photochimique observés pendant l'été 2003 sur la mortalité**, par rapport aux niveaux de cette pollution observés les années précédentes.

2.3.4. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur la biodiversité

→ Impacts sur la flore

Un des principaux effets du changement climatique sur la biodiversité concerne la flore, et plus particulièrement **les pollens**.

D'après le rapport ministériel, la douceur des températures hivernales, alliées à une élévation du taux d'humidité, induisent plusieurs conséquences sur la pollinisation :

- une **augmentation des concentrations de pollens** dans l'air ;
- une **précocité des saisons polliniques**. Dès la mi-décembre 1987, les températures moyennes ont été supérieures aux normales saisonnières sur une grande région nord de la France, et cette douceur s'est poursuivie jusqu'en février 1988. Début 1988, la pollinisation a été avancée de 4 à 6 semaines par rapport à la normale ;
- une **migration des pollens du sud vers le nord** de la France (ambroisie, pollen d'oliviers, certaines graminées,...) ;
- une **irritation accrue** : la pollution urbaine aggrave la toxicité des pollens en fragilisant la surface des grains et, en permettant la sortie des protéines allergisantes.

Or, les pollens provoquent des affections d'apparence bénigne, parfois sévères, toujours gênantes, voire invalidantes :

- des **rhinites** avec irritation et picotements du nez, crises d'éternuements, écoulement souvent abondant et obstruction nasale ;
- des **conjonctivites** avec larmoiements, démangeaisons, rougeurs et sensation de grains de sable ;
- des **toux**, oppression thoracique ou respiration sifflante, **asthme**, avec diminution du souffle ;
- des **fatigues, maux de tête**, manque de concentration ou d'attention lié à un sommeil perturbé par la rhinite ;

- de **manifestations cutanées** avec aggravation de certains eczémas, plus rarement œdèmes et urticaires²⁰.

L'ONERC remarque qu'en Europe, selon les données de la Commission européenne, un enfant sur sept est asthmatique, et plus particulièrement dans notre pays où environ 20 % de nos concitoyens, soit 10 à 12 millions d'entre eux, présentent des phénomènes allergiques²¹ (dont 12 à 45 % causées par des pollens²²).

L'allergie au pollen des arbres, plantes, herbacées et graminées, appelée pollinose, est liée à l'environnement de la personne et non à un agent infectieux. De petite taille avec un diamètre en moyenne de 25 à 40 µm, les pollens sont généralement délivrés dans l'atmosphère en grande quantité (6 à 7 milliards de grains par an pour un seul pin ; 2,5 milliards en une journée pour un seul pied d'ambroisie). Les pollens responsables d'allergie disposent de certaines protéines ou glycoprotéines qui provoquent une réaction du système immunitaire en pénétrant dans l'organisme par les voies respiratoires.

Les pollinoses sont, par excellence, des affections multifactorielles qui dépendent des conditions naturelles (relief, climat, végétation), des grandes options d'aménagement du territoire (y compris la politique agricole), etc... Leur variabilité chronologique en un endroit donné ne peut être comprise, et par suite prévue, sans une analyse intégrée de tous les paramètres caractérisant l'état de l'atmosphère.

Il est à souligner que les rhino-conjonctivites (rhume des foins) risqueraient de présenter des pics importants aux périodes de dissémination maximale des grains de pollen qui malheureusement ont cours presque toute l'année (à la fin de l'hiver et au début du printemps, il s'agit de pollens d'arbres et d'arbustes ; à la fin du printemps et au début de l'été, du pollen de graminées, et, à la fin de l'été comme au début de l'automne, du pollen d'armoise et d'ambroisie, par exemple)²³.

Pour expliquer l'augmentation d'incidence de ces phénomènes, l'ONERC cite deux thèses scientifiques qui s'affrontent, non exclusives l'une de l'autre :

- 1) une **modification du terrain « atopique » des populations** les rendant plus susceptibles aux allergies²⁴, et
- 2) **l'existence de causes environnementales**, incluant l'augmentation des poussières atmosphériques (celles-ci véhiculent les allergènes) et l'apparition de pollinoses aériennes exacerbées.

Néanmoins, il est clair que les modifications atopiques ne peuvent à elles seules expliquer l'accroissement d'incidence des allergies respiratoires, et par conséquent que des causes environnementales ont émergé, au sein desquelles le réchauffement climatique a très probablement une part importante. À tel point que l'OMS estime que 50 % de la population mondiale pourrait être atteinte d'allergie à la fin du siècle !

²⁰ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p11/13

²¹ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p100

²² Alterre Bourgogne, Repères, Changement climatique et santé : gérer l'incertitude, octobre 2012, n°61, p9

²³ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p12

²⁴ L'atopie est l'aptitude constitutionnelle ou héréditaire à présenter des manifestations allergiques. Elle peut être liée à la production anormale d'immunoglobulines particulières, les anticorps IgE, anciennement appelées « réagines ». (ONERCONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p100)

D'ici à la fin du XXI^e siècle, des scénarios d'hivers plus doux et d'étés plus chauds sont susceptibles de s'associer à des saisons polliniques plus précoces et plus longues. De surcroît, il paraît **plausible que les quantités de pollen émises continuent à augmenter**, du double fait du CO₂ et du réchauffement : à la fin du siècle, par extrapolation de la tendance actuelle, chaque pied d'ambroisie pourrait produire 20 grammes de pollen par an, soit le double de ce qu'il produit aujourd'hui. En outre, du fait de la modification de la répartition spatiale des principales espèces végétales (remontée vers le nord de la végétation à l'image des courbes isothermes sur la France), il faut s'attendre à voir, ici la disparition ou la raréfaction de certains pollens allergisants (le bouleau, par exemple, dans la moitié sud du pays), là l'introduction de pollens jusque là quasi inconnus (l'olivier, par exemple, au nord de l'actuelle limite du climat méditerranéen).

La plupart des facteurs semblent donc agir dans la même direction, pour accentuer les risques allergiques. Si la prévalence des allergies polliniques est en hausse depuis les années soixante-dix, cette hausse pourrait s'accroître avec le réchauffement climatique au cours des prochaines décennies²⁵.

→ Impacts sur la faune

Il existe de nombreux exemples du rôle de l'évolution climatique favorisant le développement de certaines maladies. Le climat fait indéniablement partie des facteurs structurants mais il apparaît généralement au septième ou au huitième rang des facteurs épidémiologiques globaux. L'augmentation de la population mondiale, sa mobilité croissante et la globalisation constituent les facteurs essentiels de l'évolution de ces risques. Dans l'ensemble, les études qui évaluent l'influence du climat sur les agents pathogènes et les vecteurs restent extrêmement simplistes, notamment parce que la biologie des espèces est, en pratique, surtout affectée par la météorologie à des échelles de temps plus rapides (heure, journée)²⁶.

Néanmoins l'ADEME et Alterre Bourgogne notent que **le climat peut favoriser le développement d'agents infectieux de manière indirecte** par le biais de changements écologiques ou de modifications des activités humaines. Par exemple, dans le cas de la fièvre de la Vallée du Rift, les fortes précipitations favorisent la création de flaques d'eau propices au développement des moustiques, accroissant la transmission du virus.

En France, un développement du nombre de piscines ou réserves d'eau et une intensification de systèmes d'arrosage ou d'irrigation, avec développement de points d'eau stagnante résiduelle pourrait favoriser la multiplication d'insectes vecteurs d'arboviroses.

Les températures élevées favorisent l'utilisation de l'air conditionné, facilitant la présence et la transmission du bacille responsable de la maladie du légionnaire²⁷. A l'inverse, l'assèchement de mares ou de cours d'eau devraient avoir un effet positif en diminuant, voire même en supprimant, la transmission de nombreux agents pathogènes liés à l'eau. Les preuves en sont seulement indirectes, avec une relation inverse existant entre le nombre de cas de dengue ou de paludisme, par exemple, et la proximité d'un lieu humide.

Il est important de souligner la **complexité et la multiplicité des possibilités de transmission de maladies infectieuses** et des mécanismes en jeu. Pour de nombreuses maladies, les conditions météorologiques ne sont pas les seules causes explicatives de leur développement. Les contextes

²⁵ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p52/53 et 100

²⁶ Climat Environnement Société, Changement climatique et qualité de l'air, Liens et conséquences pour la santé humaine et les écosystèmes, p3 Jean-Marc Yvon, Caroline Huchet-Kervella, Institut de veille sanitaire (InVS), Cire Rhône-Alpes, Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération d'Annecy, 2009-2011, plaquette, 2015, p12.

²⁷ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008

socio-économiques jouent un rôle important, ce qui rend complexe la compréhension de l'évolution des épidémies et de nouvelles maladies²⁸.

Concernant la transmission de maladies infectieuses, contagieuses ou vectorisées, des hivers plus doux et des printemps plus précoces auront des répercussions sur le rythme saisonnier d'apparition des agents pathogènes et de leurs vecteurs le cas échéant.

Quant aux maladies contagieuses, comme la grippe humaine par exemple, l'importance de leur climato-dépendance devra mieux être quantifiée par rapport à d'autres facteurs responsables, comme des facteurs sociologiques en particulier²⁹.

Ainsi, il paraît intéressant de distinguer les deux types de maladies : les maladies à vecteurs et celles liées aux activités microbiennes.

A) Maladies à vecteurs

Dans le dossier intitulé «*Impacts potentiels du changement climatique sur la santé : l'exemple des maladies à vecteurs*», François Rodhain de l'Institut Pasteur propose une analyse approfondie du phénomène³⁰.

Sur le plan épidémiologique, les systèmes vectoriels sont constitués de trois éléments fondamentaux (**l'agent infectieux, le vecteur, le vertébré**) ayant des relations étroites entre eux et avec l'environnement. Ce sont, de ce fait, des systèmes épidémiologiques extrêmement complexes, dont le fonctionnement demeure mal connu, mais on comprend aisément qu'ils soient sensibles aux changements environnementaux, en particulier aux variations climatiques. En théorie au moins, les conséquences d'une modification du climat peuvent affecter, de manière indépendante, tous les composants biotiques du système épidémiologique, soit de façon directe, soit indirectement par action sur l'écosystème au sein duquel ils vivent.

Par conséquent, suivant les maladies considérées, ces modifications peuvent, en premier lieu, intervenir sur :

- **l'agent infectieux** lui-même, en particulier sur le plan génétique, par la sélection des populations les mieux adaptées aux conditions environnementales, avec des conséquences, par exemple, sur la répartition des génotypes ou sur leur virulence ;
- la répartition, l'abondance, l'éthologie, la dynamique et la structuration génétique des populations des **vertébrés réservoirs**, amplificateurs ou disséminateurs, qu'il s'agisse d'animaux sauvages, d'animaux domestiques, de l'homme ;
- la répartition, l'abondance, l'éthologie, la dynamique et la structuration génétique des populations **d'arthropodes vecteurs**.

Mais, en outre, les conséquences peuvent également se manifester sur les relations que ces composants ont entre eux : contacts écologiques entre populations (par exemple entre les réservoirs et les vecteurs, entre certains vecteurs et la population humaine...), vitesse et intensité du développement de l'agent infectieux au sein de ses différents hôtes, alternativement vertébrés et invertébrés (y compris, chez les vertébrés, les phénomènes immunitaires résultant de ce développement).

Ainsi, pour ce qui est du **vecteur**, l'impact d'une augmentation significative et durable de température pourrait se manifester de plusieurs façons :

²⁸ ADEME et Alterre Bourgogne, Adaptation au changement climatique en Bourgogne et Santé, Dossier thématique – Septembre 2012

²⁹ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p11/13

³⁰ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p65

- une **modification de la répartition géographique du vecteur** (par exemple : remontée vers le nord, ou vers des altitudes supérieures), **ou de sa densité** (en gardant en mémoire le fait qu'il n'y a pas nécessairement de proportionnalité entre la densité d'un vecteur et l'incidence de la maladie transmise). Cependant, les effets se feraient certainement aussi sentir sur toutes les populations des compétiteurs et des ennemis naturels des vecteurs (prédateurs, agents entomopathogènes), et les effets finaux en demeurent difficilement prévisibles actuellement, compte tenu de notre grande ignorance quant aux interrelations de tous ces organismes dans les conditions naturelles ;
- un **allongement de la longévité du vecteur**, en cas d'augmentation parallèle de l'humidité, ce qui augmenterait sa capacité vectorielle ; une augmentation de la sécheresse, en revanche, diminuerait cette capacité ;
- une **modification de la dynamique saisonnière des populations du vecteur** en cas de changement concomitant de la répartition des précipitations, d'où une répercussion sur la saisonnalité de la transmission ;
- un **raccourcissement du cycle de développement du vecteur**, voire augmentation du nombre annuel de générations, ce qui peut avoir des répercussions sur la structure génétique de ses populations, avec peut-être des effets sur, par exemple, la survenue d'une résistance aux insecticides ;
- un **raccourcissement de la durée d'incubation extrinsèque** (durée de l'indispensable développement de l'agent infectieux dans l'organisme du vecteur), ce qui faciliterait la transmission ;
- une **modification des modalités d'une éventuelle transmission verticale** (transmission de l'agent infectieux d'une génération à la suivante dans la population du vecteur qui peut alors se comporter comme un réservoir naturel).

Tous ces effets peuvent se potentialiser ou, au contraire, se contrebalancer au moins partiellement.

Sur les maladies, ils pourraient se traduire par des **modifications**, en plus ou en moins, **des répartitions géographiques des zones endémiques** (en particulier pour les maladies dites «à foyers naturels »), ou de la dissémination d'épidémies, ou encore par des variations, toujours en plus ou en moins, des saisons de transmission (avec des répercussions sur les rapidités d'acquisition et les niveaux de l'immunité dans les populations), ou des intensités de transmission, donc de l'incidence des maladies concernées.

En réalité, compte tenu du nombre des facteurs étroitement intriqués à considérer, l'extrême complexité des systèmes épidémiologiques impliquant l'intervention d'arthropodes vecteurs rend très délicate toute analyse des effets éventuels d'une modification climatique, quelle qu'elle soit, sans recourir à des modèles mathématiques permettant des simulations. Or, nous ne disposons pas toujours de tels modèles. Partant, les prédictions dans ce domaine apparaissent assez conjecturales, d'autant plus qu'il convient également de prendre garde à ne pas négliger les observations de terrain, rigoureuses et prolongées, qui, seules, peuvent permettre de vérifier les hypothèses formulées par les épidémiologistes théoriciens³¹.

Les principales maladies à vecteurs impactées par le changement climatique recensées dans la littérature sont les suivantes :

→ L'ADEME et Alterre Bourgogne considèrent **la fièvre de West Nile** et **la fièvre de la vallée du Rift** comme un risque prioritaire. Les oiseaux constituent l'unique réservoir du virus West Nile. Il est transmis accidentellement aux hommes, comme aux équidés, par la piqûre de diverses espèces de

³¹ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p66/67

moustiques. Les atteintes humaines restent habituellement asymptomatiques, mais il arrive qu'elles soient mortelles. Depuis quelques années, l'infection par le virus West Nile suscite un regain d'intérêt avec l'apparition de flambées plus rapprochées chez l'Homme ou les chevaux dans le bassin méditerranéen (Italie en 1998, Camargue en 2000, Var en 2003). La température, l'insolation et l'humidité couplée aux précipitations modulent l'agressivité des principaux vecteurs potentiels de ce virus. En outre, le climat agit indiscutablement sur le réservoir du virus, en l'occurrence les oiseaux, qui ont depuis quelques années tendance à migrer de plus en plus loin vers le nord ou à hiverner dans des zones plus proches de leurs zones de reproduction.

→ Quant au développement possible du **virus du Chikungunya** en France métropolitaine, il fait aujourd'hui l'objet de supputations : l'augmentation de la température des écosystèmes aquatiques est favorable à une plus forte production de larves de moustiques, l'introduction accidentelle des vecteurs est très probable, d'autres espèces vectrices locales, méconnues ou sous-estimées, ne sont pas exclues...

→ La **leptospirose** est déjà présente dans notre pays et lors de la canicule de 2003, sa recrudescence semble avoir été observée en métropole au moins dans un département. De plus, suite au réchauffement, une multiplication des baignades risque d'augmenter le nombre de leptospiroses observés. Cependant, la mise en place de campagne de dératisation devrait permettre de lutter contre cette maladie³².

→ La **leishmaniose**, maladie parasitaire, transmise par la piqûre des phlébotomes femelles (petits diptères velus, de 1 à 4 millimètres), se présente sous deux formes : l'une cutanée, le plus souvent bénigne et pour laquelle le réservoir principal est constitué par des rongeurs, l'autre viscérale, plus grave, dont les canidés sauvages ou domestiques constituent les principaux réservoirs. Cette forme viscérale, fréquente sur le pourtour méditerranéen, voit actuellement son incidence progresser dans le cadre de co-infections avec le VIH, estime Jean-Pierre Besancenot³³.

L'ONERC note que ces phlébotomes sont très sensibles aux facteurs climatiques ; en témoignent les dynamiques des populations de certaines espèces que l'on observe dans des régions aux variations climatiques suffisamment nettes, comme le pourtour méditerranéen où ces insectes ne sont guère actifs que durant l'été. Les résultats d'études s'appuyant sur des modélisations ont permis de conclure, d'une part, que les distributions géographiques des phlébotomes en Italie étaient dépendantes des températures minimales, ce qui paraît logique pour des insectes à activité nocturne, d'autre part, que la répartition et la fréquence des infections leishmaniennes étaient corrélées avec les températures maximales moyennes. La conclusion est qu'une augmentation des températures serait susceptible d'entraîner une extension vers le nord de certains vecteurs et, partant, de la leishmaniose viscérale. Encore faut-il que l'humidité, à laquelle les phlébotomes sont également très sensibles, ne leur devienne pas défavorable³⁴.

En France, où l'on n'a longtemps identifié que quatre foyers indépendants (Corse, Cévennes, agglomération marseillaise, département des Alpes-Maritimes), la remontée vers le nord du climat de type méditerranéen pourrait transformer des micro-foyers instables en zones endémiques homogènes. **D'ores et déjà, il semble que tout le triangle Andorre-Lyon-Nice soit touché.** De même en Italie, le Piémont, totalement indemne à la fin des années 1980, commence à être contaminé, jusqu'au Val d'Aoste³⁵.

³² ADEME et Alterre Bourgogne, Adaptation au changement climatique en Bourgogne et Santé, Dossier thématique – Septembre 2012, p10/11

³³ Jean-Pierre Besancenot, Notre santé à l'épreuve du changement climatique, Synthèse de l'ouvrage publié chez Delachaux et Niestlé, 2007, p2/3

³⁴ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p68

³⁵ Jean-Pierre Besancenot, Notre santé à l'épreuve du changement climatique, Synthèse de l'ouvrage publié chez Delachaux et Niestlé, 2007, p3

→ Pour le **paludisme**, l'ONERC souligne que de nombreuses régions d'Europe étaient autrefois impaludées, et ce depuis le néolithique ; l'endémie en fut éliminée au début du XXe siècle, sans pour autant que les vecteurs aient disparu. L'élimination de la maladie ne fut pas liée à des modifications climatiques, mais aux progrès accomplis dans les domaines socioéconomique et sanitaire (amélioration de l'habitat, éloignement du bétail, disponibilité de la quinine...). Le climat y est donc toujours favorable, et tout porte à penser qu'aujourd'hui, en cas d'introduction de parasites dans ces pays industrialisés où des anophèles sont de toute façon présents, une quelconque modification climatique ne créerait guère de risque supplémentaire de réimplantation de l'endémie, et ce d'autant plus que les anophèles européens ne seraient pas nécessairement de bons vecteurs pour des souches plasmodiales tropicales qui ne leur seraient pas adaptées.

→ Certains redoutent de voir réapparaître la **dengue** en Europe, à la suite de l'introduction dans la région méditerranéenne de moustiques vecteurs potentiels, comme *Aedes albopictus*, déjà établi depuis quelques années en Albanie et en Italie ou en France, ou même comme *Aedes aegypti* qui pourrait bien arriver un jour grâce au développement des transports. Cette éventualité n'est sans doute pas à rejeter : la dengue a sévi dans cette région dans les années vingt sous forme d'épidémies parfois considérables, et les conditions de vie n'y ont guère changé : les villes méditerranéennes sont toujours densément peuplées, la climatisation des habitations demeure rare, les portes et les fenêtres sont constamment ouvertes, les activités en plein air y sont permanentes durant la journée... Les conditions climatiques y sont déjà favorables, mais on peut penser qu'à la suite d'un réchauffement, la progression d'un vecteur une fois introduit pourrait menacer quelques nouvelles régions où ce mode de vie est encore très répandu. Mais sans doute aurions-nous, en France, les moyens de faire face rapidement à un tel danger.

→ Quant aux **maladies transmises par les tiques**, on peut penser que les modifications climatiques auraient, à la longue, des répercussions sur les populations de tiques. En théorie, ceci pourrait peut-être avoir un impact, par exemple sur la transmission de la borréliose de Lyme ; dans l'hypothèse envisagée d'un réchauffement, une circulation accrue du germe pourrait se manifester au printemps (maximum d'activité, chez les tiques, des stades infectants pour l'homme), peut-être contrebalancée, mais en partie seulement, par une diminution d'activité en automne. Toutefois, le vecteur, *Ixodes ricinus*, se trouverait très défavorisé par une diminution de l'humidité, de sorte qu'une augmentation significative de l'incidence de la borréliose paraît fort peu probable en France. Il conviendrait en outre de tenir compte de l'évolution des populations des rongeurs sauvages (mulots, campagnols...) et des cervidés impliqués dans la circulation de la bactérie comme dans la maintenance des populations de tiques. Par ailleurs, les tiques du genre *Rhipicephalus*, aujourd'hui surtout confinées dans les régions méridionales, pourraient voir progresser la limite nord de leurs populations, ce qui risquerait d'entraîner une expansion des foyers de la fièvre boutonneuse due à *Rickettsia conori*. La plupart des affections à tiques sont des maladies dites « à foyers naturels », ce qui signifie qu'un lien étroit existe entre la circulation des agents infectieux et des écosystèmes particuliers ; ces derniers peuvent évidemment être affectés par un changement climatique prolongé, mais les systèmes épidémiologiques des maladies à tiques sont généralement assez stables, et, compte tenu de leur inertie, ils ne pourraient vraisemblablement évoluer que lentement³⁶.

B) Maladies liées aux activités microbiennes

Le rapport interministériel affirme que les **maladies infectieuses d'origine alimentaire** jouent un rôle important en termes de morbidité dans la population générale. Parmi les principaux facteurs de risque de la contamination des aliments par des micro-organismes pathogènes, on trouve l'évolution des méthodes de production, tant au niveau de la production primaire (élevage, cultures) que de la

³⁶ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p68/69

production secondaire (transformation, distribution), ainsi que le changement de comportement des consommateurs, notamment la consommation d'aliments crus ou peu cuits.

La température est un facteur important du développement et de la survie des micro-organismes, en particulier des bactéries. Une température modérée à chaude est favorable à la multiplication des germes pathogènes. Il a été démontré que certaines maladies infectieuses d'origine alimentaire suivaient une distribution saisonnière. En particulier, les infections liées à la **bactérie Salmonella** (première cause d'infection alimentaire avec 30000 à 40000 cas annuels estimés; voir InVS, 2003a) sont plus fréquentes en été. Différentes hypothèses sont évoquées : d'une part la hausse des niveaux de contamination microbiologique de l'environnement des animaux pourrait conduire à une augmentation de la fréquence de certaines maladies animales et augmenter le risque de contamination initiale des produits animaux au stade de la production primaire, et d'autre part, la multiplication plus rapide des germes dans les aliments en cas d'élévation des températures (ex : rupture de chaîne du froid) conduirait à atteindre des niveaux de contamination microbienne dangereux pour le consommateur³⁷.

Les plages de température considérées à risque vis-à-vis des dangers microbiologiques varient entre 5 et 60°C. De ce fait, la maîtrise de la chaîne du froid est un point majeur pour assurer la salubrité d'un grand nombre d'aliments (viandes, poissons, produits laitiers, plats cuisinés, pâtisseries,...). En période de canicule, les risques de défaillance de cette chaîne du froid sont généralement accrus, tant au niveau des producteurs que des consommateurs.

Concernant l'activité microbienne, fongique et virale naturelle dans les sols et l'eau, elle devrait être bouleversée par des changements plus ou moins importants dans la structure et le fonctionnement de leurs communautés, lesquelles participent au fonctionnement des cycles biogéochimiques. Nous possédons à l'heure actuelle extrêmement peu d'éléments de connaissance sur ces sujets³⁸.

Pour les bactéries se développant dans les écosystèmes aquatiques, se référer au chapitre suivant.

2.3.5. Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'eau

Trois types de risques sanitaires pourraient résulter des impacts du changement climatique sur les ressources en eau :

- Concernant la disponibilité de la **quantité d'eau**, un réchauffement climatique aura prioritairement un impact via la raréfaction du niveau piézométrique général des aquifères et via l'introduction par ruissellement lors d'épisodes de fortes pluies d'eaux parasites (forte charge microbienne) dans des captages mal protégés, accentuant le risque notamment parasitologique qui paraît alors très significatif. Les restrictions d'eau imaginables ou possibles pourraient aussi entraîner dans la population une diminution des conditions d'hygiène générale, conduisant à une augmentation d'un certain nombre de pathologies spécifiques (dermatoses, maladies infectieuses par exemple...)³⁹ ;
- Quant à la **qualité de l'eau potable**, l'ADEME Franche-Comté note qu'une baisse est à craindre à cause de plusieurs phénomènes : submersion de certains captages d'eau potable lors de fortes pluies, sécheresse suivie d'épisodes pluvieux générateurs de pics de pollution par les nitrates augmentation de la température de l'eau froide dans les réseaux intérieurs

³⁷ Health protection agency, Health Effects of Climate Change in the UK 2008, An update of the Department of Health report 2001/2002, edited by Sari Kovats, February 2008, 124p.

³⁸ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p21

³⁹ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p19

d'immeubles propice à la prolifération des bactéries (*Legionella*, lorsque sa température augmente au-delà de 25°C...) ⁴⁰ ;

- Pour les **eaux de baignade**, le rapport interministériel estime que même si une augmentation de l'ensoleillement estival favorise l'auto-épuration de certains rejets déversés dans les systèmes aquatiques, contribuant à une amélioration de la qualité des eaux, il est probable que certaines bactéries utilisent des mécanismes d'adaptation leur permettant de sélectionner des formes résistantes à ces nouvelles conditions d'habitats, et consécutivement deviennent plus pathogènes pour les individus qui les contractent.

En matière d'**assainissement**, les impacts peuvent par exemple concerner la prolifération d'**amibes** (*Naegleria* spp. dont l'espèce *N. fowleri*), par exemple dans les rejets des centrales nucléaires de production d'énergie (température de l'eau notamment au-delà de 32°C). Le respect des valeurs de rejets en amibes pourrait dans certaines conditions conduire à l'arrêt de certaines centrales et avoir des conséquences sur la production d'électricité.

Le problème des pullulations de **cyanobactéries** dans certains plans d'eau en France est l'objet d'une surveillance étroite depuis déjà plusieurs années, en particulier en Bretagne. Les proliférations de certaines espèces d'algues peuvent avoir des conséquences sanitaires par l'intermédiaire de cyanotoxines qu'elles peuvent libérer dans le milieu aquatique, pouvant entraîner des effets directs cutanés auprès des baigneurs, mais surtout des conséquences en cas de consommation d'eau voire d'aliments contaminés (les poissons planctonophages et leurs produits dérivés). Il convient en cas d'épisodes de fleurs d'eau et de blooms algaux de renforcer la fréquence de dépistage et de diagnostic des cyanobactéries dans les eaux douces et dans les eaux saumâtres en particulier.

Le rapport souligne que dans l'ensemble, nous manquons aujourd'hui de connaissances sur les effets directs ou indirects d'une élévation de la température des écosystèmes aquatiques d'eau douce sur la survie et la viabilité des bactéries, virus et parasites pathogènes en interaction avec celles de leurs vecteurs et/ou réservoirs lorsque c'est le cas ⁴¹.

2.4 Effets sur la santé en Rhône-Alpes ⁴²

2.4.1 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur les événements extrêmes

→ Vagues de chaleur

La **canicule d'août 2003**, exceptionnelle en termes d'élévation des températures et de durée, a entraîné une **surmortalité de 50% dans la région Rhône-Alpes**, et jusqu'à 80% pour la ville de Lyon, liée d'une part au phénomène d'îlots de chaleur urbains et d'autre part à la forte concentration de personnes âgées en zone urbaine.

Au total, plus de 3 500 décès ont été enregistrés entre le 1^{er} et le 20 août 2003, soit presque 1 200 décès de plus par rapport à la moyenne des décès observés pendant les trois années précédentes. La

⁴⁰ ADEME, Adaptation au changement climatique en Franche-Comté, Santé, fiche, Septembre 2014, p8

⁴¹ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p8/9

⁴² Les éléments présentés dans cette section permettent d'illustrer l'exposition du secteur de la santé au changement climatique en Rhône-Alpes. Ce travail ne prétend pas être exhaustif, et il conviendra de l'approfondir, par exemple sous la forme d'un groupe de travail, afin d'établir un diagnostic régional des conséquences visibles et à venir des changements climatiques en Rhône-Alpes.

région a un taux de croissance démographique parmi les plus élevés de France (0,88% en 2010), et 80% des habitants sont concentrés sur 10% du territoire⁴³.

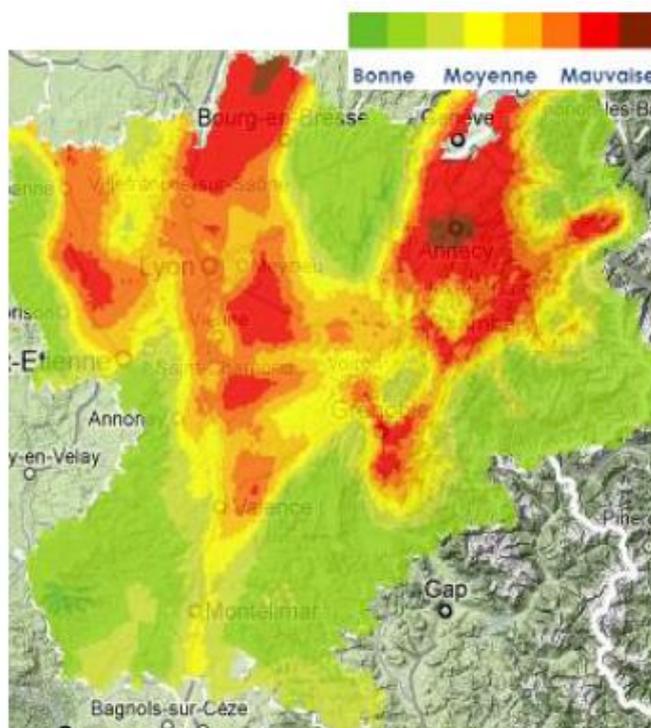
→ Inondations

Plus de 90% des communes de Rhône-Alpes sont concernées par au moins un type de risque naturel, et 85% des communes de la région ont déjà été reconnues en état de catastrophe naturelle. Les inondations représentent près de 84% de ces arrêtés. Plus de 50% des communes rhônalpines présentent sur leur territoire des zones habitées exposées aux inondations⁴⁴.

2.4.2 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'air

Les conditions météorologiques anticycloniques favorisent l'accumulation des particules en raison du refroidissement de l'air à la surface du sol et de l'absence de vents. Les particules sont émises principalement par les systèmes de chauffage et les transports. Leur impact sur la santé humaine se caractérise par des maladies respiratoires, cardio-vasculaires et des cancers.

En Rhône-Alpes, l'**épisode de pollution aux particules PM10 de novembre 2011**, avec 23 jours consécutifs de dépassement du niveau légal, a été le plus long enregistré pour un automne.



Source : Air Rhône-Alpes - 29/11/2011

Le programme Aphékom sur la pollution urbaine en Europe, coordonné par l'InVS et mené dans 25 grandes villes, montre que l'espérance de vie pourrait augmenter jusqu'à 22 mois (6 mois pour Lyon) si les niveaux moyens de particules fines (PM2,5) ne dépassaient pas $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

D'après le programme de surveillance air et santé (PSAS-9), le **nombre de décès prématurés** attribuables à des niveaux de pollution supérieurs à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ **est de 221 pour Lyon**⁴⁵.

⁴³ Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes, Lucie Anzivino-Viricel, Lucile Montestrucq, et Olivier Guye, avec le soutien de la Région Rhône-Alpes - Changement climatique et santé en Rhône-Alpes, août 2012, p3

⁴⁴ Même source, p3

⁴⁵ Même source, p4

2.4.3 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur la biodiversité

→ L'ambrosie en Rhône-Alpes

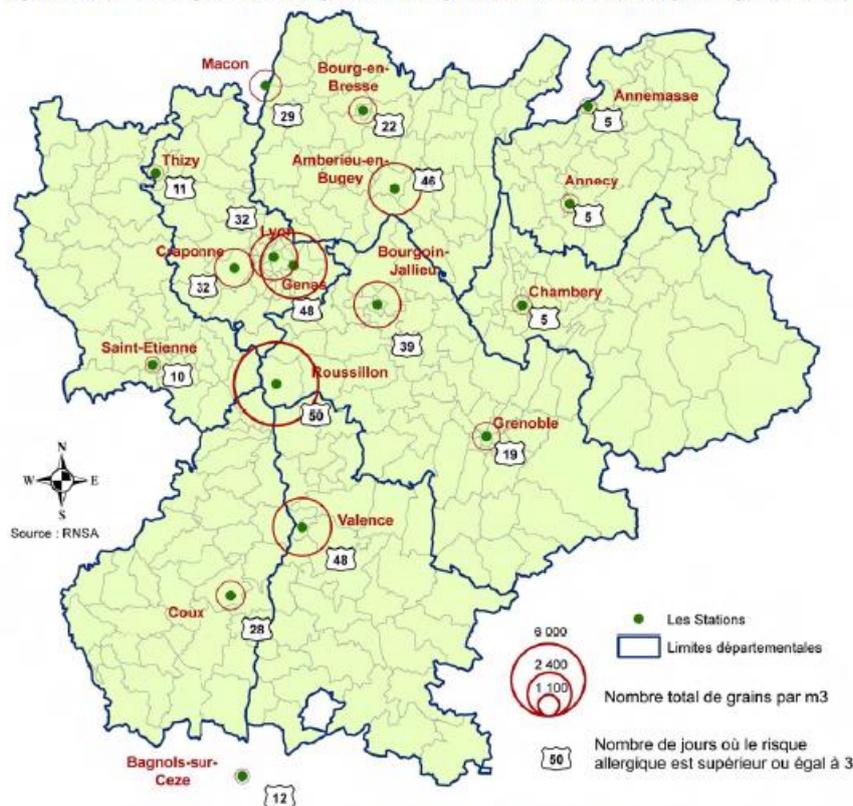
Dans les années 1900, avec une teneur en CO₂ de 290 ppm, un pied d'ambrosie produisait 5,5 grammes de pollen au cours d'une saison moyenne. Aujourd'hui, avec une teneur en CO₂ de 370 ppm, il en produit 10 grammes⁴⁶.

Le changement climatique est susceptible d'induire une modification des espèces végétales présentes sur le territoire, avec un allongement de la période d'exposition aux allergènes et une augmentation des quantités de pollens. **Rhône-Alpes est la région française la plus touchée par l'ambrosie**, plante annuelle invasive qui colonise les sols nus et dont le pollen est particulièrement allergisant.

Une étude épidémiologique menée en 2004 a estimé la prévalence individuelle de l'allergie à l'ambrosie à 9%, montrant un gradient en fonction de l'indice pollinique d'exposition aux pollens⁴⁷. En 2014, l'Observatoire régional de la santé a reconduit une enquête auprès de la population. Cette nouvelle étude montre que le taux de ménages avec au moins un cas d'allergie a presque doublé en dix ans. De même, la prévalence individuelle de l'allergie à l'ambrosie atteint 13%, voire 21% dans la zone fortement exposée⁴⁸.

En 2011, l'été globalement chaud et ensoleillé de la région a favorisé une **pollinisation à l'ambrosie précoce et longue** (jusqu'à 11 semaines).

Carte 1 : Observation du pollen d'ambrosie et du risque allergique d'exposition au pollen sur les 15 capteurs de Rhône-Alpes et deux capteurs limitrophes (cumul sur la saison pollinique en 2011)



Données sur 122 jours entre le 1 juillet 2011 et le 30 octobre 2011 - Source RNSA

49

⁴⁶ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p51

⁴⁷ CAREPS Grenoble, Place de l'allergie à l'ambrosie parmi les pollinoses dans certains secteurs en Rhône-Alpes, Etat de la situation en 2004, 2005.

⁴⁸ ORS Rhône-Alpes, Etude de la prévalence de l'allergie à l'ambrosie en Rhône-Alpes, 2014.

⁴⁹ ARS-ORS, 3^e rapport sur l'ambrosie en région Rhône-Alpes : analyse des données environnementales et médico-économiques, 2012, p11

Un **indice de risque allergique d'exposition au pollen** est déterminé grâce aux données polliniques, phénologiques et cliniques. Il va de 0 (risque nul) à 5 (risque très élevé). Un indice supérieur ou égal à 3 correspond à un risque moyen (3), élevé (4) ou très élevé (5) qui se traduit par la survenue de symptômes chez tous les allergiques au pollen d'ambroisie.

On observe qu'en 2011 (carte ci-dessus), **les zones les plus à risque** (plus de 30 jours de risque d'exposition important) se situent vers Roussillon, Valence et le sud de la vallée du Rhône, Lyon (centre, est et ouest), Bourgoin-Jallieu et Ambérieu-en-Bugey. Le risque est moins marqué (15 à 29 jours) à Bourg-en-Bresse et le nord du val de Saône, Coux/Privas, Grenoble. Le risque est le plus faible (de 5 à 11 jours) à Annemasse, Annecy, Chambéry, Thizy (nord-Rhône) ou Saint-Étienne.

La **population « fortement présumée allergique » à l'ambroisie**, représentait en Rhône-Alpes environ **195 000 personnes** en 2011 (soit un taux de 42% de la population des 6-64 ans). Le taux est inégalement réparti au niveau départemental puisqu'il atteint dans la Drôme 56 % en 2011 contre 28 % en 2011 en Haute-Savoie.

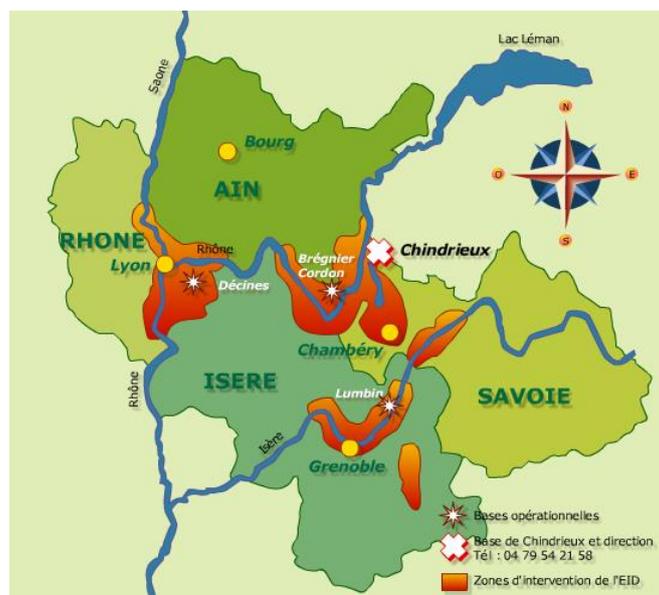
La **population « probablement allergique » à l'ambroisie**, représentait en Rhône-Alpes près de **259 000 personnes** en 2011 (soit un taux de 55% de la population des 6-64 ans).⁵⁰

→ Le moustique tigre en Rhône-Alpes

Depuis 2004, le moustique tigre (*Aedes albopictus*) s'est installé sur le littoral méditerranéen. La zone de colonisation s'est considérablement étendue depuis. On considère désormais que l'ensemble du littoral méditerranéen est colonisé. **Depuis 2009, *Aedes albopictus* a également été détecté en Rhône-Alpes.**

Responsable d'un épisode de chikungunya, polyarthrite aiguë fébrile pouvant déboucher sur des arthrites inflammatoires, en 2007 en Italie, il a également été mis en cause dans deux cas autochtones de transmission de chikungunya et de la dengue en 2010 dans le sud de la France.⁵¹

En Rhône-Alpes, l'E.I.D. (Entente interdépartementale pour la démoustication) a pour vocation de lutter contre la prolifération des moustiques. Elle est notamment chargée de faire une **expertise pour identifier les lieux de développement.**



Zones d'action de l'EID en Rhône-Alpes

⁵⁰ ARS-ORS, 3^e rapport sur l'ambroisie en région Rhône-Alpes : analyse des données environnementales et médico-économiques, 2012, p17

⁵¹ Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes, Lucile Anzivino-Viricel, Lucile Montestrucq, et Olivier Guye, avec le soutien de la Région Rhône-Alpes - Changement climatique et santé en Rhône-Alpes, août 2012, p4

2.4.4 Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'eau

La région Rhône-Alpes possède des ressources en eau abondantes, mais inégalement réparties, et les projections liées au changement climatique tendent à la fois vers une **quantité et une qualité microbiologique amoindrie de l'eau**. Les conflits d'usage déjà observés dans les zones d'assecs (sans eau) fréquents (Drôme, Ardèche, Ain, Plaine du Forez) devraient alors s'exacerber.

En 2011, l'étiage (niveau d'eau très bas) a été très précoce en raison d'un hiver sec suivi d'un printemps sec et chaud sur l'ensemble du bassin de la région. Une sécheresse sévère était enregistrée dès le mois de juin. Des mesures de limitation des usages de l'eau ont été prises début juillet jusqu'à mi-novembre pour les départements du Rhône et de la Drôme. Fin mai, le Rhône a battu ses records historiques d'étiage enregistrant les débits les plus faibles depuis 1920, **sans engendrer, toutefois, de problèmes d'alimentation en eau potable**.

On note de plus une persistance de **perturbations ponctuelles significatives dans la qualité des eaux** (pesticides, nitrates...), notamment dans les aquifères de la plaine de Bièvre- Valloire, les alluvions de Bourbre-Catelan, de la plaine de l'Ain, Bourg-en-Bresse, et plaine de Valence⁵².

Le **lien entre la quantité et la qualité de l'eau** est ainsi renforcé. La question des rejets polluants dans les cours d'eau se posera avec acuité face à des débits d'étiage fortement diminués et à l'augmentation des températures de l'eau. Le problème devrait se poser en termes de capacité de dilution des contaminants et de recrudescence des phénomènes d'eutrophisation⁵³.

L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse a ainsi établi, en 2013, des cartes de vulnérabilité (enjeux relatifs à la disponibilité de la ressource en eau et au niveau trophique des eaux⁵⁴), qui ont servi de base au Plan de bassin d'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau, réalisé en 2014.

⁵² Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes, Lucie Anzivino-Viricel, Lucile Montestrucq, et Olivier Guye, avec le soutien de la Région Rhône-Alpes - Changement climatique et santé en Rhône-Alpes, août 2012, p3

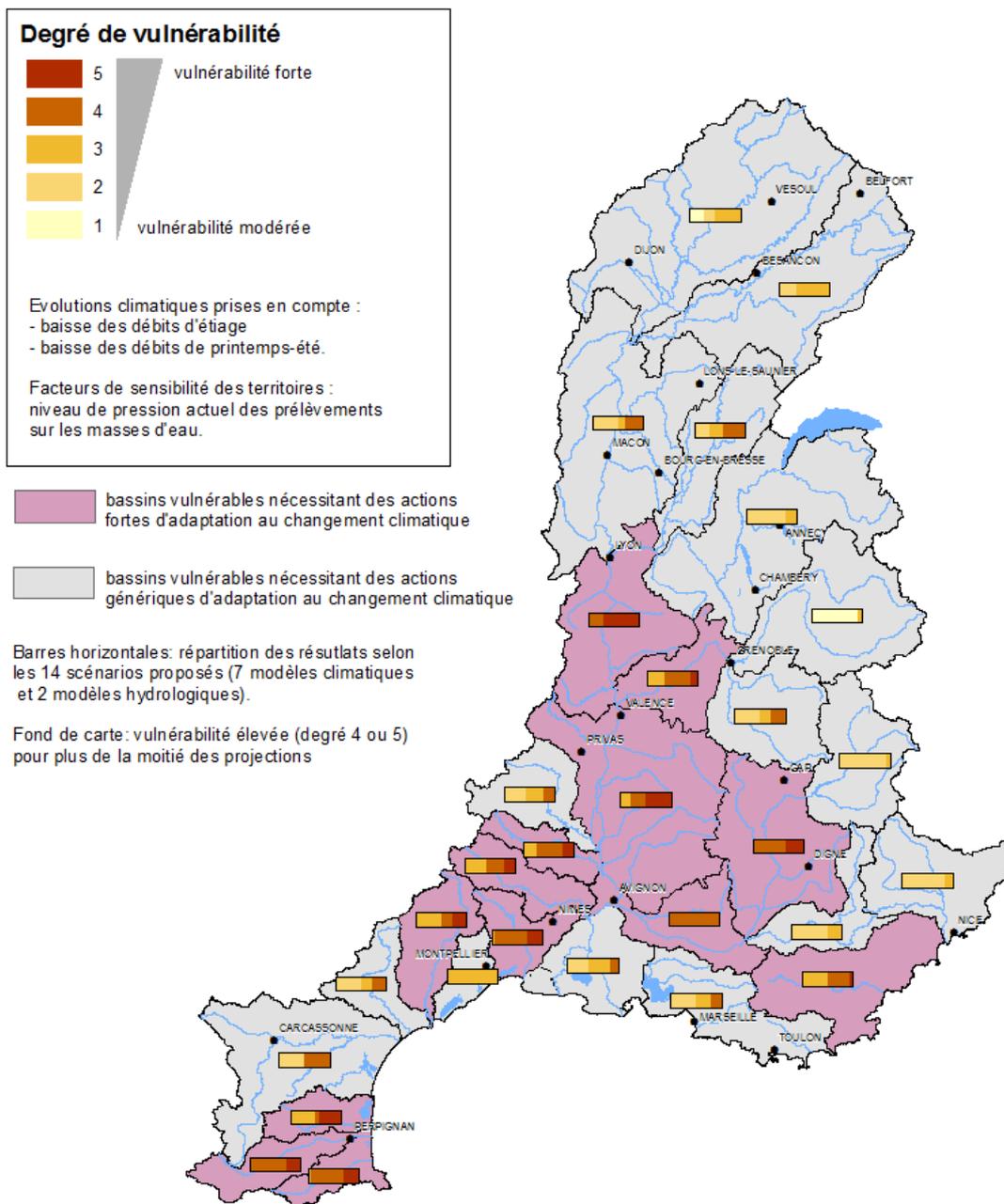
⁵³ Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, Bilan des connaissances, 2012, p41

⁵⁴ Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Etude de caractérisation des vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatique dans le domaine de l'eau, 2013, p21 et p43

Vulnérabilité au changement climatique pour l'enjeu **disponibilité en eau**

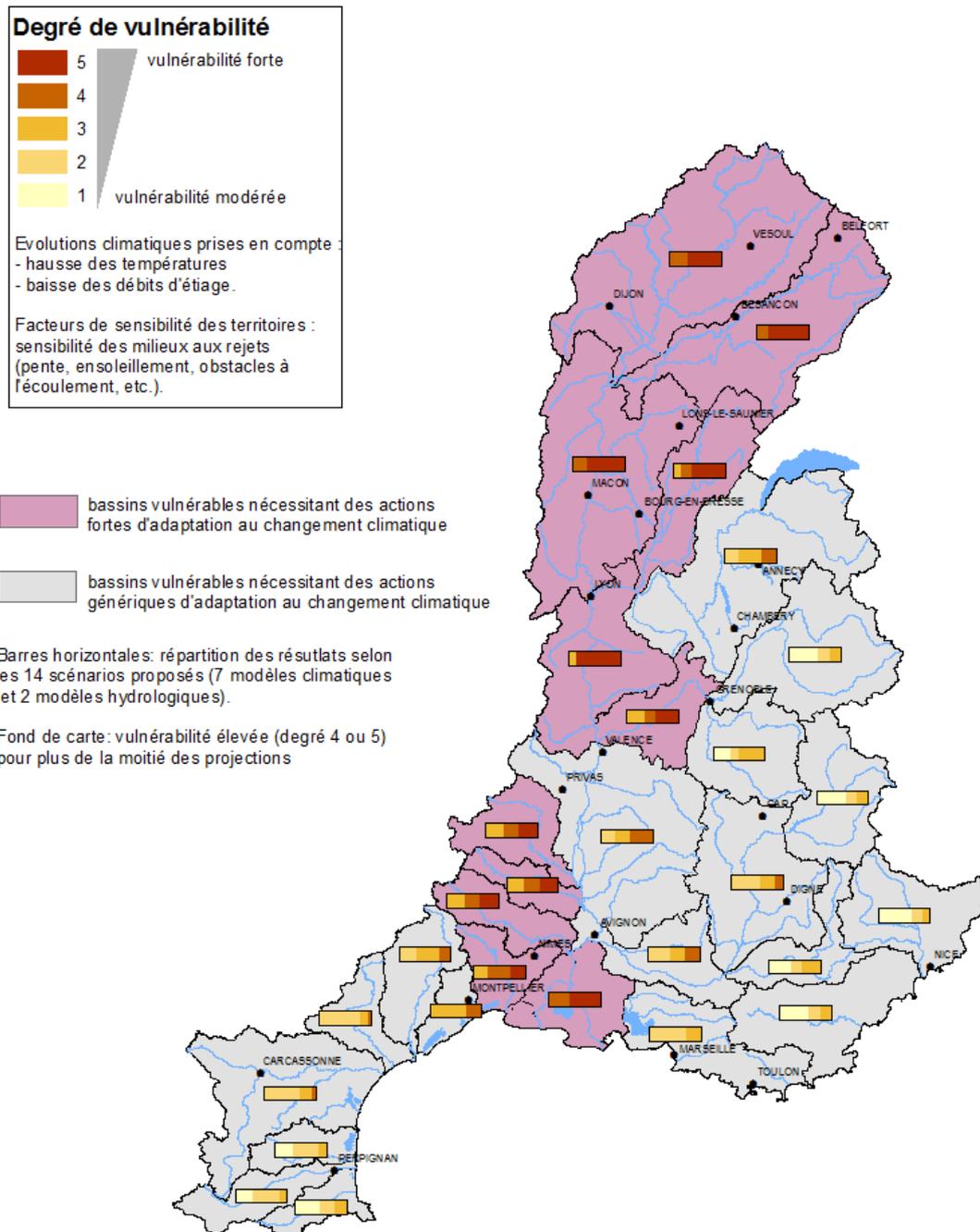
V 20 août 2013

Incidences du changement climatique sur les déséquilibres quantitatifs superficiels en situation d'étiage (compte tenu des aménagements actuels)



Vulnérabilité au changement climatique pour l'enjeu **niveau trophique des eaux**

Incidences du changement climatique sur la capacité d'autoépuration des cours d'eau



3. SENSIBILITE ACTUELLE DU SECTEUR DE LA SANTE PAR RAPPORT AU CLIMAT

Comme le mentionne Alterre Bourgogne, si le changement climatique est devenu aujourd'hui une certitude, celui-ci reste chargé d'inconnues quant à l'expression des événements climatiques, leur arrivée, leur force, leur fréquence, et surtout leurs conséquences. Les risques climatiques puis sanitaires sont difficiles à qualifier.

Quoi qu'il en soit, les conséquences du changement climatique sur la santé sont sources d'inégalités :

- **entre individus**, selon la prédisposition individuelle à certaines maladies ou selon qu'une affection est déjà existante (problèmes cardiovasculaires ou respiratoires, sensibilité allergique...);
- **entre populations**, en fonction des catégories d'âge ou socioprofessionnelles, mais aussi en fonction de l'attitude face aux soins. D'après les enquêtes de l'Institut national des études démographiques (INED), les hommes se protégeraient moins que les femmes, et les populations précaires, moins que les catégories sociales aisées ;
- **entre territoires**, avec des différences ville/campagne. Les villes sont plus vulnérables que les espaces ruraux (phénomène îlot de chaleur urbain), face aux risques de pollution de l'air ou d'inondation⁵⁵.

Un rapport de la Commission européenne précise que, comme la santé et le bien-être sont aussi étroitement liés à des facteurs socio-économiques tels que le revenu, le logement, l'emploi, l'éducation, le sexe et le mode de vie, les effets du changement climatique devraient modifier les inégalités en matière de santé au sein des pays et entre ceux-ci, pour conduire à un partage inégal et à des charges supplémentaires pour les groupes à faible revenu et certains groupes vulnérables, comme ceux des enfants, des personnes travaillant à l'extérieur, des personnes âgées, des femmes et des personnes déjà malades.

Ainsi, on a découvert l'existence d'un **lien très marqué entre la mortalité due à la chaleur et la situation socio-économique**. Pour certains effets, comme la mortalité due à la chaleur et à la pollution atmosphérique, les personnes âgées sont beaucoup plus vulnérables, et d'autres facteurs liés au statut socio-économique peuvent avoir une influence sur ce groupe⁵⁶.

A noter au préalable qu'il existe en règle générale encore peu de sources documentaires sur les effets du changement climatique sur les différentes catégories de population.

3.1. Sensibilité selon l'âge, le sexe et les antécédents médicaux

Le rapport européen souligne que les groupes potentiellement menacés par les différents effets du changement climatique, comme la **pollution et les vagues de chaleur**, concernent **les enfants et les personnes âgées**.

Concernant les **catastrophes majeures**, elles peuvent avoir des conséquences psychologiques considérables, notamment pour les groupes très vulnérables comme celui des **enfants**. La multiplication des catastrophes en raison des conditions défavorables induites par le changement

⁵⁵ Alterre Bourgogne, Repères, Changement climatique et santé : gérer l'incertitude, octobre 2012, n°61, p11

⁵⁶ Commission des communautés européennes, Bruxelles, le 1.4.2009, Document de travail des services de la Commission accompagnant le Livre Blanc Adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen Les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale, p8/9

climatique pourrait donc conduire à une augmentation du nombre de personnes touchées à cet égard.

Quant aux **personnes souffrant déjà de maladies respiratoires** chroniques telles que l'asthme, les allergies graves ou la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), elles constituent également une cible particulièrement vulnérable⁵⁷.

La fragilité de ceux qui ont des antécédents médicaux se vérifie aussi face à l'excès de chaleur qui peut contribuer à aggraver une maladie déjà installée ou à la déclencher. Alterre Bourgogne cite l'InVS, qui affirme que 82% des décès survenus en août 2003 concernaient, en très grande majorité, des personnes âgées atteintes d'affections de longue durée de type cardiovasculaire, cérébrovasculaire, respiratoire ou mental⁵⁸.

3.2. Sensibilité selon la situation géographique y compris les problématiques urbaines

D'après le rapport interministériel, les effets du changement climatique sur la santé sont à la fois très **hétérogènes selon les régions** et les phénomènes climatiques, mais aussi complexes à identifier car **intervenant à des niveaux d'échelles de temps et d'espace variés**.

Le changement climatique peut être une **source de dangers** du fait d'une modification des milieux, directement (eau, air, sol) ou indirectement, par inondations et/ou pollutions (sols, sédiments). Ceux-ci pourront être une source de dégradation potentielle plus ou moins forte de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine et aux loisirs, des aliments, de la qualité de l'air (ozone, particules en suspension, pollens,...), des conditions de vie (température, pluviométrie, ultraviolets,...) et de la qualité de l'habitat.

La sélection des lieux à construire en fonction de leur **vulnérabilité aux risques d'inondations et de crues**, ainsi que l'importance de la **densification des villes**, source d'un nombre accru de populations exposées à un même aléa (îlots de chaleur urbains -ICU, débordements de réseaux d'eaux usées,...) deviendront des paramètres obligatoires à considérer dans le génie civil et urbain du XXIème siècle et la planification du territoire national⁵⁹.

Au sujet de la **fragilité accrue des villes**, il est important de regarder plus en détail les impacts du changement climatique auxquels leurs habitants sont exposés. Comme mentionné précédemment, cette fragilité est due non seulement à une concentration importante de personnes, mais aussi aux phénomènes d'ICU et à la dégradation de la qualité de l'air, plus marqués qu'en milieu rural. Il est à noter que les vagues de chaleur à l'origine des ICU ne touchent pas de la même manière les urbains car, dans les villes les plus froides, l'augmentation de la mortalité aux températures élevées est relativement accentuée, tandis que dans les villes les plus chaudes, l'impact de la chaleur sur la mortalité est moins fort.

Quant à la qualité de l'air, les zones urbaines sont confrontées de plus en plus souvent aux pics de pollution impactant directement leurs habitants⁶⁰. De plus, cette pollution urbaine ne constitue pas seulement un risque direct sur la santé, mais elle aggrave aussi la toxicité des pollens puisqu'elle

⁵⁷ Commission Européenne, Les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale, Document de travail des services de la Commission accompagnant le Livre Blanc - Adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen, Avril 2009, p8

⁵⁸ Alterre Bourgogne, Repères, Changement climatique et santé : gérer l'incertitude, octobre 2012, n°61, p5

⁵⁹ Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p7

⁶⁰ Cf. : chapitre « Risques sanitaires liés aux impacts du changement climatique sur l'air »

fragilise la surface des grains de pollen et permet ainsi la diffusion des protéines allergisantes. De ce fait, la population citadine pourrait être plus exposée⁶¹.

Par rapport au **risque inondation**, le rapport interministériel note que nous ne connaissons pas aujourd'hui la population française exposée aux inondations, notamment en milieu urbain, relativement au changement climatique. Dans les secteurs urbains et périurbains, des actions anthropiques jouent un **rôle aggravant dans la formation et l'écoulement des crues**, comme l'imperméabilisation des sols, la canalisation ou la mise en souterrain des cours d'eau. C'est pour cela qu'il est important pour le milieu urbain à forte densité de population d'avoir des réseaux d'assainissement adaptés aux pluies intenses à venir dans le cadre du changement climatique.

Pour les auteurs du rapport, selon les régions sur le territoire national, d'autres effets, comme une **plus ou moins grande offre de soins locale**, pourront constituer, soit un facteur favorable, soit un facteur défavorable au suivi des pathologies associées à certains aléas climatiques. On peut citer par exemple le besoin d'ophtalmologistes pour la cataracte et la DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge) associée à une plus longue exposition aux rayons ultra-violetes, et de psychologues et psychiatres pour les états de stress post aléas exceptionnels (inondations).

Par ailleurs, les **établissements de santé** et médico-sociaux seront **exposés eux aussi aux aléas climatiques extrêmes** (inondations, tempêtes) provoquant dans certains cas le déplacement de personnes (ex : personnes âgées en maison de retraite).

Enfin, un comportement spontané de **déplacement de la population** de zones à risques vers des zones moins exposées n'est pas à exclure à la fois au sein de la Métropole (des zones méditerranéennes vers les zones océaniques) mais aussi dans nos Communautés et Régions d'Outre-Mer (des zones sous influence des cyclones vers les zones abritées, par exemple). De tels déplacements pourront avoir un impact favorable sur la santé, bien qu'il soit difficile d'en faire l'évaluation, mais ils auront des conséquences économiques et sociales dont nous ne mesurons pas encore les limites. De même, des comportements individuels dans la vie quotidienne (loisirs à l'extérieur et exposition aux ultra-violetes ou aux coups de chaleur,...) pourront être modifiés, conduisant à une sous-estimation de leur coût public⁶².

⁶¹ Alterre Bourgogne, Repères, Changement climatique et santé : gérer l'incertitude, octobre 2012, n°61, p8

⁶² Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008, p24/27

4. CAPACITE D'ADAPTATION

Les changements climatiques présents et à venir modifient l'environnement, les déterminants de l'exposition aux risques environnementaux et infectieux, et éventuellement l'état de santé de la population.

D'après l'ONERC, la **surveillance sanitaire** a trois rôles principaux dans ce contexte:

- 1) Contribuer au suivi et à la compréhension des impacts sanitaires du changement climatique à travers la constitution de séries de données exploitables sur de longues périodes de temps;
- 2) Apporter des éléments pour hiérarchiser les actions d'adaptation, les mettre en œuvre, et évaluer leur efficacité ; et
- 3) Anticiper les menaces émergentes. S'il n'est pas nécessaire de créer de nouveaux systèmes de surveillance sanitaires pour cela, une meilleure connexion entre surveillance environnementale et sanitaire et une plus grande interdisciplinarité sont nécessaires pour répondre à ces nouveaux objectifs⁶³.

L'exemple le plus abouti de cette surveillance concerne le risque caniculaire : les données de mortalité permettent des analyses rétrospectives sur plusieurs dizaines d'années. La constitution d'une base de données de morbidité par l'Institut de veille sanitaire (InVS) est en cours grâce au système de surveillance Sursaud®. Le plan national canicule a été conçu, puis évalué et amendé sur la base de données de surveillance et d'études épidémiologiques⁶⁴.

Pour l'ONERC, le schéma général de réponse sanitaire adopté par les partenaires du Plan national canicule, mis en place à l'été 2004, ne devrait guère être différent pour d'autres risques identifiés :

- **Grands froids** : cela existe depuis 2001 sous l'aspect social de l'aide aux sans-abri, mais pas encore sous le volet sanitaire ;
- **Inondations ou sécheresses** : là aussi des projets se dessinent autour d'une coordination entre Météo-France et le Service d'hydrologie et d'appui à la prévision des inondations (Schapi) pour alerter les acteurs du secours ;
- **Ultraviolets** : pour les destinations estivales, cela se fait depuis quelques années; mais aussi à la neige l'hiver et, en ville, l'été venu ;
- **Pollens et allergies** : les risques sont suivis par le RNSA, qui mériterait d'être consolidé;...

Les pollens reconnus comme les plus allergisants sont suivis de plus près (RNSA), ce qui donne lieu à la diffusion de bulletins polliniques à l'adresse des allergologues et des allergiques. Ces bulletins sont articulés sur le dénombrement et l'identification des grains de pollen, sous microscope optique, par des analystes spécialisés, mais aussi, afin de déboucher sur des prévisions, sur les conditions climatiques passées et sur les prévisions météorologiques. Des hivers doux sont en général associés à un début de pollinisation précoce ; à l'inverse, lors d'une année comme 2006 avec un hiver assez froid et prolongé, suivi d'une arrivée brutale de la chaleur, on a assisté à une pollinisation tardive et timide des espèces habituellement les plus précoces (noisetier, aulne), suivie d'une explosion pollinique brutale en avril (bouleau et frêne, notamment)...

⁶³ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p2

⁶⁴ Institut de Veille Sanitaire, Froid et santé – Eléments de synthèse bibliographique et perspectives, Mars 2004, p3

- **Pollution atmosphérique** : la loi Laure a déjà posé des bases solides pour le suivi, la mise en alerte, la législation et les réglementations ; des conseils de comportement accompagnent également l'information sur les niveaux de risque gérés par la fédération Atmo et les AASQA;
- **Phénomènes violents** : tempêtes et ouragans, orages dévastateurs, risques d'avalanche, fortes chutes de neige et autres phénomènes glissants... Là aussi, la procédure de vigilance de Météo-France a posé des jalons vers une culture du risque météorologique⁶⁵.

Selon Alterre Bourgogne, pour les risques sanitaires connus et faisant référence à des phénomènes déjà apparus, **les moyens d'action sont de l'ordre de la prévention**: alerte des populations par les pouvoirs publics, modification des modes de vie, anticipation par les services médicaux... Les réseaux de surveillance et d'information auprès des populations fragiles sont au cœur de cette adaptation.

Mais il y a aussi des risques sanitaires totalement inconnus, des situations qu'on ne peut pas prévoir et où l'incertitude est totale...

Au-delà du type d'aléa, **ce sont les conséquences que l'on ne mesure pas bien**. C'est le cas de l'arrivée de nouvelles maladies. Il y a une incertitude forte sur la réponse du vivant à de nouvelles conditions climatiques. Pour se préparer, il est essentiel de pouvoir s'appuyer sur des connaissances. Celles-ci sont fournies par une combinaison d'outils : mesures sur la fréquence de l'événement climatique, analyse de son expression en termes de santé (souvent réalisée par de la modélisation), suivi et surveillance pour estimer les répercussions sur le milieu et ses conséquences sur les populations.

Sans attendre l'acquisition de connaissances, des actions peuvent être engagées pour s'adapter aux conséquences des aléas :

- **À titre individuel**, il s'agit de privilégier un comportement responsable et une hygiène de vie (se protéger, se soigner, limiter alcool et tabac...).

L'adaptation des individus

Les individus ont une capacité individuelle et sociale plus ou moins grande à s'adapter. On constate en effet que le seuil thermique au-dessus duquel le nombre des décès augmente fortement est nettement plus élevé dans les régions au climat chaud que dans celles au climat tempéré (27,5 °C en Belgique, 31 °C à Paris, 41 °C à Séville...). C'est probablement la résultante de trois modes d'adaptation : physiologique, comportementale et sociale (capacité à s'hydrater et prendre des douches froides, solidarité envers les personnes fragiles et isolées, déplacement spontané de la population de zones à risques vers des zones moins exposées...), technologique (meilleure isolation thermique, aménagement et architecture du bâti)⁶⁶...

- **À l'échelle des collectivités**, les aménagements devraient favoriser un apport de fraîcheur et de préservation de la qualité des milieux (aménagement de plans d'eau ou de zones d'ombrage en ville, préservation de la qualité des milieux, confort d'été des bâtiments ou des usines...). Le suivi et l'assistance auprès des populations précaires ou fragiles seront à conforter davantage demain, pendant les vagues de chaleur, qu'aujourd'hui, en hiver.

- L'adaptation au changement climatique concerne aussi **les modes de gouvernance et les pouvoirs publics**. De façon générale, les pouvoirs publics doivent intégrer dans leurs politiques et leurs actions les deux caractéristiques du changement climatique, à savoir l'inconnu et l'incertitude.

⁶⁵ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p51/55

⁶⁶ ADEME, Adaptation au changement climatique en Franche-Comté, Sante, fiche, 2014, p3

Toute mesure devra éviter d'aggraver la vulnérabilité des populations et ne pas générer de conséquence préjudiciable quelle que soit l'évolution climatique.

Pour contrer l'arrivée de nouveaux foyers de maladies, des **moyens de lutte préventive** sont à mettre en place sur les vecteurs. En cas d'infestation forte et brutale, le recours aux pesticides sera difficile à éviter si les méthodes de lutte alternative sont trop peu efficaces. Les soins curatifs à l'Homme sont un dernier recours. Les insectes étant le point commun de nombreuses maladies, le suivi des vecteurs pourrait donner lieu à des réseaux mutualisés. Former davantage d'entomologistes pourrait également s'avérer nécessaire.

Avec le réchauffement climatique, il est probable que la contamination microbienne augmente sur les aliments d'origine végétale ou animale... La surveillance de la chaîne de froid du producteur au consommateur nécessitera encore plus de rigueur pour éviter toute rupture. L'usage de produits phytosanitaires pour contrer ces développements de champignons sur les végétaux et prévenir la formation de mycotoxines dans les produits secs, pourrait devenir plus important.

Que faudrait-il faire pour se préparer, s'adapter ? Ne pas céder au catastrophisme, mais **se préparer à toutes les éventualités** : le pire n'est le pire que quand il prend par surprise⁶⁷.

⁶⁷ Alterre Bourgogne, Repères, Changement climatique et santé : gérer l'incertitude, octobre 2012, n°61, p7/11

CONCLUSION

Besoin de développement de connaissances et d'adaptation des pratiques

Plusieurs besoins ont été identifiés en termes de développement de connaissances et adaptation des pratiques, par les différents acteurs qui ont publié leurs recommandations dans l'ouvrage de référence édité par l'ONERC.

→ Les principales **recommandations** de Jean-Claude Manuguerra, ressortant de l'examen des maladies susceptibles d'être influencées par le changement climatique en France, sont les suivantes :

- **La recherche doit être développée et impliquée à tous les niveaux.** Il est particulièrement urgent de développer la recherche dans les disciplines suivantes : écologie, épidémiologie, biodiversité, systématique, entomologie, socio-économie, science de la communication. La relève n'est pas aujourd'hui assurée. Il faut développer la transdisciplinarité et faire tomber les cloisons existantes entre les disciplines.
- Il est également nécessaire de **développer notre capacité d'observation** systématique, d'épidémiologie et de prévision.
- Il faut **cibler et sélectionner des maladies** qui pourraient être associées au changement climatique. On peut se baser sur les six maladies infectieuses (virales, bactériennes et parasitaires) qui ont été identifiées dans le rapport de l'AFSSA.
- Il faut **régionaliser les problèmes** et prendre en compte par exemple le fait que la diffusion de maladies dans un environnement insulaire est plus rapide puisqu'il y a moins de compétition entre les vecteurs.
- Les **données sur la morbidité doivent être mieux prises en compte**, même si elles sont difficiles à obtenir : les données sur la mortalité ne sont pas suffisantes.
- Les **pathologies** liées à des variations de thermorégulation et à des atteintes des systèmes neurovégétatifs doivent aussi être prises en compte.
- Enfin, le **changement climatique ne doit pas être un alibi** cachant d'autres causes possibles. Il n'y a jamais de cause unique dans l'émergence d'une maladie.

→ Jean-Louis San Marco fait aussi le constat, en France, d'un **cloisonnement des administrations**, où chacune défend jalousement son territoire, pratique couramment la rétention d'informations, et ne se prête pas aux coopérations nécessaires. Or une situation de crise ne peut pas avoir une réponse « mono-institutionnelle ». Il insiste notamment sur les points suivants :

- un bilan complet doit être rendu après la crise ;
- chaque crise doit permettre de mieux se préparer pour les suivantes ;
- il faut éliminer les organisations en « tuyaux d'orgues » et faciliter les échanges transversaux entre les administrations ;
- il faut diffuser l'information au maximum et éduquer les populations, notamment sur les conséquences de la température ; à ce sujet, il faut noter que les jeunes actifs peuvent également être victimes des chaleurs extrêmes ;
- il faut développer la culture de gestion des risques et non pas seulement celle de gestion des crises ;

- des progrès sont également à faire dans la gestion des pathologies gastroentériques et des bronchiolites.

→ Quant à l'**examen des systèmes de surveillance et d'alerte**, Catherine Gaud insiste sur les points importants suivants :

- Des **réseaux d'observation de qualité** sont indispensables à l'alerte, mais constituent aussi des outils de recherche. Les réseaux de surveillance doivent être développés et pérennisés.
- La **surveillance** doit être intégrée et adaptée aux besoins de la modélisation numérique. Par exemple les observations en temps réel doivent être intégrées dans des modèles numériques et ce pour agir de manière préventive.
- Les **bases de données pluridisciplinaires** deviennent une nécessité pour progresser. Elles doivent être disponibles ainsi que les catalogues de métadonnées, avec une politique de libre accès (on observe ainsi, au sujet de la fièvre de la vallée du Rift, que le système d'échange de données ne fonctionne pas bien en dépit des accords passés).
- Les **données d'observation** de la Terre produites à partir de l'imagerie spatiale doivent être adaptées aux mécanismes de transmission de chaque type d'épidémie.
- Il est nécessaire de **faire participer les industriels** au plus haut niveau pour minimiser les impacts socio-économiques⁶⁸.

⁶⁸ ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007, p29/30/31/32

BIBLIOGRAPHIE

Publications citées dans ce document

Europe et France

- Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative Et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008.
- Modéliser l'impact du réchauffement climatique sur les maladies vectorielles, Cyril Caminade, Institute of Infection and Global Health, Université de Liverpool, Changement climatique et santé, Actes de la conférence internationale des 2 et 3 octobre 2014, Groupement d'intérêt scientifique Climat-Environnement-Société.
- Changement climatique et santé : en a-t-on trop dit ou pas assez?, Jean-François Guégan Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR Maladies infectieuses et vecteurs, écologie, génétique, évolution et contrôle (MiVEGEC), Changement climatique et santé , Actes de la conférence internationale des 2 et 3 octobre 2014, Groupement d'intérêt scientifique Climat-Environnement-Société.
- ADEME, Adaptation au changement climatique en Franche-Comté, fiche santé, 2014.
- Patrick Kinney¹, Mathilde Pascal², Robert Vautard³, Karine Laaidi², (1/ Columbia University, Mailman School of Public Health, New York, USA 2/ Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France, 3/ Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement, Paris, France) : La mortalité hivernale va-t-elle diminuer avec le changement climatique ?, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, n° 12-13, Institut de veille sanitaire, 2012.
- Alterre Bourgogne, Repères n°61, Changement climatique et santé : gérer l'incertitude, 2012.
- ADEME et Alterre Bourgogne, Adaptation au changement climatique en Bourgogne et Santé, Dossier thématique, 2012.
- ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France ; La documentation française, 2007.
- Jean-Pierre Besancenot, Notre santé à l'épreuve du changement climatique, Synthèse de l'ouvrage publié chez Delachaux et Niestlé, 2007.
- Haut Conseil de la santé publique, Avis relatif aux risques pour la santé liés aux effets qualitatifs du changement climatique, 2009.
- Institut de Veille Sanitaire, Froid et santé – Eléments de synthèse bibliographique et perspectives, 2004.
- Health protection agency, Health Effects of Climate Change in the UK 2008, An update of the Department of Health report 2001/2002, edited by Sari Kovats, February 2008.

Rhône-Alpes

- Climat : réussir le changement - Volume 2 à destination des acteurs opérationnels – Rhônalpénergie-Environnement, 2013.

- Météo France Centre-Est, Étude du changement climatique pour le SRCAE Rhône-Alpes, 2011.
- Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes, Lucie Anzivino-Viricel, Lucile Montestrucq, et Olivier Guye, avec le soutien de la Région Rhône-Alpes - Changement climatique et santé en Rhône-Alpes, 2012.
- Climat Environnement Société, Changement climatique et qualité de l'air, Liens et conséquences pour la santé humaine et les éco-systèmes, p3 Jean-Marc Yvon, Caroline Huchet-Kervella, Institut de veille sanitaire (InVS), Cire Rhône-Alpes, Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération d'Annecy, 2009-2011, plaquette, 2015.
- Jean-Marc Yvon, Caroline Huchet-Kervella, Institut de veille sanitaire (InVS), Cire Rhône-Alpes, Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération d'Annecy, 2009-2011, plaquette, 2015.
- CAREPS Grenoble, Place de l'allergie à l'ambrosie parmi les pollinoses dans certains secteurs en Rhône-Alpes, Etat de la situation en 2004, 2005.
- ARS-ORS, 3ème rapport sur l'ambrosie en région Rhône-Alpes : analyse des données environnementales et médico- économiques, 2012.
- ORS Rhône-Alpes, Etude de la prévalence de l'allergie à l'ambrosie en Rhône-Alpes, 2014.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, Bilan des connaissances, 2012.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Etude de caractérisation des vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatique dans le domaine de l'eau, 2013.

Publications complémentaires

- Besancenot J.P., Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines, Environnement, Risques & Santé - Volume 1, Numéro 4, Synthèses, Septembre-Octobre 2002, p229-240.
- Emberlin J., Laaidi M., Detandt M., Gehrig R., Jaeger S., Myszkowska D., Nolard N., Rantio-Lehtimäki A., Stach A., Changement climatique et évolution du contenu pollinique de l'air dans sept pays européens : exemple du bouleau – Synthèse d'article, Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique n°47, 2007, p57-63.
- Haut Conseil de la santé publique, Avis relatif aux risques pour la santé liés aux effets qualitatifs du changement climatique, 2009.
- Viboud C., Climat et maladies infectieuses, Santé-environnement et santé-travail : Nouvelles perspectives de recherches - Document d'orientation scientifique, ANR, 2005, 1.4 Changements globaux et impacts sur la santé.
- Alexandre Magnan. Changement climatique : tous vulnérables ? Éditions Rue d'Ulm, collection Sciences durables, 2013.
- Monique Delavière, Jean-François Guégan, Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France, Rapport de groupe interministériel, 2008.
- OMS, PNUE, OMM, Changement climatique et santé humaine : risques et mesures à prendre. Résumé, 2004.

- UNEP, AMAP, Climate change and POPS: predicting the impacts, 2011.
- Francis Chateauraynaud, Des prises sur le futur : Regard analytique sur l'activité visionnaire, 2012.
- Géraldine Bloy, L'incertitude en médecine générale : sources, formes et accommodements possibles, Sciences sociales et santé, Vol 26, n°1, 2008.
- Comité de la prévention et de la précaution, La décision publique face à l'incertitude : clarifier les règles, améliorer les outils, Ministère de l'Écologie, 2010.
- Karine Laaidi, Mohamed Laaidi, Jean-Pierre Besancenot, Pollens, pollinose et météorologie, La Météorologie 8e série, n°20, 1997.
- Denis Hemon, Éric Jouglu, Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 - rapport d'étape : estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques, Ministère de la Santé, Institut national de la santé et de la recherche médicale, 2003.
- M. Pascal, G. Falq, V. Wagner, E. Chatignoux, M. Corso, C. Declercq, Influence de la saison et des épisodes de fortes chaleurs sur les liens entre ozone, particules et mortalité dans neuf villes françaises ? InVS, 2012.
- INERIS, Interactions entre pollution atmosphérique et changement climatique, 2009.
- Numéro thématique - Identifier et surveiller les impacts sanitaires du changement climatique pour s'y adapter, Bull Epidemiol Hebd, 2012, p 12-13.
- Pascal M, Viso AC, Medina S, Delmas MC, Beaudeau P. How can a climate change perspective be integrated into public health surveillance? Public Health, 2012.
- Beaudeau P, Pascal M, Mouly D, Galey C, Thomas O, Health risks associated with drinking water in a context of climate change in France: A review of surveillance requirements. Journal of Water and Climate Change, 2011.
- Pascal M., Impacts sanitaires du changement climatique : quels enjeux pour l'InVS ? Note de position et rapport, Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 2010.
- Medeiros H, Pascal M, Viso AC, Medina S, Workshop on public health surveillance and climate change, Conference Proceeding, French Institute for Public Health Surveillance, 2010.
- Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France, Document d'étape- GICC, 2008.
- Villes et adaptation au changement climatique, Rapport au Premier ministre et au Parlement, ONERC, 2010.
- Climat Environnement Société, Changement climatique et qualité de l'air, Liens et conséquences pour la santé humaine et les éco-systèmes.

ANNEXE

Liste⁶⁹ non-exhaustive des maladies, des phénomènes morbides, des polluants, des vecteurs, des hôtes réservoirs et autres agents pathogènes dont l'épidémiologie, l'expression (virulence, gravité) ou la prise en charge, peuvent être modifiées en France, par le changement climatique (à partir de : Rapport du groupe interministériel sur « Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France », M. Delavrière et J.-F. Guégan, 2008).

Maladies infectieuses, agents transmissibles et hôtes

- Fièvre à virus West Nile
- Chikungunya
- Dengue
- Autres arboviroses
- Hantavirose
- Leishmanioses
- Paludisme
- Fièvre boutonneuse
- Borréliose de Lyme
- Leptospirose
- Mélioïdose

Autres maladies transmises par un vecteur ou un hôte réservoir

- Campylobactériose
- Salmonellose
- Vibrioses
- Giardiase
- Amibes libres
- Autres causes de diarrhées et gastro-entérites
- Légionellose
- Champignons et moisissures : certains produisent des maladies infectieuses, d'autres des maladies immunoallergiques, ou encore des mycotoxines causes d'effets pathogènes variés : Alternaria, Aspergillus, Blastomyces, Cladosporium, Coccidioides, Cryptococcus, Cryptosporidium, Epicoccum, Histoplasma, Penicillium, Stachybotrys...
- Cyanobactéries
- Phytoplancton producteur de toxines : Alexandrium, Dinophysis, Pseudonitschia, Ostreopsis ovata
- Microorganismes des systèmes aquatiques et telluriques dont hépatites à transmission hydrique
- Insectes et autres arthropodes vecteurs
- Résistances des microorganismes et vecteurs
- Réservoirs : chauve-souris, rongeurs, cervidés, suidés, autres mammifères...

⁶⁹ Haut Conseil de la santé publique, Avis relatif aux risques pour la santé liés aux effets qualitatifs du changement climatique, 27 novembre 2009, p6

Accidents et traumatismes

- Noyades
- Blessures
- Coup de chaleur
- Hyperthermies
- Déshydratation
- Hyponatrémie
- Accidents cardiovasculaires
- Dénutrition
- Séquelles et handicaps post-traumatiques

Maladies de l'immunité

- Pollinose
- Asthme
- Conjonctivites
- Eczéma
- Rhinites
- Urticaire
- Pneumopathies d'hypersensibilité

Autres allergies et maladies auto-immunes

- Effets des rayonnements naturels
- Cataracte
- Dégénérescence maculaire
- Photodermatoses
- Cancers cutanés

Souffrance psychique

- Anxiété
- Dépression

Autres morbidités non transmissibles

- Maladies cardiovasculaires
- Broncho-pneumopathie chronique obstructive et insuffisances respiratoires
- Insuffisance rénale
- Effets du vieillissement
- Perte d'autonomie
- Effets adverses des médicaments
- Pollution chimique des eaux et de l'air, du sol