



# La santé face au changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur



© Pascal GUYOT - AFP Photo

Novembre 2019



Ce cahier thématique a été réalisé par le Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD).

Il a été coordonné par l'association A.I.R. Climat (Lucie Renaudier et Aurore Aubail) qui a notamment pour mission de coordonner le GREC-SUD.

Le projet bénéficie d'un financement au titre de la Convention État - Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - ADEME et du Plan Régional Santé - Environnement (PRSE) 3 porté par l'ARS PACA, la DREAL et la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Avertissement : ce cahier thématique approfondit les notions abordées dans la première publication du GREC-SUD intitulée Provence-Alpes-Côte d'Azur, une région face au changement climatique : <http://www.grec-sud.fr/cahier-the-matique/le-cahier-panorama-general/>

Réalisation : A.I.R. Climat / GeographR - Novembre 2019

Crédits photos :

Couverture : ©Pascal Guyot - AFP Photo / Photo 1 : ©Luc Vincenot / Photo 2 : ©France 3 Provence-Alpes-Côte d'Azur / Photo 3 : ©Aurore Aubail / Photo 4 : ©Luisa Mangialajo / Photo 5 : ©Fabien Lombard / Photo 6 : ©Fabien Lombard / Photo 7 : ©Aurore Aubail / Photo 8 : ©AUPA / Photo 9 : ©Julie Cardi / Photo 10 : ©Julie Cardi

Crédits dessins Noun Project :

Page 8 : ©David / Page 14 : ©Creative Mania / Page 26 : ©Aleks / Page 43 : ©Adrien Coquet

# Édito



Le changement climatique constitue aujourd'hui à la fois la menace la plus forte et la plus grande opportunité pour la santé publique du XXI<sup>e</sup> siècle.

En effet, les impacts des événements climatiques et météorologiques sur la santé sont d'ores et déjà observables et de plus en plus préoccupants : augmentation en fréquence et en intensité des épisodes météorologiques extrêmes (comme les canicules, les sécheresses, les inondations, les tempêtes de vent violent ou les feux de forêts), interactions avec la pollution de l'air et appauvrissement des ressources naturelles sont autant de phénomènes environnementaux qui ont déjà un impact notable sur la mortalité et menacent nos conditions de vie (accès à l'eau, sécurité alimentaire, habitabilité...).

En outre, de nombreuses maladies sont hautement sensibles au changement des températures et du régime des précipitations. Ce sont par exemple les maladies à transmission vectorielle comme le chikungunya, la dengue et le Zika, maladies réémergentes dans notre région.

Les effets du climat sur la santé humaine ne sont pas également ressentis sur tous les territoires et viennent bien souvent renforcer les inégalités de santé (d'origines sociale, environnementale). Les zones arides ou de haute montagne et les zones côtières densément peuplées que l'on rencontre dans notre région sont des « hot spots » du réchauffement climatique, particulièrement vulnérables.

Protéger les populations des effets du changement climatique passe à la fois par la prise de mesures immédiates comme le Plan National Canicule (PNC), mais également par une approche décloisonnée touchant à l'ensemble des politiques : qu'il s'agisse des choix énergétiques, de l'urbanisation des villes, des transports, des choix en agriculture, tous les secteurs se doivent dès à présent d'agir pour atténuer l'amplitude des effets du changement climatique.

L'expertise récente du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) montre que les impacts sanitaires attendus avec un réchauffement global de +1,5°C seraient beaucoup moins importants que ceux attendus avec un réchauffement de +2°C. Chaque demi-degré gagné compte !

Lutter contre le changement climatique constitue finalement une opportunité majeure pour notre société, véritable remise en question des choix traditionnels. Le changement climatique nous oblige à penser autrement nos modes de vie : favoriser les énergies renouvelables, reverdir nos centres-villes pour limiter les îlots de chaleur urbains, développer des modes de déplacement actifs non motorisés comme le vélo et la marche, repenser notre urbanisation en réintroduisant la nature, renouer avec des régimes alimentaires et des pratiques agricoles moins consommatrices d'eau et d'énergie... Toutes ces actions ont l'avantage de représenter des co-bénéfices avérés en matière de santé.

Ce défi doit donc être placé au cœur de toutes les politiques, car les décisions qui sont prises actuellement conditionnent la santé de nos enfants et celle des populations pour les siècles à venir. Il s'agit d'une responsabilité collective.

Muriel Andrieu-Semmel  
Responsable du Département Santé Environnement  
Agence Régionale de Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur

# Avant-propos

Pour approfondir les connaissances diffusées dans la publication générale du Groupe régional d'experts sur le climat en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD), animé par l'Association pour l'Innovation et la Recherche au service du Climat (A.I.R. Climat), et apporter des réponses spécifiques, le comité régional d'orientations (CRO) a constitué des groupes de travail thématiques (GTT). Ces derniers sont composés de chercheurs de toutes les disciplines et de spécialistes qui contribuent à la rédaction de cahiers thématiques destinés aux décideurs et gestionnaires des territoires de la région : élus, ingénieurs et techniciens des collectivités locales ou des espaces protégés ou encore des grands équipements, mais aussi responsables d'associations et entreprises.

L'objectif est de décrypter les résultats scientifiques et les enjeux du changement climatique pour informer et sensibiliser le public visé à l'échelle régionale et locale. Par thème, une synthèse de travaux scientifiques est proposée afin d'évaluer les impacts du changement climatique sur le territoire et de proposer des pistes d'adaptation et d'atténuation concrètes. Ce nouveau cahier se focalise sur les effets du changement climatique sur la santé publique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

De nombreux chercheurs et spécialistes issus d'organismes publics et privés se sont mobilisés pour aider les décideurs et gestionnaires à mieux anticiper les impacts du changement climatique et mettre en œuvre des actions susceptibles de favoriser les politiques d'adaptation et d'atténuation des gaz à effet de serre (GES). Ce cahier, comme les précédents, invite le lecteur à prendre conscience des enjeux et des risques tout en délivrant des solutions. Pour aller plus loin, les décideurs et gestionnaires ont la possibilité de se rapprocher de la communauté scientifique pour réduire la vulnérabilité de leur territoire à court, moyen et long terme. Le dialogue permanent et les échanges d'expériences enrichissent les débats et favorisent l'émergence de solutions adaptées au contexte régional et/ou local. Ce document se base sur les travaux des chercheurs qui ont accepté d'apporter leur contribution, et de manière plus large, sur les résultats obtenus par la communauté scientifique. Tout lecteur peut demander la liste complète des références bibliographiques.

# Table des matières

Edito.....	3
Avant-propos.....	4
Introduction générale.....	6
<b>I. Les impacts directs du changement climatique sur la santé.....</b>	<b>9</b>
I.1. Les canicules : une norme en devenir ?.....	9
I.2. Intensification des incendies.....	15
I.3. Les conséquences sanitaires liées à la modification du régime des précipitations.....	15
I.4. Conséquences psychosociales des catastrophes naturelles.....	18
<b>II. Les impacts indirects du changement climatique sur la santé.....</b>	<b>19</b>
II.1. Maladies vectorielles : cohabitations nouvelles ou renforcées.....	19
II.2. Polluants chimiques de l'air et santé respiratoire : perspectives dans le contexte du changement climatique.....	21
II.3. Polluants biologiques de l'air.....	25
II.4. Qualité des eaux de baignade.....	28
<b>III. Les leviers d'adaptation aux impacts sanitaires du changement climatique.....</b>	<b>31</b>
III.1. Aménagement, urbanisme et résilience territoriale.....	31
III.2. Surveiller, alerter, prévenir.....	39
Conclusion.....	44
Pour aller plus loin.....	46

# Introduction générale

La notion de « santé publique » a évolué au cours du XX<sup>e</sup> siècle, en lien avec l'évolution des rapports au progrès scientifique et la montée des considérations environnementales. Elle fut portée par une demande citoyenne forte : principe de précaution, justice environnementale et droit à la santé. À l'échelle internationale, les enjeux de santé se sont invités dans les négociations environnementales dès les années 1990 lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992<sup>1</sup>. Cette nouvelle vision de la santé, plus complexe, intègre les interactions entre la santé des écosystèmes et la santé humaine.

Selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'état de santé d'un individu ou d'une population dépend d'un ensemble varié de facteurs appelés déterminants de la santé. Ainsi, le contexte global (politique, économique, environnemental, culturel, etc.), les systèmes (de santé, des services sociaux, de sécurité sociale, d'aménagement du ter-

ritoire, etc.), les milieux de vie (famille, école, travail, etc.) et les caractéristiques individuelles constituent autant de déterminants de la santé. De plus, selon le type d'aléa et/ou sa localisation, les expositions et les vulnérabilités se révéleront très différentes. Depuis maintenant quelques dizaines d'années, le climat, et plus précisément son évolution rapide et ses conséquences de plus en plus nombreuses sur les systèmes naturels et anthropisés, s'invite dans le champ de la santé publique. Au-delà de leurs impacts généraux, les changements environnementaux (changement climatique, pollutions, érosion de la biodiversité, etc.) en cours ou qui s'annoncent risquent aussi de créer ou renforcer les inégalités de santé ; inégalités que les politiques publiques devront prendre en considération dans la façon de construire nos territoires de vie et de faire face aux enjeux sanitaires et climatiques.

## Un changement climatique global et des impacts sanitaires déjà présents

En 2015, à l'initiative de l'hebdomadaire médical britannique *The Lancet*<sup>2</sup>, des chercheurs pressent les gouvernements d'agir sans délai pour la santé publique. Selon le rapport de la Commission du journal, cette même année, agir contre le changement climatique est à la fois une urgence et l'opportunité d'accomplir les plus grands progrès pour la santé publique au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Il rapporte alors que « les effets du changement climatique sont déjà perceptibles aujourd'hui et les projections pour l'avenir représentent un risque potentiellement catastrophique d'une ampleur inacceptable pour la santé humaine ».

Le rapport 2017 *Countdown on health and climate change* de la même revue renforce l'alerte déjà donnée par l'OMS et les rapports successifs du GIEC. Ce rapport fait état de 40 indicateurs clés en santé et changement climatique, indicateurs que la revue médicale suivra et rapportera dans ses publications chaque année jusqu'à 2030. Si la plupart des indicateurs sont au rouge, le rapport mentionne toutefois une attention croissante des sociétés pour ces ques-

tions : entre 2007 et 2017, la couverture du sujet santé et changement climatique dans la presse mondiale a augmenté de 78 % et le nombre d'articles scientifiques a plus que triplé.

Enfin, le rapport 2018 met en évidence les principales menaces concernant les vagues de chaleur et canicules, les maladies infectieuses, et la sécurité alimentaire. On peut craindre des vagues de chaleur plus fréquentes et plus durables, avec une multiplication des hyperthermies<sup>3</sup> et des maladies cardio-vasculaires ou respiratoires, entraînant des pics de mortalité. Il faut aussi s'attendre à une recrudescence de certaines maladies infectieuses ou parasitaires, en raison de la « remontée » progressive de vecteurs, insectes ou acariens hématophages<sup>4</sup>, jusque-là cantonnés aux latitudes tropicales et subtropicales. L'OMS chiffre ainsi à 250 000 le nombre annuel de décès supplémentaires que le changement climatique pourrait entraîner à compter de 2030. Le changement climatique continue son évolution à un rythme soutenu et, selon le rapport, 51 % des infrastructures de santé des villes dans le monde pour-

<sup>1</sup> Voir l'article 7 et 14 de la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, 1992

<sup>2</sup> The Lancet est un journal médical indépendant, de renommée mondiale, qui publie de manière hebdomadaire les avancées scientifiques en matière de médecine et santé ([www.thelancet.com/](http://www.thelancet.com/))

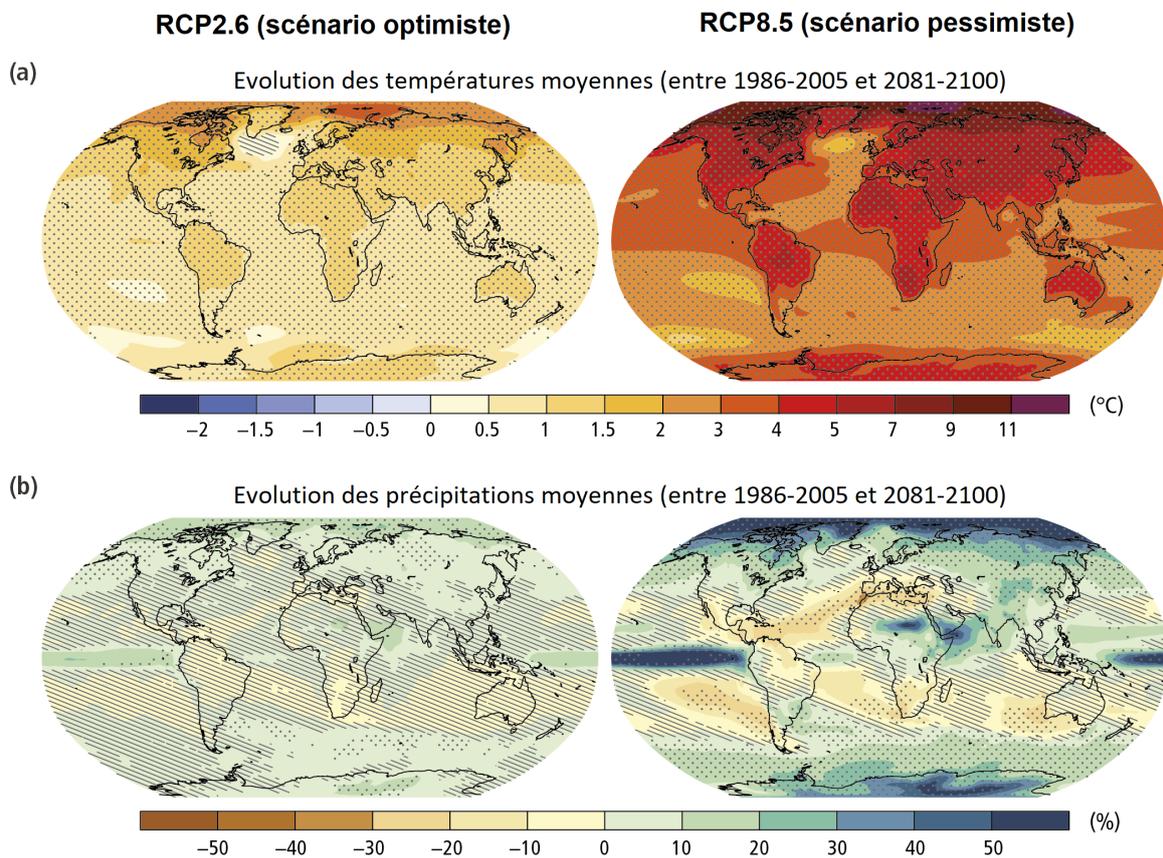
<sup>3</sup> élévation de la température du corps au-dessus de la valeur normale.

<sup>4</sup> Qui se nourrissent de sang.

raient être submergées par des risques nouveaux ou climatiques. Le rapport encourage donc à multiplier les efforts d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. La nature et l'ampleur de notre réponse au changement climatique seront déterminantes pour la santé mondiale au cours des décennies et siècles à venir.

À ce jour, l'augmentation de la température moyenne à la surface du globe est de 1,1°C par rapport à l'ère préindustrielle (1880-1899). Au rythme actuel, les +1,5°C d'augmentation seront atteints entre 2030 et 2052. Or l'augmentation de la température dans le bassin méditerranéen a déjà atteint ces 1,5°C, soit 0,4°C de plus que le reste du globe, laissant suggérer des élévations de températures de 2,5 voire 3°C pour notre région autour de 2040 par rapport à l'ère préindustrielle. Si l'ensemble des scénarios convergent plus ou moins jusqu'en 2050, après

2050 l'augmentation de la température globale dépendra fortement de nos politiques actuelles de réduction des émissions de GES. Si nous ne parvenons pas à réduire nos émissions (scénario RCP 8.5)<sup>5</sup>, nous devrions faire face à un réchauffement global de +5°C en 2100 (figure 1). Lors de la COP 21, les promesses de réduction des émissions de GES faites par les gouvernements, à ce jour non tenues, conduisent à une augmentation globale de la température entre 3 et 4°C (scénario intermédiaire, RCP 6.0). Avec des changements d'une telle ampleur, les impacts pour la santé deviendraient difficiles à anticiper avec des effets d'emballement. Pour limiter la température à 1,5°C, et ainsi minimiser les conséquences du réchauffement sur les écosystèmes et nos sociétés, il faudra réduire d'ici 2030 nos émissions globales de GES de 40 % et atteindre la neutralité carbone en 2050 (GIEC Rapport Spécial 1.5).



**Figure 1. Deux scénarios de l'évolution de la température moyenne (a) et des précipitations moyennes (b) d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (source : AR5, GIEC 2014)**

<sup>5</sup> Les *Representative Concentration Pathways* (RCP) ou « Profils représentatifs d'évolution de concentration » correspondent aux scénarios d'émissions publiés dans le 5<sup>ème</sup> rapport (AR5) du GIEC de 2014. Quatre scénarios de référence (RCP) relatifs à l'évolution de la concentration en GES dans l'atmosphère au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, existent : RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5. Le premier implique une réduction d'émissions de GES par la communauté internationale (scénario optimiste), tandis que le dernier correspond à l'évolution des émissions actuelles jusqu'à la fin du siècle si rien n'est fait pour les réduire (scénario pessimiste). Les scénarios RCP 4.5 et 6.0 sont des scénarios intermédiaires.

## Le changement climatique comme multiplicateur de risques sanitaires

Les impacts du changement climatique sur la santé humaine sont à ce jour sans équivoque et potentiellement irréversibles, touchant les populations du bassin méditerranéen comme celles de l'ensemble du globe, et tout particulièrement les plus vulnérables.

Aujourd'hui, deux constats à l'échelle du globe :

- les **canicules** sont de plus en plus fréquentes et intenses : de 2000 à 2016, 125 millions de personnes supplémentaires ont été exposées aux vagues de chaleur ;
- les **catastrophes** liées aux conditions météorologiques extrêmes augmentent et s'intensifient : entre 2000 et 2016, le nombre de catastrophes climatiques a augmenté de 46 %.

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le nombre de journées chaudes (température supérieure à 25°C) pourrait augmenter de 52 jours à l'horizon 2100 selon le scénario RCP 8.5.

Ces évolutions se traduisent par des impacts directs ou immédiats sur la vie humaine, mais également sur la productivité, les ressources naturelles, l'économie ou la santé psychologique. Les effets indirects interviennent quant à eux par modification de la qualité des milieux et des écosystèmes : les changements dans la distribution géographique de certaines espèces, la prolifération de vecteurs de maladies,

l'émergence de pathogènes, la pollution de l'air ou encore la raréfaction des ressources (eau et productions agricoles) sont autant d'impacts indirects qui ont d'ores et déjà des conséquences sanitaires et que le changement climatique tend à accentuer.

Ainsi, le changement climatique agit comme un facteur aggravant ou multiplicateur de risques, exacerbant de nombreux problèmes auxquels les populations sont déjà confrontées et renforçant la synergie entre plusieurs risques sanitaires, augmentant par là-même les pressions existantes sur le logement, la pauvreté, les déterminants de la santé, l'eau et la sécurité alimentaire. Que les effets soient directs ou indirects, les impacts dépendront dès lors des dynamiques sociales concernées. Aux côtés de quelques effets positifs, comme la réduction de la morbi-mortalité hivernale du fait d'une moindre rigueur de la saison froide – cela restant toutefois à démontrer –, les répercussions sanitaires négatives ont une forte probabilité de l'emporter au sein de notre région.

Certes, il faut se garder de tout catastrophisme car les possibilités d'adaptation restent nombreuses, mais l'adaptation passe par l'anticipation. La vigilance s'impose et, dès à présent, il est indispensable de réfléchir collectivement, pour minimiser les impacts, à tout l'éventail des futurs possibles.

**« Chaque degré compte, chaque année compte et chaque décision compte : ne pas agir aujourd'hui, c'est ajouter au fardeau des générations futures. »**

***« Limiter le réchauffement à 1,5°C n'est pas impossible mais nécessite une politique FORTE ET IMMÉDIATE. »***

Valérie Masson-Delmotte, co-présidente du groupe de travail I du GIEC  
(8 octobre 2018 – intervention au Sénat)



# I. Les impacts directs du changement climatique sur la santé

D'après une étude du *Lancet Planetary Health* de 2017, en 2100, deux européens sur trois pourraient être affectés par des événements climatiques extrêmes tels que les canicules, vagues de froid, incendies, sécheresses, inondations ou encore tempêtes. Basé sur une augmentation de la température moyenne d'environ 3°C d'ici à 2100, le nombre de

décès liés à ces catastrophes climatiques en Europe serait alors multiplié par 50, passant de 3 000 décès annuels entre 1981 et 2010, à 152 000 à la fin du siècle. Ces événements climatiques extrêmes ont des impacts immédiats sur la santé, générant régulièrement victimes et dommages considérables en France.

## I.1. Les canicules : une norme en devenir ?

Sur l'ensemble des événements climatiques extrêmes recensés, les vagues de chaleur s'avéreront les plus meurtrières, causant près de 99 % des décès attendus. Celle de 2003 a été responsable de plus de 70 000 morts en Europe. Depuis lors, chaque année, les records de température s'enchaînent sur l'ensemble du globe.

En France métropolitaine, les chiffres de Météo-France sont édifiants. Sur les 41 vagues de chaleurs détectées depuis 1947, 9 ont eu lieu avant 1989, contre 32 entre 1989

et 2019. Un nouveau record absolu de 46°C a ainsi été enregistré pour la France métropolitaine, à Vérargues dans l'Hérault (34), le 28 juin 2019. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, c'est également la vague de fin juin 2019 qui a été la plus intense depuis 1947, avec près de +2°C de température moyenne quotidienne relevés. Des records absolus de températures tous mois confondus ont été enregistrés en plaine et en montagne, la proximité de la mer modérant les risques de canicule.

### I.1.1. Question de terminologie

Bien qu'aucune définition ne fasse l'unanimité, l'usage s'est établi en France de parler de :

- **vague de chaleur** pour des températures maximales anormalement élevées pendant trois jours consécutifs ou davantage, de jour comme de nuit ;
- **canicule** pour les périodes sans répit nocturne suffisant, soit avec une température minimale supérieure à 20°C ; les températures se maintiennent alors à un niveau très élevé pendant au moins trois jours et trois nuits consécutifs. Au-dessous de trois jours de persistance,

c'est l'expression de pic de chaleur qui est retenue.

Enfin, une température « anormalement élevée » est une valeur moyenne définie en fonction de la zone géographique considérée : dans les Bouches-du-Rhône, les seuils sont fixés à 35°C de jour et 24°C de nuit ; dans les Alpes-de-Haute-Provence, ils sont respectivement de 36°C et 19°C, dans les Alpes-Maritimes, de 31°C et 24°C. Ainsi, les seuils d'alerte sont variables d'un département et d'une région à l'autre, en raison notamment des différences d'altitude.

### I.1.2. Vagues de chaleur : vers une intensification des phénomènes

D'après la figure 2, plusieurs vagues de chaleur ont été répertoriées depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle avec une intensification du phénomène ces dernières années en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. L'année 2003 est tristement célèbre avec trois vagues de chaleur entre juin et août, dont la plus importante aura duré 23 jours en août.

Les vagues de chaleur de l'été 2003 totalisent une durée de 44 jours, record jamais égalé depuis. Mais la vague de chaleur de fin juin 2019 est à ce jour la plus intense avec

une température moyenne quotidienne de près de 28°C contre 26°C lors de la vague de chaleur de 2003.

S'ajoutant aux températures maximales de jour, les températures minimales ont également fortement augmenté (figure 3). Les températures minimales donnent une indication sur les températures nocturnes (durant la nuit, les températures sont théoriquement les plus basses). En d'autres termes, nos nuits sont de plus en plus chaudes. À partir d'un seuil de 20°C, on définit une nuit comme

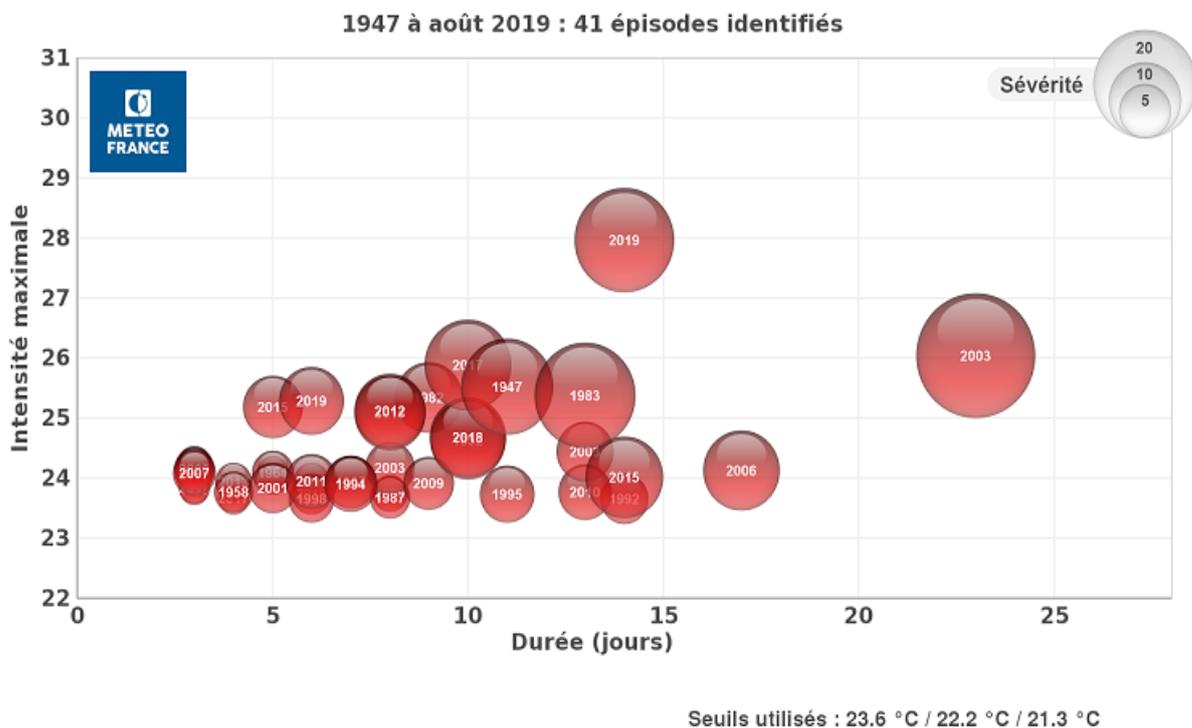


Figure 2. Vagues de chaleur observées en région Provence-Alpes-Côte d’Azur depuis 1947 jusqu’en août 2019 : la superficie de chaque bulle représente la sévérité de la vague de chaleur (source : Météo-France, 2019)

« chaude » ou « tropicale ». Ces 50 dernières années, les nuits tropicales se sont multipliées : à Nice par exemple, elles ont quadruplé (15 en moyenne dans les années 1960 contre 60 aujourd’hui).

L’augmentation des températures de jour et surtout l’absence de refroidissement nocturne

conduisent à des épisodes caniculaires affectant fortement notre santé. Ces derniers devraient se multiplier à l’avenir et deviendraient plus longues et plus intenses à l’échelle de la France métropolitaine selon le scénario RCP 8.5 du GIEC (scénario pessimiste sans politique d’atténuation des GES), mais avec un rythme différent entre l’horizon

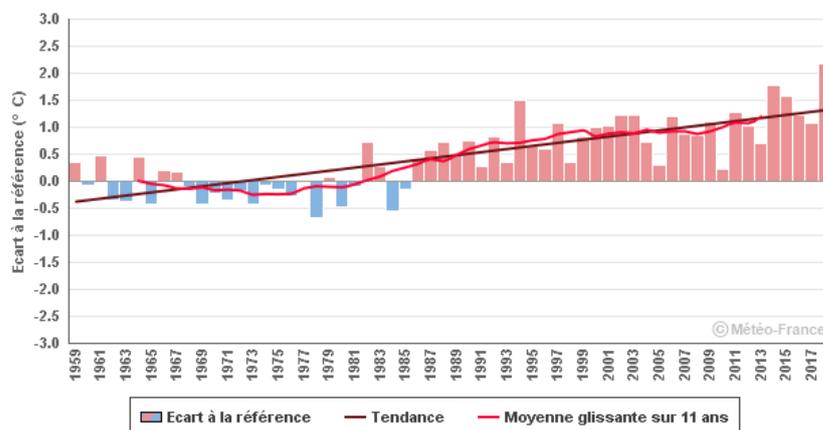


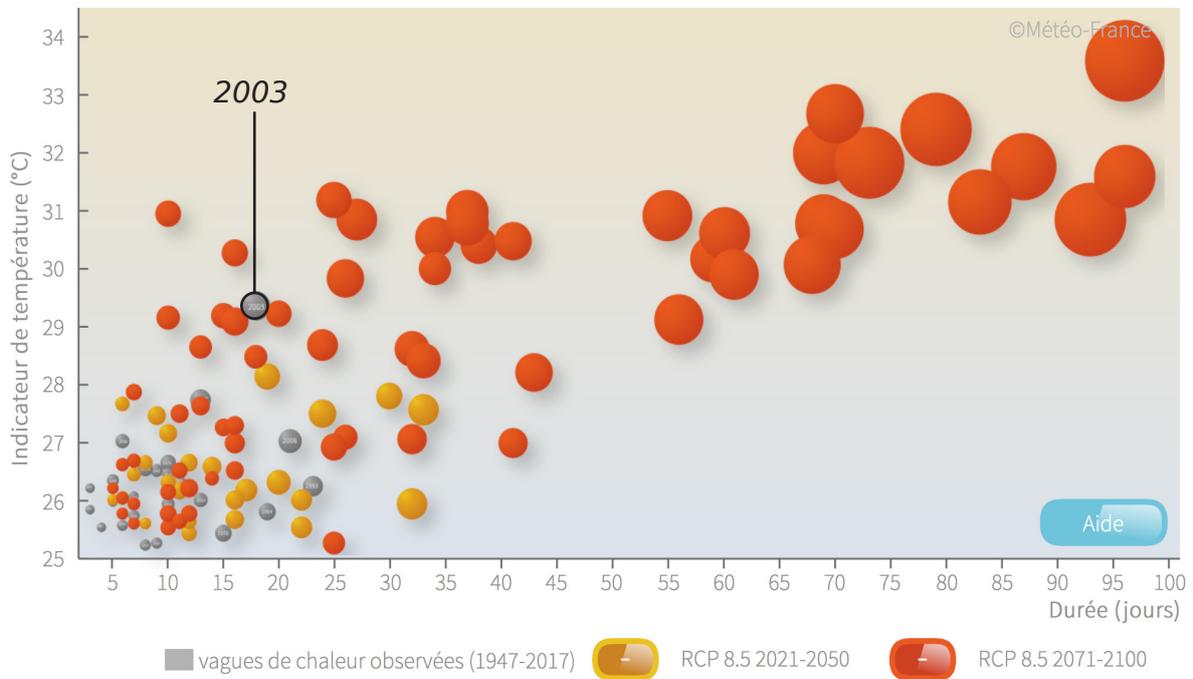
Figure 3. Température minimale annuelle : écart à la référence 1961-1990 en Provence-Alpes-Côte d’Azur (source : Météo-France, 2018)

proche (2021-2050) et la fin de siècle (2071-2100) (figure 4). L’année 2003 pourrait dès lors devenir une année quasi-normale en fin de siècle et Marseille connaîtrait dès 2050 un climat comparable à l’actuel climat du sud de l’Italie<sup>6</sup> si on se réfère à une combinaison de paramètres climatiques.

L’épisode caniculaire de juin/juillet 2019 a été un évé-

nement climatique majeur d’une ampleur exceptionnelle qui dépasse les scénarios les plus pessimistes (figure 4). Pour la première fois depuis la création de la vigilance canicule en 2004, des départements, dont les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse, ont été classés en vigilance rouge par Météo-France (niveau maximal du plan national d’alerte canicule).

<sup>6</sup> Climat et changement climatique en Région Provence-Alpes-Côte d’Azur, Les cahiers du GREC-SUD édités par l’Association pour l’innovation et la recherche au service du climat (AIR), mai 2016, page 35, figure 27. ISBN : 9782956006015



**Figure 4. Vagues de chaleur en France métropolitaine : observations et simulations climatiques pour deux horizons temporels d'après le scénario d'évolution RCP 8.5. Remarque : seuls les épisodes de chaleur de durée supérieure ou égale à 4 jours sont représentés (source : Météo-France, 2019)**

### I.1.3. Épisodes caniculaires : quels effets sur notre santé ?

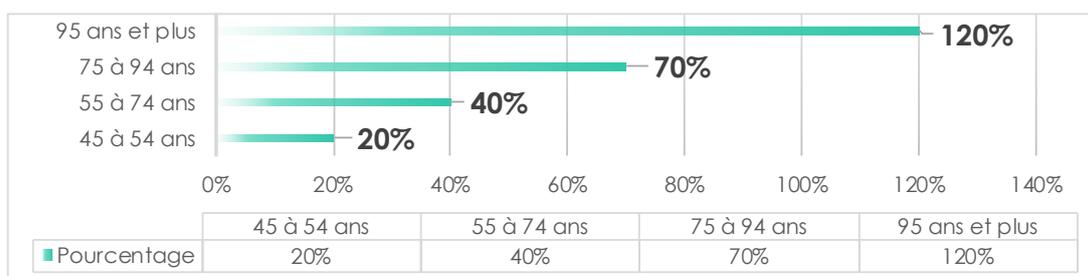
L'exposition à une température élevée fatigue l'organisme et peut entraîner des phénomènes pathologiques très variés, des plus bénins (crampes de chaleur, œdèmes des extrémités...) à ceux qui sont susceptibles de conduire au décès.

Même s'il s'agit d'urgences vitales, les risques majeurs diffèrent en fonction de l'âge (figure 5). Ainsi, l'enfant comme l'adulte transpirent de manière importante pour maintenir

leur température interne autour de 37°C. Mais cette forte sudation entraîne une perte considérable d'eau et de sels minéraux, qui peut conduire à une déshydratation aiguë (muqueuses sèches, perte de poids, hypotension...). Au contraire, la personne âgée, qui produit peu de sueur, accumule des calories à l'intérieur de son corps dont la température s'élève ainsi jusqu'au coup de chaleur ou hyperthermie (peau rouge sèche contrastant avec des muqueuses

#### Quelques chiffres... de 2003

Au total, le nombre cumulé des décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 14 650 pendant en août 2003<sup>7</sup>. La surmortalité observée à partir de 45 ans était importante et croissante avec l'âge (figure 5). Même si la surmortalité de 2003 fut un record, chaque année de canicule en France, un excès de mortalité est observé par rapport à la mortalité attendue.



**Figure 5. Pourcentage de la surmortalité observée selon les classes d'âge en août 2003 (source : Hémon et Jouglu, 2003)**

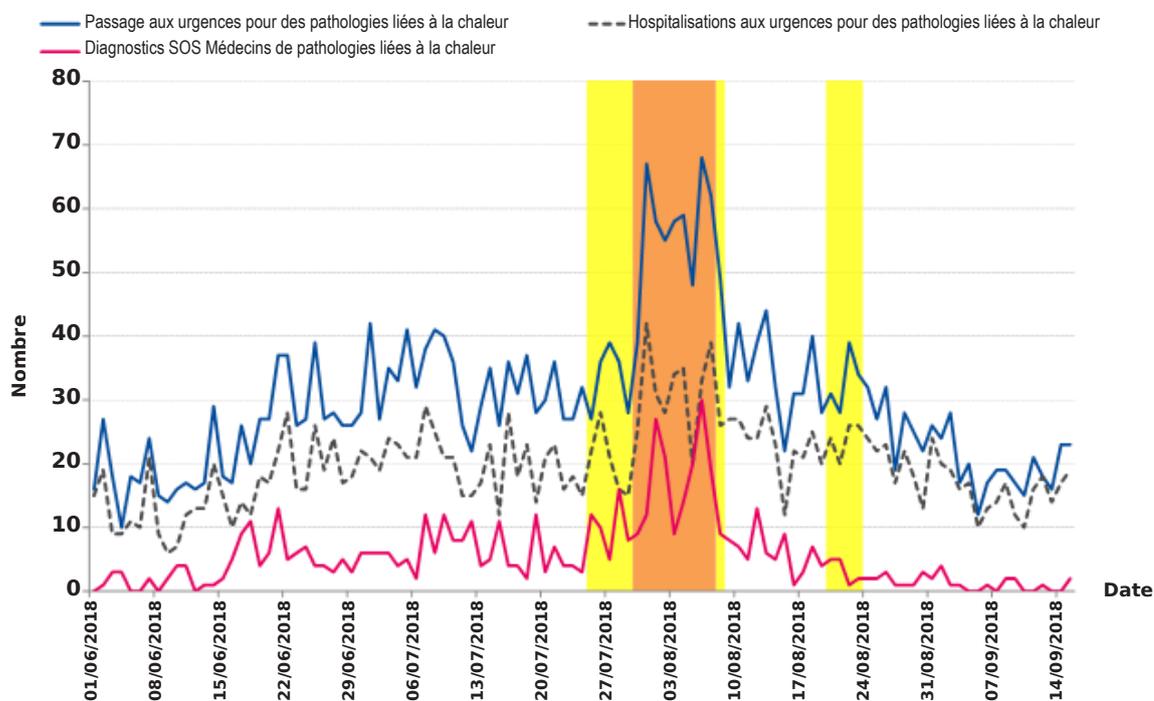
<sup>7</sup> Par rapport aux trois années précédentes (2000 à 2002), une mortalité d'environ 27 000 personnes était attendue, or la mortalité observée fut d'environ 41 650 personnes soit une augmentation de 55 %.

humides, température supérieure à 40°C avec altération de la conscience, contractures musculaires...). La chaleur peut aussi aggraver une maladie déjà installée ou contribuer à la déclencher. Le système cardiovasculaire est le plus touché (infarctus du myocarde, insuffisance cardiaque décompensée, accidents vasculaires cérébraux). Vient ensuite l'appareil respiratoire (asthme notamment), puis les voies urinaires (insuffisance rénale, calculs...), les pathologies endocriniennes (diabète, hyperthyroïdie), certaines affections neurologiques (maladie de Parkinson), les troubles mentaux (démence) et les troubles du comportement.

Nombre de paramètres modulent l'impact sanitaire des canicules. Il s'agit principalement de facteurs individuels : l'âge est donc le plus important - avec une vulnérabilité maximale au-dessous de 4 ans et plus encore au-delà de 65 ans -, mais également l'isolement, la perte d'autonomie, la grande précarité, l'exercice physique ou le travail à l'extérieur (agriculture, secteur du bâtiment et travaux publics, etc.), la grossesse, l'état d'ébriété ou la prise de médicaments interférant avec l'adaptation à la chaleur (neuroleptiques, psychotropes, diurétiques...). Les paramètres environnementaux, tels que l'absence de rafraîchissement nocturne permet-

tant de récupérer du stress dû à la chaleur diurne, l'humidité et l'absence de vent empêchant l'évaporation de la sueur, la pollution de l'air aggravant les effets liés à la chaleur, mais aussi la densité du bâti ou la rareté des espaces verts entre autres, peuvent influencer l'impact sanitaire des canicules. Les touristes, pour certains peu habitués des grandes chaleurs, sont également des personnes vulnérables.

À titre d'exemple, entre le 24 juillet et le 8 août 2018, une canicule est survenue sur le territoire français métropolitain. Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, plus de 1 100 personnes ont été prises en charge par le système de soins pour des problèmes liés à la chaleur du 24 juillet au 11 août 2018 : 860 passages aux urgences et 244 actes de SOS Médecins pour pathologies en lien avec la chaleur (respectivement 0,9 % et 1,5 % de l'activité globale) ont ainsi été recensés, une activité en hausse par rapport au reste de la période estivale (figure 6). Parmi les passages aux urgences pour pathologies en lien avec la chaleur, plus de la moitié ont donné lieu à une hospitalisation (503 hospitalisations). Si l'impact a été plus important chez les plus de 75 ans, toutes les classes d'âges ont été concernées<sup>8</sup>.



<sup>8</sup> Santé publique France. Point épidémiologique - Surveillance sanitaire canicule en PACA. Bilan du 24 juillet au 8 août 2018, septembre 2018, 5p.

## I.1.4. Spécificités en milieu urbain : l'îlot de chaleur urbain

**80 % des habitants de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur vivent dans les pôles urbains**

La concentration démographique rend les milieux urbains particulièrement vulnérables face au changement climatique. Le climat urbain est généralement caractérisé par une température plus élevée que dans les zones rurales environnantes (surtout en fin de journée et la nuit), des vents spécifiques et la présence de pollution urbaine.

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est une différence locale de températures observées entre un site urbain et un site rural environnant à un instant t. Cette différence est liée à la chaleur emmagasinée pendant la journée dans la ville minérale et restituée la nuit, ce qui va ainsi empêcher le refroidissement de l'air dans la ville la nuit. Davantage marquée la nuit, cette différence se caractérise par des températures de l'air (à différentes hauteurs) et de surface (températures des matériaux urbains, figure 7) spécifiques, et est ainsi fortement corrélée à la variation de la densité urbaine, notamment les matériaux des bâtiments.

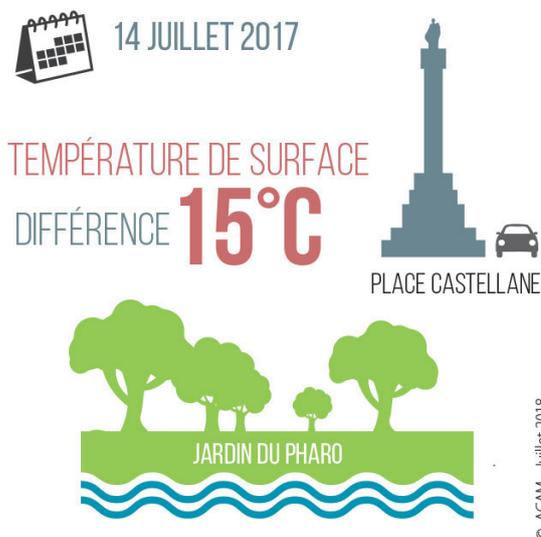


Figure 7. À Marseille, le 14 juillet 2017, l'Agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise (AGAM) a relevé une différence de 15°C de la température de surface entre la place Castellane et le jardin du Pharo. L'écart est dans ce cas, accentué par l'effet refroidissant de la mer.

**Les différences de température de l'air entre un site urbain et un site rural environnant sont en moyenne de +2 à +10°C**

Quels sont les caractéristiques et processus urbains qui influencent ces ICU ?

- La **couleur des surfaces** : les couleurs sombres comme l'asphalte absorbent plus le rayonnement solaire que les claires et le restituent sous forme de chaleur ;
- le **type de matériaux** : selon le matériau, la quantité de chaleur emmagasinée sera plus ou moins importante ;
- les **activités humaines et la pollution atmosphérique** : elles amplifient le phénomène (transport, industrie, climatisation, chauffage, appareils électroménagers ou encore tout simplement, le métabolisme humain) ;
- la **réduction de la vitesse du vent** par la présence de bâtiments ;
- la **présence d'eau** : l'évaporation de l'eau rafraîchit la température ambiante ;
- les **espaces végétalisés** : l'évapotranspiration, au même titre que l'eau, rafraîchit la température de l'air.

Dans le cadre de l'étude du profil climatique de la commune du Pradet dans le Var<sup>9</sup>, une « balade urbaine » a été réalisée avec un appareil de mesures de température de surface dans les villes de Toulon (figure 8) et du Pradet (figure 9).

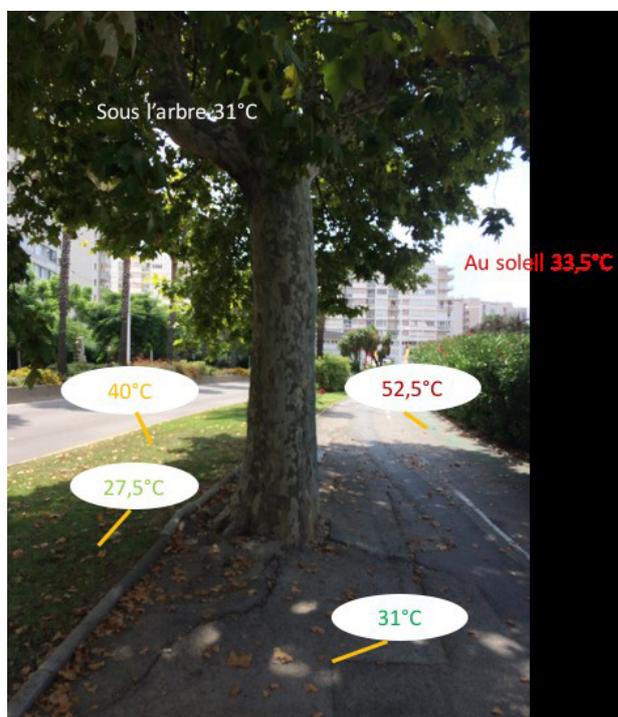


Figure 8. Au centre-ville de Toulon, l'herbe au soleil est à 40°C et le bitume au soleil à 52,5°C, alors qu'à l'ombre de l'arbre, les températures de surface sont respectivement de 27,5°C et 31°C (source : ACTERRA et al., 2018)

<sup>9</sup> ACTERRA/GeographR/AIR Climat/Énergies et Territoire Conseil, Profil climatique de la commune du Pradet, rapport final, novembre 2018, 144 pp.



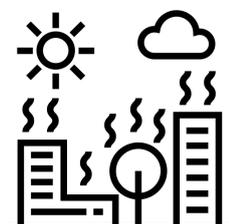
Figure 9. Les zones pavillonnaires dans la ville du Pradet ne sont pas nécessairement moins chaudes en journée : la forte imperméabilisation des sols et l'absence d'ombre au-delà des jardins privés en font des fournaises (source : ACTERRA et al., 2018)

L'ICU associé à la pollution atmosphérique fragilise la santé des citoyens. L'observation de l'augmentation des températures dans les centres urbains est un véritable enjeu pour les acteurs locaux. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, des structures privées (associations, entreprises) et publiques

(laboratoires de recherche) effectuent régulièrement, sur projet ou à la demande, des mesures de températures, comme la Maison de la météo et du climat des Alpes du sud (MMCA), GeographR, le Laboratoire Population Environnement et Développement (LPED) ou encore l'UMR Espace.

**« Les îlots de chaleur urbains multiplient les enjeux de risques sanitaires : en 2003, la surmortalité a été 40 % plus élevée dans les petites et moyennes villes, 80 % plus élevée à Lyon et 141 % à Paris. »**

Marie-Christine Prémartin, directrice exécutive des programmes de l'ADEME (18 décembre 2018 - Actes du 2<sup>ème</sup> colloque national pour l'adaptation des territoires au changement climatique à Marseille)



## I.2. Intensification des incendies

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est une des régions de France les plus concernées par le risque de feux de forêts, en particulier sur la zone littorale (départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes). Lors des conditions climatiques extrêmes, notamment les sécheresses et vagues de chaleurs (photo 1), les feux peuvent devenir très intenses, difficiles à maîtriser par les services de lutte, avec d'importantes conséquences hu-

maines, écologiques et économiques. Dans notre région, une occurrence des incendies est ainsi observée en lien avec des températures élevées (2003, 2009) et des années de fortes sécheresses associées à des vents forts (2016, 2017). Les projections climatiques selon le scénario RCP 8.5 prévoient une intensification de ces conditions météorologiques (cf. paragraphes 1.1. et 1.3.) favorisant le risque d'incendie, renforcé dans notre région par un fort vent.



**Photo 1. Illustration de l'augmentation du risque incendie dû au dessèchement de la végétation lors de sécheresses extrêmes. Site situé à proximité de la zone incendiée lors du feu de Rognac-Vitrolles (13) en 2016**

Par ailleurs, les conditions météorologiques extrêmes génèrent des comportements d'incendie particulièrement dangereux pour les pompiers : flammes en cime des arbres pouvant atteindre 20 m de hauteur, sauts de feux sur de longues distances, extension rapide à contre vent, et parfois même tempêtes de feu.

Les risques humains sont donc réels, tant pour les pompiers qui interviennent que pour les personnes séjournant aux abords du feu qui se déclenche. Durant l'été 2003, les incendies du Var et des Bouches-du-Rhône ont ainsi conduit à une dizaine de victimes dont trois pompiers. Outre le coût en vies humaines, les incendies peuvent

contribuer également à la pollution de l'air avec l'émission de particules.

Les incendies en Méditerranée résultent en partie du dessèchement de la végétation induit par des conditions météorologiques extrêmes dont la fréquence et l'intensité sont amenées à s'accroître dans le futur. Dans de telles conditions, on peut se questionner sur notre capacité future à maîtriser ce risque et donc sur le potentiel coût humain, en particulier si de multiples feux se déclenchent sur une même journée comme ce fut le cas en 2003, 2009 et 2017.

## I.3. Les conséquences sanitaires liées à la modification du régime des précipitations

Les experts du GIEC prévoient, au cours du siècle à venir, un impact du réchauffement global sur le cycle de l'eau avec notamment une modification du régime des précipi-

tations, une diminution de la couverture neigeuse et une accélération de la fonte des glaciers. Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, ces modifications se traduiront

par une augmentation de la période de sécheresse estivale en durée et en intensité, une diminution des débits de surface et des eaux souterraines de 10 à 20 %<sup>10</sup>, et très vraisemblablement par une augmentation des épisodes de pluies intenses. Même si l'évo-

lution de ces phénomènes reste très incertaine sur le long terme, des conséquences sur la santé publique, que ce soit en lien avec la disponibilité et la qualité des ressources en eau ou avec le risque inondation, ne peuvent pas être exclues.

### 1.3.1. Évolution des épisodes de pluies intenses et conséquences sur la santé publique

Actuellement, la majeure partie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est soumise au risque inondation, notamment en raison des pluies méditerranéennes ou pluies torrentielles (épisode cévenol<sup>11</sup>), caractéristiques de la région. Le cumul de ces pluies intenses qui s'abattent sur une zone relativement limitée, peut dépasser plusieurs centaines de millimètres en l'espace de quelques heures. Ces précipitations se produisent sous des cellules convectives (orageuses) organisées formant un ensemble quasi-stationnaire et dont la durée de vie peut être de plusieurs heures. Ces pluies abondantes tombent dans des bassins versants et entraînent une crue rapide des (petits) cours d'eau.

Sur l'arc méditerranéen français, une augmentation de la fréquence et des intensités des précipitations extrêmes est déjà observée. L'intensité de ces phénomènes est en hausse d'environ 22 % depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, avec une plage d'incertitude comprise entre 7 % et 39 %. Pour les événements

dépassant le seuil élevé de 200 mm de pluie par jour, les changements de fréquence sont également significatifs avec un doublement de la fréquence en général. Ces études récentes montrent également que les surfaces touchées par ce type d'évènement et le volume d'eau précipité présentent aussi des tendances significatives à la hausse. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies extrêmes devraient se poursuivre dans les années à venir, car l'énergie qui alimente ce type de phénomènes croîtra avec l'augmentation des températures (air, mer, terre). Dans un contexte où les phénomènes de précipitations extrêmes augmentent en fréquence et en intensité, l'urbanisation et l'imperméabilisation des sols joueront un rôle majeur dans l'exposition au risque d'inondations et de crues éclair qui peuvent entraîner des montées des eaux très rapides avec des conséquences accrues en milieu urbain. La vulnérabilité des territoires en dépendra partiellement. Trop souvent ces crues sont responsables de perte de vies humaines. Par exemple, dans le département

## ZOOM 1. Remontée saline et approvisionnement en eau potable en Camargue

En novembre 2017, les conditions météorologiques de sécheresse exceptionnelles ont mené à une hauteur et un débit du Petit-Rhône très faibles, qui, associés à un vent du sud et un indice de marée favorisant des entrées salines très importantes, ont conduit à une remontée saline jusqu'au niveau de la prise d'eau. Aux Saintes-Maries-de-la-Mer (13), l'eau du robinet est directement tirée dans le Petit-Rhône. Ainsi, à la sortie des robinets d'eau potable, la valeur recommandée de salinité de l'eau distribuée a été dépassée pendant quelques jours. Néanmoins, il n'y a pas eu de risque sanitaire ni de restrictions d'usages, excepté pour les personnes suivant un régime pauvre en sel.

Ces remontées salines dans les bras du Rhône sont de plus en plus fréquentes et interviennent de plus en plus haut dans le fleuve.

<sup>10</sup> Les ressources en eau et le changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-SUD, édités par l'Association pour l'Innovation et la Recherche au service du climat (A.I.R.), juillet 2017, 52 pages. ISBN : 9782956006053

<sup>11</sup> Orage cévenol, épisode cévenol ou pluies cévenoles sur les reliefs littoraux caractéristiques de la zone méditerranéenne française.

du Var, le 15 juin 2010, les pluies importantes ont provoqué des débordements de cours d'eau, en particulier sur la commune de Draguignan, conduisant à la disparition de 27 personnes (chiffres de la Préfecture). Selon le rapport de la mission d'enquête nationale livré le vendredi 21 janvier 2011, « la montée très soudaine et rapide des eaux aura surpris de nombreuses personnes hors de leur domicile, effectuant leurs trajets quotidiens au moment de l'épisode pluvieux ». Il s'agit de l'une des plus graves catastrophes naturelles recensées dans la région. Autre exemple plus récent, en octobre 2015, dans le département des Alpes-Maritimes des précipitations intenses sur quelques heures à peine, ont provoqué l'inondation de parkings souterrains et

le débordement de cours d'eau, entraînant la mort d'une vingtaine de personnes sur le littoral des Alpes-Maritimes<sup>12</sup>. Ces épisodes méditerranéens peuvent également provoquer des mouvements de terrain conduisant à des coulées de boue ou encore, avoir des répercussions humaines, a minima d'ordre psychique lorsqu'il y a évacuation des habitats touchés (photo 2). Ces événements extrêmes peuvent également engendrer des dégâts matériels, notamment sur les réseaux d'assainissement et d'approvisionnement en eau, pas toujours adaptés à de telles conditions, avec des conséquences temporaires possibles sur la disponibilité ou la qualité de l'eau potable.



Photo 2. Exemple de coulée de boue au Pradet en 2014

*« Après les fortes pluies de ces dernières semaines, une partie de la falaise s'est détachée au Pradet. Une impressionnante coulée de boue s'est répandue dans la calanque du Pin de Galle. Au moins 4 maisons ont été touchées, 60 personnes ont dû être évacuées. »*

France 3 Provence-Alpes-Côte d'Azur,  
7 décembre 2014

### 1.3.2. Le changement climatique peut-il avoir des conséquences sur l'accès à l'eau potable dans notre région ?

Si à court et moyen terme l'accès à l'eau potable ne semble pas compromis dans notre région - bien que sur certains territoires des tensions soient déjà observées - à plus long terme, l'hypothèse d'une raréfaction de ces ressources et d'une altération de leur qualité ne peut être écartée. Elle dépendra d'une part de l'évolution du climat, et donc des politiques de réductions des émissions de GES mises en œuvre aujourd'hui, mais aussi de nos politiques d'adaptation concernant la gestion de la ressource en eau. En effet, dans le cas d'un scénario pessimiste en termes d'évolution du climat, la baisse des précipitations, notamment estivales, et la diminution du manteau neigeux, induiront une baisse des débits de surface et impacteront la recharge des nappes phréatiques. Cette diminution de la ressource sera également accompagnée, lors d'épisodes de fortes chaleurs et sécheresse (qui seront de plus en plus nombreux), d'une surconsommation d'eau potable (+1,6 % par degré d'élévation de la température en France) accentuée par la démographie croissante, la forte affluence touristique et les

besoins agricoles. Or, si le niveau des nappes phréatiques côtières baisse de manière significative, l'eau douce entre en concurrence avec l'eau de mer, avec un risque d'intrusion d'eau salée dans les nappes phréatiques (dit remontée du biseau salé), phénomène irréversible pouvant altérer la qualité des eaux douces et impacter fortement l'exploitation des ressources en eau potable utilisées par des villes importantes du littoral méditerranéen (Nice, Antibes...).

Enfin, l'augmentation de la température s'associerait également avec une dégradation de la qualité bactériologique et physico-chimique des ressources en eau brute, nécessitant soit un abandon soit un renforcement des traitements existants. Elle pourrait aussi conduire, au sein même des réseaux de distribution, à modifier les équilibres physico-chimiques (avec un risque de relargage d'éléments dans l'eau au contact des canalisations) et contribuer aussi au développement accru de bactéries dans les canalisations après traitement avant la distribution au robinet

<sup>12</sup> Les 20 victimes sont réparties sur les communes d'Antibes (1), Biot (3), Cannes (3), Le Cannet (1), Mandelieu-La Napoule (8), Mougins (1), Vallauris (3).

des usagers. La qualité des eaux pourrait également être affectée lors des pluies extrêmes : le lessivage des sols qui les accompagne a pour potentielle conséquence de remobiliser les polluants. À terme, l'infiltration de ces eaux contaminées peut dégrader la qualité microbiologique dans les nappes phréatiques. Sur le long terme, la conjugaison de l'ensemble de

ces phénomènes, sans une gestion de l'eau raisonnée et adaptée, pourrait donc conduire à des périodes de tensions possibles concernant l'accès à l'eau potable pour tous et la disponibilité de la ressource pour les cultures et l'élevage avec de potentiels risques sur la sécurité alimentaire.

## I.4. Conséquences psychosociales des catastrophes naturelles

« Une catastrophe est un choc sévère, une rupture brutale, écologique et psychosociale, qui dépasse largement les possibilités de faire face de la communauté affectée » (OMS, 2002).

Les catastrophes, quel que soit leur type, peuvent avoir des conséquences sur la santé mentale par le biais des traumatismes psychiques que les personnes exposées peuvent subir, mais aussi par les bouleversements sociaux et économiques qu'elles peuvent induire. Le risque le plus spécifique d'un traumatisme collectif (ou individuel) est l'état de stress post-traumatique. Il est défini comme un ensemble de réactions pathologiques anxieuses pouvant se développer chez une personne, qu'elle ait vécu, été témoin ou confrontée à un événement psychologiquement traumatisant hors du commun. Il peut être aigu, durant moins de trois mois, chronique, persistant au-delà de trois mois, ou même survenir de façon différée, apparaissant alors plus de six mois après le traumatisme initial. Une incidence élevée (pouvant atteindre 50 % des personnes exposées) de ce trouble a été observée dans de multiples études conduites après des catastrophes naturelles.

Les travaux pluriannuels menés en France suite à des inondations, comme par exemple celles de l'Ouvèze dans le Vaucluse en 1992, ont montré la persistance de symptômes plusieurs années après les événements. Mais d'autres types de troubles ou maladies peuvent survenir –ou être réactivés– après des catastrophes naturelles : ceux-ci peuvent d'ailleurs être associés entre eux (comorbidités<sup>13</sup>) ou à l'état de stress post-traumatique, tels que des troubles anxieux (par exemple, attaques de panique ou certaines phobies), des troubles dépressifs et,

dans certains cas, des troubles liés à l'usage de substances psychoactives. Ces divers types de troubles ne surviennent pas systématiquement chez les personnes ayant été exposées à des catastrophes naturelles. Mais leur risque de survenue est plus important lorsque l'intensité de l'exposition à l'événement est élevée (e.g. proximité, blessure) chez les femmes<sup>14</sup>, les personnes en situation de précarité, ou bien encore chez celles ayant souffert auparavant de troubles psychopathologiques. Les personnes ayant été évacuées de leur domicile seraient à cet égard particulièrement vulnérables. Par contre, un bon soutien social est un facteur modérateur des conséquences psychosociales d'une catastrophe, favorisant un « retour à la normale » après un stress aigu. Chez l'enfant, les conséquences psychosociales des catastrophes naturelles existent et ne doivent pas être sous-estimées par son entourage.

Enfin, plus globalement, les catastrophes naturelles peuvent avoir un impact social majeur, affectant aussi bien la vie personnelle, la vie familiale, les liens sociaux que la sphère du travail. De plus, l'ensemble de la désorganisation sociale peut avoir des effets indirects sur la santé, en modifiant les comportements et les habitudes (alimentation, usage de tabac, consommation d'alcool...).

Le repérage précoce des conséquences psychosociales individuelles, leur prise en charge et leur suivi en évitant les ruptures de soins, la résilience au niveau individuel, mais aussi au niveau de communautés touchées, sont des enjeux incontournables pour permettre un retour à la « vie normale » à la suite de ces événements.

<sup>13</sup> Désigne en médecine la présence simultanée d'un ou de plusieurs troubles découlant d'une maladie initiale.

<sup>14</sup> Plusieurs pathologies mentales sont plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes (e.g. troubles anxieux, dépression) ; c'est aussi le cas du stress post-traumatique. Les raisons ne sont pas bien connues : une part de l'explication tient à ce que les femmes expriment les symptômes et recourent aux soins plus facilement que les hommes mais ce n'est probablement pas la seule explication.

# II. Les impacts indirects du changement climatique sur la santé

Une modification des températures entraîne un ensemble de réactions en cascade, de l'implantation de nouvelles espèces à un changement de comportement, en passant par une modification des milieux pouvant conduire à des nuisances pour l'homme. L'augmentation des températures favorise par exemple le développement de bactéries, d'algues responsables d'intoxications ou d'espèces vectrices de

maladies. Cette augmentation aura également pour effet un usage plus intensif des climatiseurs provoquant un risque accru de développement de maladies infectieuses comme la légionellose. Des conditions météorologiques et climatiques particulières peuvent aussi renforcer les concentrations de polluants dans l'air ou dégrader la qualité des eaux de baignade.

## II.1. Maladies vectorielles : cohabitations nouvelles ou renforcées

Les maladies infectieuses qui se transmettent par le biais de vecteurs font l'objet d'une attention toute particulière en santé environnementale. Jusqu'à présent, la recrudescence et l'expansion de certaines maladies étaient imputées aux transports mondiaux plus rapides et plus nombreux. Mais récemment, les scientifiques ont fait cas d'une influence du changement climatique sur ces vecteurs de maladies, par la hausse des températures qui favorise leur développement, l'extension de leurs aires de distribution et l'accélération du développement des agents pathogènes.

Il est à noter que le climat joue un rôle en toile de fond car ses impacts indirects sont difficiles à détecter et les maladies sont liées à un ensemble de facteurs environnementaux et socio-économiques : urbanisation, modification des paysages, changement d'usage des sols ou encore augmentation des flux de personnes et de marchandises, contribuent également à l'augmentation du risque vectoriel. Ces interactions sont complexes et nous invitent à réfléchir sur les rapports que nous entretenons avec notre environnement.

### II.1.1. Tiques et maladie de Lyme

Les tiques sont des acariens qui se nourrissent exclusivement de sang. Elles peuvent vivre jusqu'à trois ou quatre ans contrairement aux moustiques dont la vie dure classiquement de trois à quatre semaines. Lors des repas de sang, la tique peut transmettre des agents pathogènes (virus, bactéries et parasites).

En Europe, l'espèce qui pose le plus de problèmes de santé publique est *Ixodes ricinus*, une tique qui mord aussi bien les êtres humains que les animaux domestiques ou sauvages. *Ixodes ricinus* peut transmettre en particulier la bactérie responsable de la maladie de Lyme ou borréliose de Lyme pouvant provoquer des symptômes invalidants (douleurs articulaires durables, paralysie partielle des membres...) et le virus de l'encéphalite à tique. Cette

tique est cependant assez mal adaptée au climat méditerranéen. Toutefois, elle peut être fréquemment rencontrée en zones montagneuses du sud de la France (Corse, Pyrénées et Alpes du Sud).

Outre *Ixodes ricinus*, une autre tique en provenance du sud se nourrissant aussi du sang des êtres humains, des animaux domestiques ou sauvages, vient de s'installer récemment en Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur et dans le sud d'Auvergne-Rhône-Alpes. Cette tique, *Hyalomma marginatum*, peut transmettre à l'homme un autre agent pathogène, le virus de la fièvre hémorragique de Crimée Congo, maladie pouvant entraîner rapidement la mort si le malade n'est pas soigné.

Le projet CLIMATICK<sup>15</sup> s'intéresse à la présence et l'activité de ces deux tiques *Ixodes ricinus* et *Hyalomma marginatum*. Il est centré sur l'effet de la météorologie et du climat, la présence et la dynamique saisonnière de ces tiques ; son objectif premier est de réaliser des cartes de risques. Ces deux tiques se distinguent en effet par des préférences différentes de température et d'humidité : *Ixodes ricinus* est particulièrement sensible à la sécheresse et *Hyalomma marginatum* à l'humidité et au froid (figure 10).

Il est également important de prendre en compte l'effet du changement climatique qui peut intervenir à deux niveaux :

- les **limites des zones climatiques** favorables à l'une ou l'autre espèce de tiques : le climat méditerranéen franc est favorable à *Hyalomma marginatum* et les autres climats sont globalement favorables à *Ixodes ricinus* ;
- le **rythme de développement saisonnier** des deux espèces entraîné par de nouvelles séquences météorologiques.

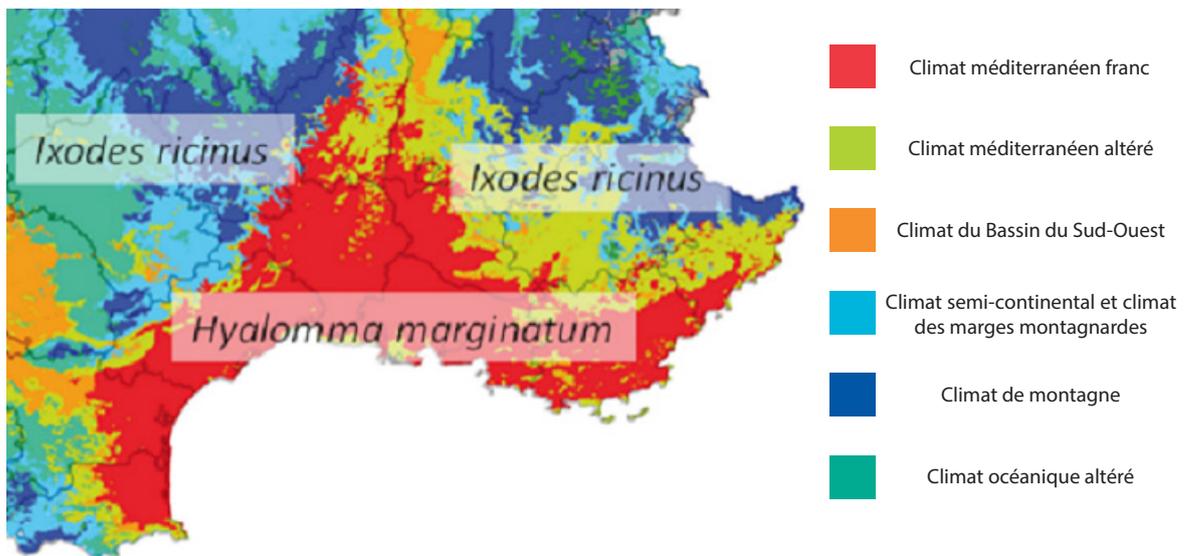


Figure 10. Carte climatique du sud-est de la France avec les zones préférentielles des tiques *Ixodes ricinus* et *Hyalomma marginatum* (source : CLIMATICK, 2019)

## II.1.2. Le cas du vecteur moustique tigre

Originaire des forêts tropicales d'Asie du sud-est, *Aedes albopictus* (moustique tigre) est un moustique vecteur des virus du chikungunya et de la dengue. Il a su s'adapter au milieu urbain en colonisant une multitude de récipients et d'éléments d'origine anthropique retenant ou stockant l'eau (fût, bidon, regard, avaloir pluvial, chambre de tirage, etc.). Le commerce international, et principalement le commerce de pneus, lui a permis d'être exporté sur les cinq continents en quelques dizaines d'années. La résistance de ses œufs à la dessiccation<sup>16</sup> et aux faibles températures (hivernation) lui ont permis de se développer en climat tempéré.

Bien que les changements climatiques ne soient pas la cause première de son expansion, le réchauffement global pourrait, à terme, faciliter son expansion latitudinale, accélérer son cycle de développement et augmenter sa période d'activité au cours de l'année.

Détectée en Italie dans les années 90, l'espèce est surveillée en France métropolitaine depuis les années 2000. Depuis sa première détection à Menton (06) en 2004, l'espèce a colonisé 51 départements à la faveur des moyens de transports terrestres. À l'exception des zones montagneuses, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est entièrement colonisée par l'espèce où celle-ci est active du mois de mai au mois d'octobre (figure 11). Elle se développe quasi exclusivement en milieu urbain au plus près de l'homme qui lui fournit l'eau nécessaire au développement larvaire et le sang nécessaire au développement des œufs. Cette proximité et son agressivité favorisent les nuisances et le contact homme-vecteur. Ainsi, un dispositif national a été mis en place en France métropolitaine : le plan anti-dissémination de la dengue et du chikungunya, décliné au niveau départemental. Celui-ci permet notamment la mise en œuvre de traitements antivec-

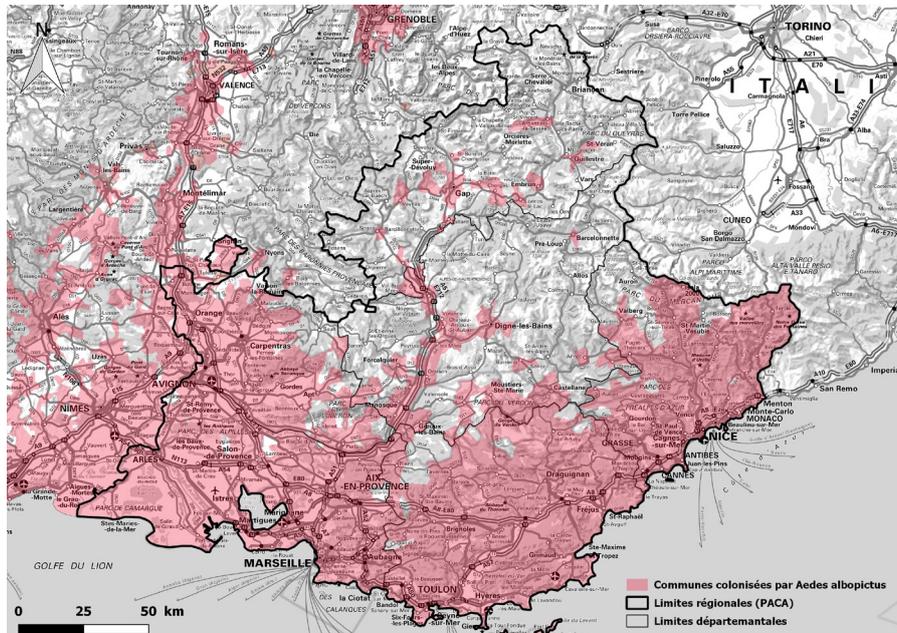
<sup>15</sup> Projet CLIMATICK - Projection et adaptation de la menace des tiques dans les paysages agricoles et forestiers sous changement climatique : [www.accaf.inra.fr/Actions-et-Projets/Adaptation-et-sante-animale-et-vegetale/CLIMATICK/\(key\)/0](http://www.accaf.inra.fr/Actions-et-Projets/Adaptation-et-sante-animale-et-vegetale/CLIMATICK/(key)/0)

<sup>16</sup> Procédé d'élimination de l'humidité d'un corps.

toriels (adulticides) suite au signalement de cas importés ou autochtones<sup>17</sup>. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, ces traitements insecticides sont réalisés par un opérateur public : l'Entente interdépartementale pour la démoustication du littoral méditerranéen (EID Méditerranée). Il est important de souligner qu'en matière de lutte contre les moustiques, le recours aux adulticides doit être très limité et, idéalement, réservé aux situations d'urgences sanitaires afin d'éviter l'apparition de phénomènes de résistance.

Depuis 2006 dans la région, 9 foyers ou épisodes de trans-

mission autochtones sont survenus : 7 de dengue et 2 de chikungunya. En 2019, pour la première fois en France, un foyer du virus tropical Zika a été confirmé par les autorités sanitaires, avec 3 cas autochtones identifiés à Hyères dans le Var à l'automne, portant ainsi à 10 le nombre d'épisodes de transmission régionaux depuis 13 ans. Le dispositif national a toutefois permis de contenir ces foyers en limitant le nombre de cas - tous virus confondus - avec un maximum de 11 au Cannet-des-Maures (83) en 2017.



**Figure 11. Carte de la colonisation par *Aedes albopictus* en Provence-Alpes-Côte d'Azur (source : EID Méditerranée, 2019)**

D'autres maladies liées aux moustiques sont aujourd'hui également en plein développement. C'est le cas du West-Nile transmis par un autre type de moustique, le *Culex pipiens*. Le nombre de cas de ces maladies transmises par les moustiques, appelées arboviroses, augmente d'année en

année avec des épisodes où le nombre de cas humains détectés est de plus en plus important au fil du temps, mobilisant des moyens conséquents en matière de surveillance épidémiologique, entomologique et de lutte.

## II.2. Polluants chimiques de l'air et santé respiratoire : perspectives dans le contexte du changement climatique

La pollution de l'air est un enjeu majeur de santé publique. Selon l'OMS en 2016, il s'agit du principal risque environnemental pour la santé à l'origine, chaque année, de 6,5 millions de décès prématurés (dont 3 millions liés à la seule pollution de l'air extérieur). Dans les pays développés, dont la France, la qualité de l'air s'améliore lentement mais régulièrement. Les taux ne respectent cependant pas en-

core les recommandations de l'OMS pour la protection de la santé, plus strictes que les recommandations nationales. En France, Santé Publique France estimait en 2016 que la pollution par les particules fines émises par les activités humaines était à l'origine, globalement, d'au moins 48 000 décès prématurés par an.

<sup>17</sup> Un cas est dit « autochtone » quand la personne a contracté la maladie sur le territoire national. Ces cas sont à distinguer des cas importés qui ont contracté la maladie à l'occasion d'un voyage en zone contaminée.

**La région Provence-Alpes-Côte d'Azur  
est classée entre  
le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> rang  
des émissions nationales de  
polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.**

## II.2.1. Polluants de l'air

Les principaux polluants de l'air extérieur sur le territoire sont les particules ou poussières en suspension (PM) de différentes tailles (PM10 au diamètre inférieur à 10 microns, PM2,5 au diamètre inférieur à 2,5 microns et PM1 au diamètre inférieur à 1 micron), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>).

Autrefois d'origine principalement industrielle (poussières, oxydes de soufre), la pollution de l'air est aujourd'hui dominée par les émissions des installations de chauffage et les systèmes d'échappements des véhicules (photo 3).

Les principaux polluants sont à ce jour :

- **l'ozone (O<sub>3</sub>)**, qui est un polluant secondaire photochimique, c'est-à-dire qu'il n'est pas directement généré par les activités humaines, mais résulte de la transformation chimique de l'oxygène dans la basse atmosphère, au contact de polluants primaires précurseurs d'oxydes d'azote NO<sub>x</sub> et de composés organiques volatiles ou COV (notamment libérés lors de l'évaporation des carburants), et sous l'effet des rayonnements solaires ultra-violet et d'une température élevée, donc principalement en été ;
- **les oxydes d'azote NO<sub>x</sub>** (i.e. monoxyde d'azote NO et dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>), dont la principale source est le trafic routier. Ces composés se forment par oxydation de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) lors de la combustion (essentiellement à haute température) de carburants et de combustibles fossiles. Les taux des NO<sub>x</sub> sont ainsi plus élevés en hiver à cause des installations de chauffage et le long des axes routiers, les véhicules diesel rejetant davantage de NO<sub>x</sub> que les véhicules essence ;
- **les PM (pour *Particulate matter* en anglais, des particules fines de tailles différentes)** proviennent en majorité de la combustion incomplète de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, pneuma-

tiques), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).

Ainsi, le chauffage résidentiel et le tertiaire (services dont commerces) représentent la source principale des particules fines PM10 et des plus fines PM2,5, devant les transports dont la part diminue. Les particules ultrafines PM1 issues d'une combustion incomplète des combustibles carbonés, sont principalement émises par le brûlage de biomasse ou la combustion de carburants fossiles (charbon, fuel...). Les pics de pollution primaire peuvent être engendrés par accumulation locale (conditions anticycloniques) ou transport de polluants sur de longues distances.

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, une diminution des concentrations des polluants NO<sub>x</sub>, PM10 et PM2,5 est observée depuis une vingtaine d'années, mais celle de l'ozone reste relativement stable, touchant chroniquement tout le territoire. Les enjeux sanitaires et environnementaux de la qualité de l'air sont majeurs, d'autant plus que l'ozone est un GES contribuant au réchauffement de l'atmosphère. Dans notre région, les zones les plus concernées par la pollution à l'ozone sont : le pourtour de l'étang de Berre, le bassin d'Aix-en-Provence, le nord-ouest varois, l'est du Lubéron et le sud-ouest des Alpes-de-Haute-Provence, où se forme la majorité de l'ozone localement, sous les vents des centres d'émissions de polluants de Marseille et de la zone industrielle de Fos-Berre. La région est ainsi à la fois une des régions les plus émettrices de France de précurseurs (oxydes d'azote et composés organiques volatils non méthaniques) de par ses émissions industrielles et la région la plus ensoleillée en France métropolitaine. Elle est donc particulièrement soumise à cette pollution. Ainsi, 57 % de la population de la région habite dans une zone qui a dépassé la valeur cible<sup>18</sup> européenne pour la protection de la santé entre 2015 et 2017.

<sup>18</sup> Niveau de concentrations de polluants fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.



Photo 3. Un ferry au départ du port de Toulon (83)

## II.2.2. Impacts des polluants de l'air

Plus les particules sont fines (taille liée à la granulométrie, figure 12), plus elles pénètrent en profondeur dans les poumons. Les PM10 pénètrent ainsi dans les bronches, là où les PM2,5 peuvent pénétrer dans les alvéoles pulmonaires et les PM1 passer la barrière alvéolo-capillaire. Les particules dans leur ensemble peuvent être à l'origine d'inflammations, d'altérations de la fonction respiratoire dans son ensemble et de l'aggravation de l'état de santé des personnes atteintes de maladies cardiaques et pulmonaires. Selon l'OMS, « même à faible concentration, la pollution aux petites particules a une incidence sanitaire ; en effet, on n'a identifié aucun seuil au-dessous duquel elle n'affecte en rien la santé. »

Sur le court terme, les polluants atmosphériques décrits ont des effets de nature respiratoire : symptômes irritatifs, genèse et exacerbation d'asthme, de broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO, autrefois dénommée emphysème) et de fibrose pulmonaire idiopathique (épaississement des parois des alvéoles pulmonaires, entravant le transfert de l'oxygène vers le sang et pouvant donc conduire, comme la BPCO, à une insuffisance respiratoire chronique), mais aussi de nature cardio-vasculaire (troubles du rythme, infarctus), notamment chez le sujet âgé. Les nourrissons et les jeunes enfants représentent une population sensible à risque accru de symptômes ORL (oto-rhino-laryngologiques) et bronchiques du fait que leur système respiratoire est en développement et que leur rythme respiratoire est plus élevé que celui de l'adulte. La surmortalité suivant un pic de pollution est encore observée chez des patients souffrant de maladie cardio-vasculaire ou respiratoire chronique, mais n'a plus l'ampleur des

années d'après-guerre.

Le Haut Conseil de santé publique recommande une adéquation des activités physiques en fonction des concentrations de polluants (seuil ou alerte) avec des activités sportives modérées ou en intérieur à privilégier, ou encore à éviter ou reporter lors de pics de pollution. Même quand les seuils sont respectés, des effets sanitaires peuvent survenir chez les personnes les plus vulnérables. Chez une personne atteinte de BPCO, la marche dans une zone polluée fait perdre le bénéfice ventilatoire de l'exercice.

Sur le long terme, le niveau moyen annuel de pollution de l'air, notamment particulaire, a un impact plus important que celui des pics de pollution car les effets chroniques expliquent, par exemple, 90 % de la morbidité et mortalité observées en 2016. En France, cette pollution atmosphérique réduirait l'espérance de vie de l'ordre de 6 à 15 mois selon les études et les zones géographiques considérées.

Des études épidémiologiques récentes ont également décrit de nouveaux effets sanitaires sur la croissance, la reproduction, le risque de formation de caillots dans les vaisseaux sanguins (phlébite pour les veines, embolie pulmonaire pour les artères pulmonaires) ou encore des effets diabétiques. Enfin, 15 % des nouveaux cas d'asthme chez l'enfant et de cancer bronchique chez l'adulte, et 20 à 30 % des cas de BPCO seraient liés à la pollution atmosphérique. A l'inverse, l'effet bénéfique de la réduction de la pollution particulaire de fond sur la croissance pulmonaire d'adolescents, sur la mortalité respiratoire et l'espérance de vie en général, a été mise en évidence à travers différentes études.

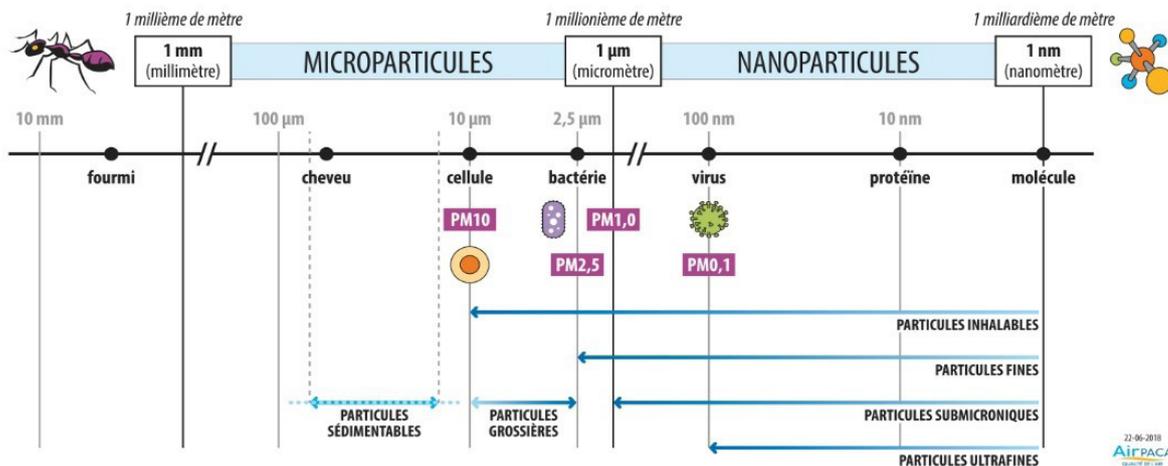


Figure 12. Catégories de tailles de particules (source : AtmoSud, 2018)

### II.2.3. Prospective en relation avec le changement climatique

La qualité de l'air peut être modifiée par des polluants qui peuvent être d'origine naturelle (e.g. éruptions volcaniques, brumes de sable, incendies de forêts) ou anthropique (e.g. industries, transports, agriculture, chauffage résidentiel). Une fois émises dans l'air, ces substances sont transportées sous l'effet des vents, des masses d'air, de la pluie, des gradients de température dans l'atmosphère. Elles pourront également subir des transformations par réactions chimiques, qui dépendent des conditions météorologiques (e.g. chaleur, lumière, humidité). Il en résulte l'apparition d'autres polluants, comme l'ozone, et un transfert des polluants pouvant aller jusqu'à des milliers de kilomètres depuis la source d'émissions. Ainsi, certains paramètres, comme les sources d'origine naturelle ou les conditions de diffusion, peuvent être affectés par le changement climatique. Les évolutions à moyen et long terme de la pollution chimique vont reposer d'une part sur les mo-

difications réglementaires portant sur les émissions de polluants, de plus en plus restrictives quels que soient les pays, et d'autre part, le changement climatique en lui-même. Ainsi, avec le réchauffement global, une augmentation locale des feux de forêts peut être responsable localement de plus de pollution atmosphérique. Les poussières en suspension en relation avec la désertification peuvent également être facteurs d'exacerbations d'asthme et de BPCO. Et enfin, une augmentation des taux de polluants lors des périodes de canicule, plus nombreuses à l'avenir, pourront s'accompagner d'une surmortalité respiratoire. En effet, un ensoleillement important avec une température supérieure à 30°C sont, avec un vent faible, les conditions météorologiques optimales pour la formation de l'ozone. Ainsi, pendant les canicules, des pics de pollution à l'ozone sont régulièrement enregistrés (figure 13).

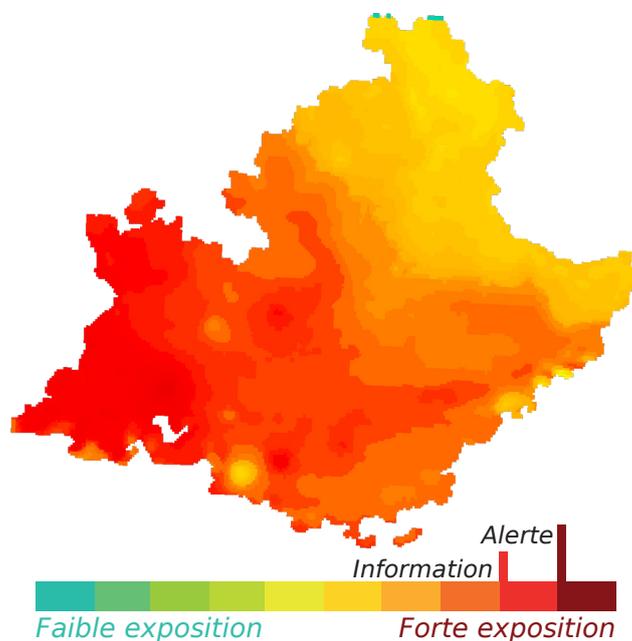


Figure 13. Carte de l'ozone en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le 29 juin 2019, en pleine canicule. Les procédures d'alerte de niveau 2 pour pollution à l'ozone (vigilance renforcée tout public - dispositif préfectoral) sont alors appliquées dans l'ensemble des départements de la région excepté pour les Hautes-Alpes (source : AtmoSud, 2019)

## ZOOM 2. ClimAera

Le projet européen ClimAera (Changement climatique : améliorer la planification territoriale des institutions publiques pour l'adaptation au changement) en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et Auvergne-Rhône-Alpes s'intègre dans le programme de coopération transfrontalière franco-italien Alcotra (2017-2020). Parmi les objectifs du projet, il s'agit de contribuer au changement des comportements pour améliorer la qualité de l'air tout en réduisant l'impact sur le changement climatique, mais également d'améliorer les connaissances liées aux impacts du changement climatique sur les émissions et la qualité de l'air.

Le changement climatique influence en effet les variables qui régissent la qualité de l'air, notamment via la recrudescence des phénomènes extrêmes susceptibles de générer un coût sanitaire ou non. Les émissions de GES et certains polluants atmosphériques dépendent des mêmes déterminants. Il est donc nécessaire de concilier les politiques environnementales Climat, Air, Energie et leur bonne intégration dans la société.



Plus d'informations sur [www.climaera.eu/fr/](http://www.climaera.eu/fr/).

## II.3. Polluants biologiques de l'air

### II.3.1. Moisissures intérieures et extérieures

Les spores fongiques<sup>19</sup> transportées par le vent sont 10 à 100 fois plus abondantes que les grains des pollens et constituent la part majoritaire des bioaérosols présents aussi bien dans l'air extérieur que dans l'air intérieur. Elles n'affectent pas la santé de l'ensemble, ni même de la majorité de la population : c'est seulement lorsque leur concentration atteint un niveau anormalement élevé et/ou chez des patients souffrant de problèmes respiratoires ou de déficiences du système immunitaire qu'apparaissent symptômes et maladies.

À l'intérieur des locaux, les espèces prédominantes sont *Aspergillus* et *Penicillium* tandis que dans l'air extérieur, il s'agit d'*Alternaria* et de *Cladosporium*. L'élévation de la température liée au réchauffement global pourrait favoriser la prolifération des moisissures dans les logements et l'air extérieur, conditionnée par une augmentation du contenu de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. En effet, d'après les lois de la physique, l'augmentation des températures s'accompagne d'une augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Pourtant, l'examen des données récoltées dans

l'habitat suggère que l'impact direct du changement climatique sur la qualité de l'air intérieur ne sera pas significatif. Ce sont alors des facteurs liés à la qualité architecturale, aux matériaux utilisés, à la qualité de l'infrastructure et aux modes de vie qui joueront le premier rôle. Toutefois, et de façon quelque peu paradoxale, les mesures prises pour lutter contre le réchauffement global par la généralisation des bâtiments passifs pourraient s'avérer préjudiciables, si des précautions ne sont pas prises pour assurer l'entretien adéquat à long terme des mécanismes d'assistance à la ventilation.

Le changement climatique global ne devrait également avoir qu'un impact direct assez limité sur les taux de spores fongiques dans l'air atmosphérique : s'il majore les risques à un endroit donné ou pour une espèce donnée, il peut tout aussi bien les minorer ailleurs ou pour une autre espèce.

Les risques pour la santé associés au niveau d'exposition ne devraient donc pas s'accroître de façon trop préoccupante.

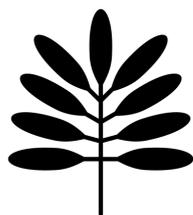
<sup>19</sup> Les spores fongiques sont produites par les champignons et participent à la dispersion et survie des espèces. Les spores peuvent être disséminées par le vent, l'eau, les animaux ou sous l'effet de la gravité.

### II.3.2. Espaces verts et risque pollinique en ville

Les végétaux font aujourd’hui partie des stratégies développées pour limiter la hausse des températures en ville dans le contexte du changement climatique, réduire les inondations et le lessivage des sols, mais aussi piéger les polluants de l’air et améliorer la santé comme le bien-être de la population. Leur intérêt est surtout bénéfique pour l’homme et, à un degré moindre, positif pour la séquestration du carbone. Mais la végétation en ville présente aussi des inconvénients, d’autant que ce sont souvent des espèces toxiques (telles que le laurier rose ou l’if commun) ou allergisantes qui ont été plantées au cours du siècle passé, dans les espaces privés comme dans les espaces publics. Ainsi, chaque année, le nez bouché, les éternuements, les yeux rouges ou irrités, ou dans les cas les plus graves, l’asthme, l’œdème et l’urticaire, sont bien souvent des symptômes de l’allergie au pollen. L’allergie aux pollens ou pollinose se traduit ainsi le plus souvent par une rhinite (nez qui coule, nez bouché, démangeaisons nasales, etc.), une conjonctivite (yeux rouges, démangeaisons, sensations de « sable dans les yeux »), dans 15 à 20 % des cas environ, par des signes bronchiques (toux, crise d’asthme). Dans le Midi méditerranéen, comme sur la majeure partie de la France, l’allergie aux pollens touche désormais au moins 25 % des enfants et 20 % des adultes, avec un quasi doublement de la prévalence au cours des 20 dernières années.

Cela en fait un enjeu majeur de santé publique qui, en interférence avec l’évolution du climat et celle d’autres paramètres environnementaux, rend absolument indispensable une réflexion sur la gestion de la végétation, tout spécialement en ville.

En effet, on retrouve en ville de nombreuses espèces anémophiles - c’est-à-dire pollinisées par le vent - responsables d’allergies respiratoires ou oculaires. La figure 14 indique les espèces ne devant pas être plantées en zone urbaine selon l’expertise du Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) qui compare le potentiel allergisant pour différents végétaux<sup>20</sup>.



Espèces (nom commun)	Famille	Potentiel allergisant
<b>ARBRES</b>		
Aulnes*	Bétulacées	Fort
Cade		Fort
Cyprès commun	Cupressacées	Fort
Cyprès d'Arizona		Fort
Mûrier à papier	Moracées	Fort
Frênes*	Oléacées	Fort
Olivier		Fort
Platanes**	Platanacées	Modéré**
<b>HERBACEES SPONTANÉES</b>		
Graminées*	Poacées	Fort
Pariétaires*		Fort
<b>GRAMINÉES ORNEMENTALES</b>		
Baldingère	Poacées	Fort
Canche sespiteuse		Fort
Fétuques*		Fort
Fromental élevé		Fort
*nombreuses espèces **le pollen des platanes est faiblement allergisant. Par contre, les microaiguilles contenues dans les bourres provenant de la dégradation des capitules femelles de l'année précédente sont très irritantes.		

**Figure 14. Espèces végétales (arbres, herbacées et graminées) identifiées avec un potentiel allergisant fort - les espèces au potentiel allergisant modéré et faible ne sont pas présentées ici (source : [www.pollens.fr/le-reseau/les-pollens](http://www.pollens.fr/le-reseau/les-pollens))**

Les espèces allergisantes sont à l’origine de fortes disséminations saisonnières de pollen, comme c’est le cas pour les cyprès en février et mars. Incriminé dans 56 % des cas, le pollen de cyprès représente aujourd’hui la première cause d’allergie respiratoire dans les villes du sud-est de la France, devant les acariens et le pollen de graminées. Les grains de pollen sont émis selon une chronologie particulière à chaque espèce, à la base de l’établissement des calendriers polliniques qui permettent au médecin, en fonction des déclarations du patient, de suspecter quel est le pollen ou les pollens à l’origine des symptômes (figure 15).

Selon l’espèce végétale et la période de l’année, l’allergie aux pollens sera donc relativement préoccupante et nous invite à repenser la gestion des espaces verts. Ceci s’avère d’autant plus nécessaire que le changement climatique lié à l’intensification de l’effet de serre se traduit d’ores et déjà, et se tra-

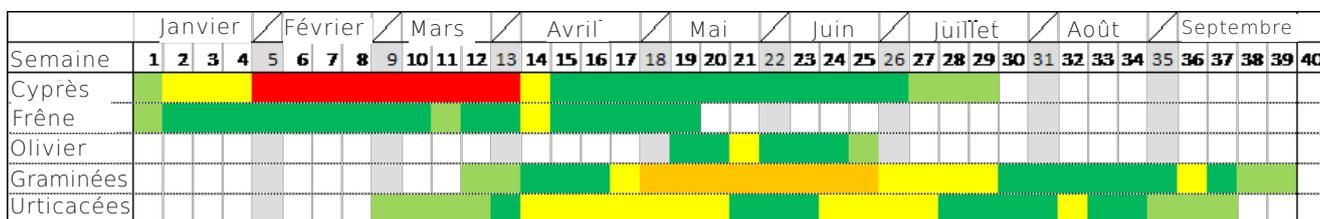
<sup>20</sup> Le potentiel allergisant d’une espèce végétale est la capacité de son pollen à provoquer une réaction allergique chez la plupart des personnes sensibilisées. Plus d’informations sur [www.pollens.fr/le-reseau/les-pollens](http://www.pollens.fr/le-reseau/les-pollens)

duira sans doute de plus en plus, par une modification de la structure et de l'intensité de la pollinisation. Avec des différences non négligeables d'une espèce ou d'une famille botanique à l'autre, les principaux impacts portent sur un allongement de la durée de la saison pollinique (du fait de périodes chaudes plus longues) et par une augmentation des quantités de pollen produites (du fait de l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère).

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'allongement de la durée de la saison pollinique reste peu marqué pour les cupressacées et l'olivier, mais il est net pour les graminées (+4,5 % par an depuis 1989 à Nice) et pour les urticacées, au point que certains évoquent la possibilité de voir l'allergie à la pariétaire devenir perannuelle, c'est-à-dire sévir toute l'année. En Europe, on estime qu'en moyenne, la

floraison printanière des arbres a avancé de 4,5 jours en 10 ans.

Pour ce qui est de l'accroissement des concentrations de pollens dans l'air, indiscutable par exemple pour l'olivier à Nice (+2,4 % par an depuis 1990) et pour le cyprès, il n'est pas toujours facile de faire la part entre le changement climatique et les modifications de l'occupation du sol. Par ailleurs, pour certaines espèces végétales, telles que le bouleau et l'ambrosie, la teneur du grain de pollen en allergènes majeurs augmente sous l'effet d'une exposition à une atmosphère enrichie en CO<sub>2</sub>, augmentant ainsi leur allergénicité. Tous ces impacts vont s'accompagner d'une augmentation de la prévalence des rhinites allergiques polliniques.



**Figure 15. Le calendrier pollinique régional des cinq principales espèces allergisantes permet d'estimer l'évolution hebdomadaire du risque d'allergie (source : RNSA)**

### II.3.3. Allergènes acariens et réchauffement global

L'augmentation des températures moyennes aurait comme conséquence une augmentation de la prolifération des moisissures atmosphériques extérieures et dans les logements. Les êtres vivants microscopiques que sont les acariens domestiques ont en effet un développement très dépendant des conditions climatiques dans les habitats. Il paraît donc légitime de s'interroger sur les relations possibles entre le réchauffement global avec, d'une part, l'évolution de la teneur des logements en acariens et allergènes acariens, et d'autre part, l'évolution de la sensibilisation allergique et de la prévalence des maladies allergiques respiratoires.

Les acariens interagissent avec l'organisme humain par l'intermédiaire d'allergènes. Le climat d'altitude est caractérisé à la fois par une température inférieure à celle enregistrée au niveau de la mer et, par voie de conséquence, un contenu en vapeur d'eau de l'air inférieur. Ainsi, une étude sud-africaine montre une relation inverse entre la latitude et la densité d'acariens dans la poussière de maison recueillie sur les matelas et sols de chambres à coucher, et une relation positive entre la température moyenne et cette même densité en acariens. À l'international, les villes

où la température moyenne est la plus élevée sont celles où la densité des acariens et allergènes acariens dans la poussière de literie est la plus forte (Melbourne, Sydney, Singapour, Tokyo), alors que ces chiffres sont faibles sous des climats froids et secs (Helsinki, Wagga Wagga, Katowice, Briançon et Denver).

La présence d'acariens domestiques suscite des allergies chez l'être humain par le biais de la production d'allergènes, dont la quantité est directement corrélée à la densité d'acariens. Plutôt que de dénombrer le nombre d'acariens dans la literie, il est donc plus pertinent et plus pratique de doser les allergènes majeurs. La concentration d'allergènes acariens dans la literie est ainsi inversement associée à la latitude.

D'un point de vue clinique, une corrélation existe entre l'exposition aux allergènes acariens et d'une part, la sensibilisation allergique cutanée vis-à-vis de cet allergène (indiquée par la présence d'anticorps immunoglobuline E spécifiques sériques ou IgE), d'autre part, la prévalence d'asthme avec allergie aux allergènes acariens.

Compte-tenu de l'évolution future de la température et de l'hygrométrie, et connaissant les relations qui lient ces paramètres avec le risque de sensibilisation

allergique et de développement des maladies allergiques respiratoires, il serait intéressant de modéliser cette tendance à l'échelle de la région.

## II.4. Qualité des eaux de baignade

### II.4.1. Eaux de baignades et changements climatiques : questionnement des équipements en zone côtière

Les littoraux sont soumis à plusieurs effets du changement climatique : une augmentation de température, une élévation du niveau de la mer et des événements climatiques extrêmes - sécheresses et pluies - susceptibles d'augmenter en fréquence et en intensité. Quid dans ce contexte de l'incidence sur la qualité des eaux de baignades de nos plages essentiellement urbaines en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ?

L'augmentation du niveau de la mer est déjà effective avec en moyenne +1 cm tous les 10 ans ces 150 dernières années, avec une forte accélération enregistrée au cours de la dernière décennie, évolution observable notamment sur le marégraphe de Marseille. En parallèle, les phénomènes de type cévenol, ou épisodes méditerranéens, sont de plus en plus intenses.

Les premières conséquences de l'élévation du niveau des mers sont les entrées salines qui s'infiltrent dans les réseaux d'eaux usées avec les autres eaux parasites<sup>21</sup> et qui, également, pénètrent par les déversoirs lors des coups de mer. Ces eaux salées conduisent à des vieillissements prématurés des organes métalliques. Elles peuvent également contribuer, suivant les concentrations atteintes, à des dysfonctionnements dans le traitement en station d'épuration.

À cela s'ajoutent, lors des phénomènes pluvieux intenses, un remplissage rapide des volumes de stockage des ouvrages et la saturation des capacités de pompage ; s'en suivent des risques accrus de déversement et de débordement d'eaux contenant pour partie des eaux usées non traitées.

Ces deux phénomènes conjugués vont conduire potentiellement à une augmentation des rejets directs d'eaux usées mélangées ou non aux eaux pluviales, et donc potentiellement, à une augmentation des

flux de bactéries dans les milieux récepteurs avec des incidences possibles sur la qualité des eaux de baignade.

Le réchauffement global conduit également à renforcer les extrêmes. Les périodes de sécheresse prononcées peuvent contribuer à augmenter le stock de pollution bactérienne qui se forme sur les surfaces urbaines, à partir par exemple des déjections animales de chiens, de chats, d'oiseaux, qui s'accumulent sur les sols, toitures, rues et routes, en attente d'être rincées par la prochaine pluie. La concentration des bactéries pouvant croître avec les hausses de température, des périodes de fortes chaleurs peuvent donc augmenter les risques de dégradation de la qualité des eaux de baignade.

Une fois dans le milieu marin, ces bactéries vont également plus facilement proliférer sous l'influence de températures plus élevées dans l'eau mais aussi dans les sables, entraînant l'augmentation des risques de contamination latents. Ainsi, les plages du littoral voient leurs jours de fermeture augmenter en période estivale avec interdiction de baignade lors du dépassement des seuils réglementaires de taux d'*Escherichia coli* et d'entérocoques intestinaux, des bactéries qui témoignent de déjections humaines ou animales. Ces contaminations sont en effet susceptibles de provoquer gastro-entérites, infections ORL et urinaires.

Le projet ContFecal, piloté par l'université de Montpellier, vise justement à apporter des réponses à l'origine de la contamination fécale humaine et animale (chiens, oiseaux) des bassins versants et du littoral, notamment sur les eaux de baignade et le sable de la plage du Prophète à Marseille. Le protocole d'analyse est mené en période normale et lors d'épisodes pluvieux.

<sup>21</sup> Eaux qui transitent dans des réseaux d'assainissement non conçus pour les recevoir.

## II.4.2. *Ostreopsis*, une microalgue benthique qui prolifère en Méditerranée

Depuis une vingtaine d'années, les microalgues benthiques<sup>22</sup> toxiques du genre *Ostreopsis* (Dinoflagellés), originaires des tropiques, prolifèrent en été dans différentes zones tempérées (bassin méditerranéen, Japon, Nouvelle-Zélande, Brésil). Il s'agit d'espèces introduites par le trafic maritime, dont le développement pourrait être favorisé par le réchauffement global et les activités anthropiques. Des études scientifiques mettent en avant le rôle important de la température de l'eau de mer sur l'intensité des efflorescences<sup>23</sup> estivales qui semblent se produire lors des années les plus chaudes. L'implication du changement climatique dans l'extension de ce phénomène en zones tempérées a donc été suggérée, mais aucune preuve scientifique robuste n'a encore été établie.

En Méditerranée, *Ostreopsis* se développe en période de forte chaleur (juillet, parfois août) à très faible profondeur (0,5 m), principalement sur les zones rocheuses recouvertes de macroalgues. Des mortalités d'invertébrés marins (mollusques, oursins, crabes...) sont observées lors



**Photo 4. Végétation marine recouverte par un biofilm d'*Ostreopsis***

des efflorescences les plus importantes. Les microalgues peuvent se détacher du fond et se concentrent alors à la surface de l'eau (photo 4), ce qui représente le principal danger : en effet, en cas de vent provenant du large, les microalgues, leurs fragments ou leurs toxines peuvent être transportés par les aérosols, pouvant alors affecter, par simple contact ou inhalation, les personnes hors de l'eau (sur les plages, les routes ou dans les habitations). Les Dinoflagellés benthiques sont connus dans les zones tropicales pour être à l'origine d'intoxications alimentaires sévères, suite à la consommation de crabes ou de poissons. Aucune intoxication alimentaire liée à *Ostreopsis* n'a été recensée jusqu'à présent en zones tempérées.

En Méditerranée, les signes les plus fréquents associés à *Ostreopsis* sont des irritations cutanées ou oculaires, mais des symptômes de type grippal avec des difficultés respiratoires peuvent aussi apparaître. Ces 20 dernières années, trois événements de symptômes collectifs, impliquant à chaque fois plus de 200 personnes, ont été observés en Italie, Espagne et Algérie. Ces événements collectifs posent parfois des problèmes d'engorgement des services d'urgence avec le risque de prise en charge retardée de patients atteints d'autres pathologies. Une analyse sociologique exploratoire, réalisée en Provence-Alpes-Côte d'Azur en 2014, montre que le phénomène est aujourd'hui largement méconnu du grand public. Les acteurs sociaux interviewés, les usagers et les gestionnaires de plages ne font pas ou peu le lien entre *Ostreopsis* et les symptômes dont l'algue peut être à l'origine, quand bien même les ont-ils déjà ressentis.

Si la fermeture temporaire, au cœur de la haute saison touristique (août 2013), d'une des plages de Villefranche-sur-Mer (06) a marqué les mémoires des usagers locaux et des habitués, elle n'est cependant pas associée à l'efflorescence d'*Ostreopsis* pourtant à l'origine de l'arrêt municipal, mais à une pollution momentanée.

Un projet européen en cours (2018-2020) sur la qualité des littoraux (CoClimate<sup>24</sup>) devrait permettre de mieux comprendre l'impact économique d'*Ostreopsis* et de modéliser son développement, entre autres en Méditerranée et en Atlantique, en fonction des différents scénarios d'évolution du climat.

<sup>22</sup> Qui vit au fond des eaux.

<sup>23</sup> Augmentation rapide de la concentration d'une espèce d'algue dans un milieu aquatique.

<sup>24</sup> Co-development of Climate services for adaptation to changing Marine Ecosystems : [www.coclimate.eu](http://www.coclimate.eu)

### II.4.3. La dérive des gélatineux sur le littoral Provence-Alpes-Côte d'Azur

Les méduses, composées à 90 % d'eau, ont un taux d'ingestion, de croissance et de reproduction parmi les plus élevés du règne animal. Partie intégrante du plancton, les méduses et autres organismes gélatineux, même lorsqu'ils atteignent 2 m de diamètre, sont transportés par les courants. Cette capacité de nage limitée leur permettent toutefois de légèrement s'orienter dans les courants, voire même de réaliser des migrations journalières entre la surface des océans (ou des mers) et les profondeurs (entre 400 et 600 m), comme *Pelagia noctiluca* (méduse violette dite pélagique<sup>25</sup>), là où d'autres doivent rester en surface la journée.

Plusieurs milliers d'espèces de gélatineux sont à ce jour recensées, mais la découverte d'espèces jusqu'ici inconnues se poursuit. En Méditerranée, des méduses, comme les *Pelagia noctiluca*, *Aurelia aurita*, *Rhizostoma pulmo*, *Chrysaora hysoscella* (toutes plus ou moins urticantes) ou des cténaïres (*Mnemiopsis leidyi*, espèce introduite non urticante, photo 5) sont observées régulièrement, parfois en nombre très impressionnant. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'observation des méduses sur le littoral, notamment de *Pelagia noctiluca* (photo 6), l'espèce la plus présente en Méditerranée, a augmenté depuis les années 90. L'apparente augmentation de leur nombre, qui reste cependant à confirmer, serait liée à une combinaison de plusieurs

facteurs favorisant leur prolifération : augmentation de la température de l'eau, force et direction des courants, ou encore surpêche de poissons prédateurs de méduses et autres espèces planctoniques (sardine, anchois, maquereau, dorade). Pour les méduses côtières, *Aurelia aurita*, l'augmentation générale des températures aurait ainsi tendance à favoriser cette prolifération en allongeant leur période de reproduction.

Présente toute l'année au large des côtes, *Pelagia noctiluca* arrive sur la Côte d'Azur portée par le courant Ligure<sup>26</sup> depuis l'Italie. Cette espèce pélagique forme de larges bancs de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de spécimens, qui se déplacent au gré des courants et suivant la direction des vents, dont certains les rapprochent des côtes, pour finir par envahir certaines plages sur le littoral. Très urticantes, ces méduses peuvent amener les baigneurs à provisoirement et localement désertier les zones les plus touchées. Si les piqûres des filaments de ces méduses violettes peuvent infliger de vives brûlures ou des cloques sur la peau, elles sont rarement dangereuses. Selon l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer, environ une personne sur 200 000 développerait cependant une hypersensibilité et une réaction allergique immédiate qui peut conduire à un choc anaphylactique.



Photo 5. Cténaire *Mnemiopsis leidyi*



Photo 6. *Pelagia noctiluca*

<sup>25</sup> Qui vit dans la colonne d'eau.

<sup>26</sup> Le courant Ligure est un courant marin qui se forme dans le sud du Golfe de Gênes pour ensuite parcourir un long chemin de l'Italie à l'Espagne.

# III. Les leviers d'adaptation aux impacts sanitaires du changement climatique

Le changement climatique est un « facteur aggravant », il amplifie ou multiplie les risques sanitaires. La prévention constitue le moyen le plus efficace pour limiter ces derniers.

La prise en compte des risques sanitaires doit s'appuyer sur une bonne connaissance des phénomènes, de leur aléa, des facteurs d'exposition et de vulnérabilité du ter-

ritoire et des personnes. S'adapter aux impacts du changement climatique est donc devenu incontournable dans l'aménagement du territoire. Cela passe en particulier par une amélioration constante de la recherche scientifique et technique et la diffusion des résultats auprès des décideurs et des citoyens. Anticiper les risques en améliorant la résilience des territoires et des personnes exposées constituera un nouveau pas dans l'évolution de nos sociétés.

## III.1. Aménagement, urbanisme et résilience territoriale

La résilience d'un système vivant (écosystème, biome, population) est la capacité de celui-ci à retrouver les structures et les fonctions de son état de référence après une perturbation. Une faible résilience peut ainsi conduire un système écologique à changer profondément de structure et de fonctionnement s'il est perturbé. Plus un système est adapté, plus il absorbera le choc. L'atténuation du chan-

gement climatique par la réduction des émissions de GES et l'adaptation aux impacts permettent d'augmenter la résilience de nos territoires. Penser la résilience dans nos projets d'urbanisme et d'aménagement permet d'aborder les enjeux globaux (climatiques, sanitaires et plus généralement environnementaux) par une approche locale et intégrée.

### III.1.1. Approche historique des liens entre formes urbaines et santé

Les relations entre l'organisation spatiale de la ville et la salubrité ont toujours existé. Pour preuve, l'ingénierie développée depuis la Rome antique permet aux habitants un accès à une eau « propre », grâce aux aqueducs, fontaines, thermes, latrines et égouts.

Au Moyen-Âge, en revanche, les rues servent de cloaque et les épidémies sont fréquentes. Il faut attendre le XIX<sup>e</sup> siècle, pendant la révolution industrielle, pour que s'élabore la conception moderne de l'assainissement avec le mouvement hygiéniste qui préconise de collecter et traiter

les eaux urbaines et de les rejeter en milieu naturel (pour éloigner les épidémies). L'hygiénisme préconise également un élargissement des voies de circulation et plus d'aération dans les bâtiments afin de pallier aux pollutions grandissantes, notamment de l'air urbain. Quelques formes urbaines parmi les plus représentatives de cette période sont les grands boulevards haussmanniens, les îlots de Cerdà<sup>27</sup> ou les cités-jardins imaginées par Howard<sup>28</sup>.

De plus, depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, la population réinvestit les villes (exode rural) qui concentrent de plus en plus

<sup>27</sup> Cerdà est le père fondateur de l'urbanisme moderne à Barcelone avec ses îlots en U.

<sup>28</sup> La cité-jardin est un concept théorisé par l'urbaniste britannique Howard en 1898, dans son livre *To-morrow : A peaceful path to real reform*, portant sur la manière de penser la ville qui s'oppose à la ville industrielle polluée.

de problématiques liées à la salubrité : concentration des déchets, augmentation des pollutions industrielles et du trafic routier/fret, avec un éloignement grandissant des productions de biens et services par rapport aux consommateurs et l'inscription de la société dans une logique marchande et logistique, grâce à la mécanisation. Parallèlement à cette évolution de la société moderne, « l'accélération du temps » et l'accroissement des distances parcourues grâce à la vitesse, engendrent des modifications importantes de la forme urbaine dont les conséquences majeures sont l'étalement urbain et le zonage monofonctionnel de certains espaces (zones d'activités et de stockage, maillages plus larges des voies de circulation, développement des réseaux et grandes infrastructures). Cette évolution radicale de la forme urbaine a entraîné une artificialisation grandissante des sols dont les conséquences sont une augmentation des risques de ruissellement, de coulées de boue, d'inondations, le renforcement des îlots de chaleur, pouvant réduire la sécurité et fragiliser la santé des populations. Elle s'accompagne aussi de changements de modes de vie : travail à la chaîne (fordisme), éloignement progressif des distances domicile-travail avec, parfois, des rythmes aliénants qui

dégradent également la santé des urbains.

Au XXI<sup>e</sup> siècle, un bilan des progrès de la modernité dresse un certain nombre de constats alarmants, notamment une « déshumanisation » de l'organisation urbaine, et amène, aussi, une nouvelle vision de l'évolution de la ville souhaitée plus durable. Les différentes législations (Loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains ou SRU, Grenelle Environnement I et II, loi ÉLAN...) prônent alors la limitation de l'étalement urbain par une densification des formes urbaines et une reconstruction de la ville sur elle-même, à taille humaine, en créant des espaces plurifonctionnels, construits en analysant leurs usages et en restituant une place à la nature en ville et aux modes de déplacements actifs, dont les écoquartiers sont le symbole.

Le souhait d'une ville durable entraîne donc un nouveau changement de paradigme où l'économie de la fonctionnalité, les modes doux devenus actifs, le bien-être et les usages, l'écologie industrielle et le concept de circularité dans la gestion des ressources émergent grâce aux réflexions sur de nouveaux usages et besoins associés, i.e. vélos en libre service (photo 7), co-working, tiers-lieux, etc.

### III.1.2. Intégrer santé publique et environnement dans le champ de l'urbanisme pour faire face aux enjeux du changement climatique

#### Santé, environnement, territoire et changement climatique : une relation complexe

Réunissant aujourd'hui plus de la moitié de la population mondiale, les villes concentrent la majorité de l'ensemble des infrastructures de vie (réseaux d'eau, d'assainissement, d'énergie, voies de circulations, services publics destinés à la santé, l'éducation, etc.) et des activités économiques et politiques, facteurs qui font d'une part, que ces environnements sont très vulnérables au changement climatique et d'autre part, que ces activités contribuent à l'émission

des GES. Ainsi les villes, et plus particulièrement les centres urbains et leurs aménagements, apparaissent alors comme des « territoires de vie<sup>29</sup> » fondamentaux pour faire face aux impacts du changement climatique (îlots de chaleur urbains, pollution de l'air, perte de biodiversité, inondations, etc.) sur la santé physique, mentale et le bien-être des populations.

#### Remobiliser l'urbanisme et l'aménagement pour répondre simultanément aux enjeux de santé publique et de changement climatique

Si les liens entre urbanisme et santé sont anciens, ils se sont distendus avec le temps, avec, à partir des années 50, un cloisonnement progressif des institutions de la santé, de l'urbanisme et de l'environnement. C'est en 1987 que le concept d'Urbanisme fa-

vorable à la santé (UFS) a été initié par le réseau des Villes-Santé de l'OMS. L'UFS implique des pratiques d'aménagement et d'urbanisme qui tendent à promouvoir la santé et le bien-être des populations tout en respectant les trois piliers du développement du-

<sup>29</sup> On entend par territoire de vie, une unité territoriale (ou système) d'échelles variables (pièce de vie, logement, quartier, ville, région...) structurée en différentes composantes spatiales et non spatiales dans lesquelles les individus évoluent.

nable ; elle porte également des valeurs d'égalité, de coopération intersectorielle et de participation, valeurs clés de la politique de l'OMS, « la santé pour tous ». Ces premiers travaux de l'OMS ont offert un cadre de travail et, grâce au mouvement international des Villes-Santé, ont permis le déploiement du concept à travers le monde. Ainsi, plusieurs pays et régions d'Europe se sont emparés de ce concept pour intégrer plus de santé dans leurs politiques d'aménagement et d'urbanisme. En parallèle, la communauté scientifique s'est elle aussi progressivement structurée à une échelle internationale, conduisant à une production scientifique croissante sur les éléments de preuve des relations entre urbanisme et santé.

Depuis 2010, l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP) a commencé à développer un axe de recherche sur la thématique « urbanisme et santé ». Les travaux menés dans ce cadre sont structurés autour de deux principes-clés de recherche. Le premier se base sur une ap-

proche systémique qui considère la santé comme le résultat du cumul d'exposition à un large panel de déterminants environnementaux, socioéconomiques, et individuels susceptibles d'influencer positivement ou négativement la santé. Il s'agit soit de facteurs de risque (pollution de l'air, nuisances sonores, etc.), soit de facteurs de protection (accès aux espaces verts, interactions sociales, etc.). Le deuxième s'appuie sur la volonté de mettre en œuvre une approche intégrée des enjeux de santé publique et d'environnement dans le contexte de changement climatique et d'urbanisation croissante. Ces principes-clés de recherche, cohérents avec la vision santé planétaire, ont structuré la réappropriation du concept d'UFS à l'échelle nationale et accompagné le développement de cadres de référence et d'outils pour la mise en œuvre de l'UFS à différentes échelles du territoire. Un exemple d'outil, ISadOrA (Intégration de la Santé dans les Opérations d'Aménagement) est présenté ci-après.



Photo 7. Ville de Marseille (13)

## Intégrer la santé dans les choix d'urbanisme et d'aménagement

Le contexte du changement climatique amène à interroger le concept de l'urbanisme favorable à la santé au regard de sa capacité à produire des territoires résilients en termes de santé et d'environnement. La figure 16 illustre la complexité des relations entre changement climatique, aménagement et santé, selon une approche systémique des

déterminants de santé.

Les choix d'urbanisme et d'aménagement (planification et opérationnel) apparaissent clairement comme des leviers d'atténuation et/ou d'adaptation pour répondre aux conséquences locales et plus globales du changement climatique sur la santé des populations.

## Le projet ISadOrA

En collaboration avec l'agence d'urbanisme de Bordeaux Aquitaine (a'urba) et la Fédération nationale des agences d'urbanisme (FNAU), l'EHESP pilote le projet national ISadOrA (Intégration de la Santé dans les Opérations d'Aménagement) financé par le ministère de la Santé, le ministère de la Cohésion des territoires et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Ce projet vise l'élaboration d'un guide opérationnel à destination des professionnels de l'aménagement pour les accompagner dans l'élaboration d'opérations d'aménagement favorables à la santé<sup>30</sup>. En cohérence avec les principes-clés de recherche, cet outil sera structuré autour de 15 fiches dans lesquelles un certain nombre de bonnes pratiques d'aménagement et de préconisations opérationnelles seront présentées en vue d'agir positivement en faveur de la santé et du bien-être des populations.

<sup>30</sup> Guide pour Intégration de la Santé dans les Opérations d'Aménagement (démarche ISADORA) - EHESP/a'urba - à paraître en 2020

Par exemple, la mise en place d'infrastructures basées sur de l'ingénierie écologique visant à gérer les eaux pluviales en surface participe à la réduction des effets sur la santé en lien avec le risque inondation tout en contribuant à la diminution des îlots de chaleur. De plus, une gestion intégrée des eaux pluviales, en valorisant le végétal et le rapport à l'eau peut être associée à une forme de reconnexion avec la nature, également reconnue pour les bénéfices qu'elle procure en termes de bien-être et de quali-

té de vie. Les aménagements dédiés aux eaux pluviales peuvent être également pensés en lien avec la conception de lieux de ressourcement au bord de l'eau et de parcours liés à l'eau, favorables à l'activité physique, à la stimulation de l'imaginaire et de la créativité. Enfin, les infrastructures bleues et vertes peuvent contribuer à assurer des continuités écologiques nécessaires à la préservation de la biodiversité, tout en protégeant la qualité des milieux aquatiques.

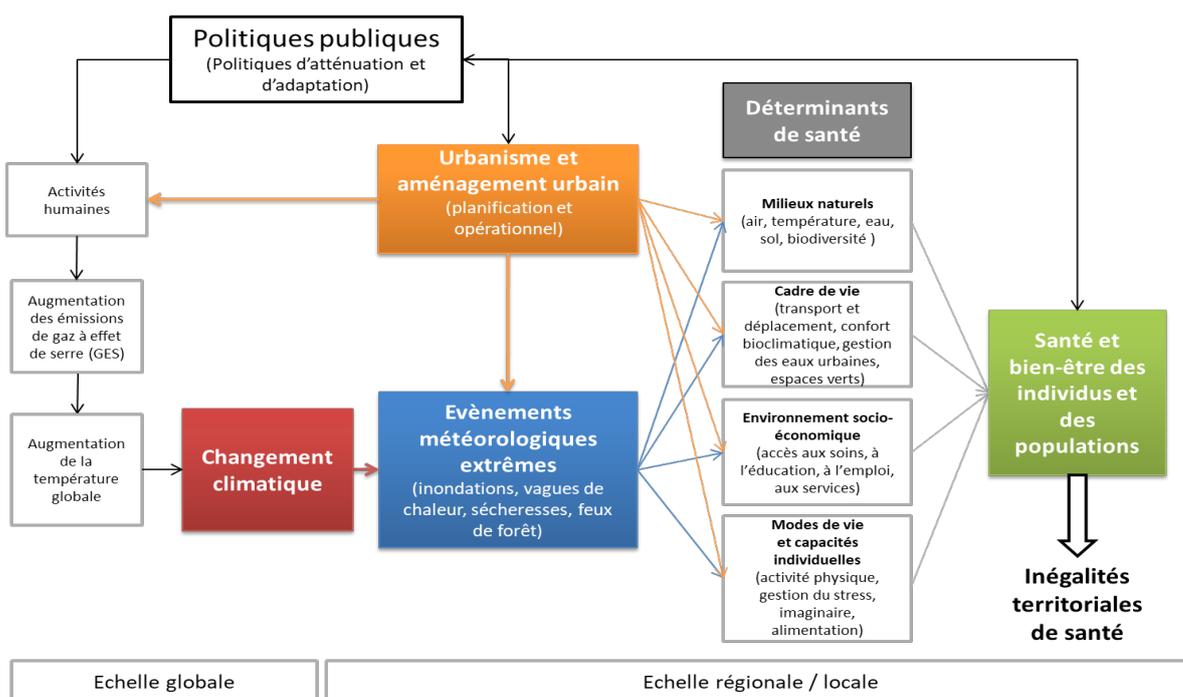


Figure 16. Modèle conceptuel de la représentation des liens entre changement climatique, aménagement urbain et santé selon une approche systémique des déterminants de santé (source : Barbosa et al., 2019)

### III.1.3. L'adaptation des centres urbains denses : l'exemple des îlots de chaleur

La priorité dans la lutte contre le changement climatique et ses effets n'est plus à la construction de logements ou de quartiers neufs, même performants énergétiquement. Les efforts doivent se tourner vers le réaménagement des centres-villes très denses qui seront les premiers soumis à ces chaleurs extrêmes, et la réhabilitation du parc immobilier vétuste. En milieu urbain dense, le rafraîchissement nocturne est difficile : en effet, plus que le pic de chaleur dans l'après-midi, c'est l'absence de fraîcheur nocturne qui provoque l'inconfort thermique le plus prononcé, a fortiori si ce dernier perdure plusieurs jours en cas d'épisodes caniculaires (cf. chapitre 1.1.). La cause

principale est le mode d'occupation du sol en ville. De nombreuses pistes sont à explorer, d'autant que les solutions se construisent au cas par cas. Selon la nature du projet (construction, réhabilitation, logement privé, établissement public, individuel ou collectif...), la situation climatique locale et les critères d'adaptation diffèrent. Plusieurs niveaux d'actions viennent se compléter.

À l'échelle des collectivités, les autorités publiques doivent mettre en place en amont des mesures permettant de favoriser les îlots de fraîcheur (figure 17) pour rendre plus agréable l'ambiance urbaine :

- la **désimperméabilisation** des sols au profit des espaces végétalisés qui permettent l'évapotranspiration des végétaux et la multiplication des points d'eau, et apportent des zones d'ombre ;
- le **choix de matériaux** qui stockent moins la chaleur que l'enrobé, tels que la terre ou des revêtements clairs ;
- le **développement des transports en commun** au détriment des surfaces dédiées au stationnement et à la circulation de véhicules. Ainsi, plus de surfaces seront désimperméabilisées et dédiées aux modes de déplacements doux.

Dans le bâtiment, une bonne isolation, une protection ef-

ficace et adaptée aux différentes orientations (qui laisse entrer le jour mais permet de limiter les apports solaires externes) et des équipements de refroidissement (de préférence passifs<sup>31</sup>), participent à améliorer le confort thermique en période de fortes chaleurs.

Enfin, au niveau des comportements individuels, éviter de cuisiner du chaud, ventiler la nuit, en optant pour une ventilation naturelle traversante si la disposition des portes et fenêtres le permet, et préférer le ventilateur à la climatisation, qui émet de la chaleur à l'extérieur, sont autant de pratiques à adopter.

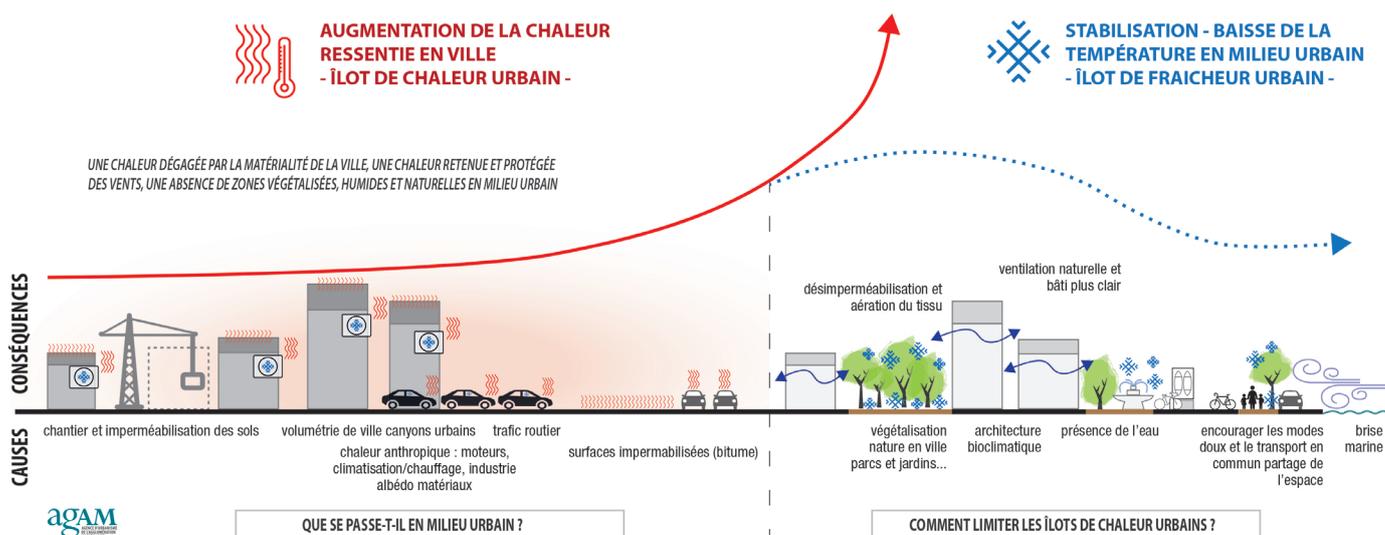


Figure 17. Aménager les îlots de fraîcheur (source : AGAM, 2018)

Les services rendus par la végétation dépendent des politiques de gestion (choix des espèces, entretien, arrosage...), de l'utilisation des sols et des politiques de planification urbaine, qui vont elles-mêmes influencer les variables environnementales (qualité des sols, ressource en eau, degré d'imperméabilisation des surfaces...).

Des outils sont désormais développés à destination des collectivités pour le verdissement de leur territoire (exemple : Arbo Climat développé par le groupe ECIC, Symbios'In, Atelier Colin & Poli Paysages sous l'impulsion de l'ADEME et de la Région Hauts de France), afin d'optimiser le choix et la gestion des espèces végétales, notamment des essences arborées (chaque espèce est évaluée selon six critères). Il s'agit de proposer des scénarios de plantation et d'en évaluer l'impact sur le climat urbain.

Les actions à l'échelle du bâtiment et le comportement des individus ne sont envisageables que si, en amont, la collectivité a mis en place des mesures pour préserver et renforcer les îlots de fraîcheur : en effet, si les températures nocturnes ne sont pas significativement plus basses que les températures diurnes (nuits tropicales), la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres ne permettra pas d'évacuer la chaleur des bâtiments. La ventilation nocturne doit aussi tenir compte de plusieurs paramètres dont la sécurité, le bruit, etc.

Enfin, il est certain que le renforcement des îlots de fraîcheur par les actions décrites ci-dessus suscitera de multiples avantages, e.g. désengorgement des services de santé, meilleure gestion des eaux de ruissellement urbaines, baisse des coûts de traitement des eaux, maintien et développement de la biodiversité urbaine, bien-être accru, lien social privilégié, attractivité assurée.

L'absence de bancs, d'ombre, d'aménités diverses ou, à l'inverse, la présence d'arcades, d'ombrières, de mobilier urbain et d'espaces de repos pour les personnes les plus

<sup>31</sup> Contrôle thermique qui vise à abaisser la température d'ambiance d'un bâtiment sans avoir recours à l'utilisation d'une machine frigorifique.

fragiles (personnes âgées, femmes enceintes...), ou encore la présence d'espaces arborés et de jeux d'eau, et un éclairage nocturne adapté, peuvent apporter des ambiances très diverses et remplir plusieurs fonctions qui questionnent la place de l'usager dans l'espace public.

Aussi, avant de s'interroger sur « comment conce-

voir l'espace public ? », il est important de poser, au préalable, l'intention des aménagements et des ambiances à créer, et donc nécessaire de choisir entre coûts d'investissement, de fonctionnement/d'entretien et choix vertueux d'aménagement. En somme, c'est une vision complexe de l'usage de nos espaces qu'il faut se réapproprier.

### ZOOM 3. L'agriculture urbaine, une solution face au changement climatique aux avantages multiples

Selon la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), l'agriculture urbaine se réfère à de petites surfaces (terrains vagues, vergers, jardins, balcons et récipients divers), dans et autour des villes, utilisées pour cultiver des plantes ou élever des animaux pour une consommation directe ou une vente de proximité. On peut également la qualifier en dépassant la simple dimension de proximité spatiale, en se basant sur les relations fonctionnelles entre habitants et agriculture. L'agriculture urbaine contribue aussi au bien-être des habitants en permettant de : se nourrir, travailler, contribuer à l'insertion de personnes en difficultés, créer du lien social, assurer la cohésion de la vie de quartier, innover (permaculture, démarches participatives, crowdfunding...), contribuer à la biodiversité ou encore jouer un rôle thérapeutique ou d'aide aux personnes en situation de handicap ou de grande précarité...

Les diverses formes de l'agriculture urbaine participent à l'aménagement du territoire et redéfinissent progressivement, par les attentes qu'elles suscitent et les nouveaux besoins auxquels elles répondent, les manières d'habiter/investir les villes, et jouent aussi un rôle essentiel pour la santé et le bien-être des citoyens.

#### III.1.4. Les bienfaits de la nature en ville

La présence de nature en ville répond avant tout à un besoin humain et à une demande sociale. Elle conditionne l'ambiance urbaine et contribue largement aux choix résidentiels : 9 Français sur 10 souhaitent un contact quotidien avec le végétal selon une enquête UNEP-IPSOS de 2013.

Le plan « Restaurer et valoriser la nature en ville », officiellement lancé par le ministère de l'Égalité des territoires et du Logement, et le ministère de l'Écologie, du Développement durable et des Transports, et ses partenaires le 9 novembre 2010, concrétise l'engagement 76 du Grenelle Environnement visant à « restaurer la nature en ville et ses fonctions multiples : anti-ruissellement, énergétique, thermique, sanitaire (eau, air, bruit, déchets), prévention de l'usage de produits chimiques, esthétique, psychologique ». Les axes stratégiques n°2 et 3 préconisent respectivement de développer les espaces de nature en quantité et en qualité, et de promouvoir une culture et une gouvernance partagées de la nature en ville, pour « une adaptation au réchauffement climatique, une baisse des pollutions, une amélioration

du bien-être et de la santé, le maintien de la diversité biologique et l'amélioration énergétique ».

En s'appuyant sur la capacité des végétaux à rafraîchir l'atmosphère (grâce à l'évapotranspiration), à procurer de l'ombrage (photo 8) et à absorber les principaux gaz à effet de serre (carbone, ozone...), la végétation, notamment la strate arborée, a donc ainsi été identifiée comme un levier d'amélioration du bien-être des citoyens et d'adaptation aux enjeux sanitaires posés par le changement climatique.

La biophilie (concept proposé par le biologiste Wilson en 1984) est la tendance innée chez l'humain à être attiré par les formes du vivant et les systèmes naturels. Cette caractéristique psychologique, qui peut sembler anecdotique au premier abord, est en réalité un ressort profond qui détermine la propension à se sentir heureux, à être en mesure de trouver des solutions créatives aux problèmes du quotidien et à améliorer sa productivité au travail (meilleure concentration).

En effet, les variations cycliques saisonnières et du rythme circadien (conditions lumineuses et thermiques) en favorisant des « vues » vers l'extérieur influencent la perception des citadins. Cet extérieur doit donc comporter des éléments végétaux afin de suivre le rythme saisonnier. Les espaces cultivés peuvent s'avérer être un bon levier pour renforcer ce contact avec la nature et offrir aussi des lieux qui participent à la qualité du paysage et du cadre de vie. Il est donc important de laisser s'installer une flore spontanée et locale, support potentiel de biodiversité. Les études des bienfaits des espaces verts sur la santé de la population urbaine montrent toutefois que leur évaluation est souvent difficile car leurs déterminants sont multifactoriels et que les liens de cause à effet sont difficiles à apprécier en raison de l'influence des caractéristiques des individus (âge, genre, facteurs psychologiques, revenus...).

Un lien positif existe entre les espaces verts et la santé physique des citadins, car ce sont des lieux où peuvent être pratiquées des activités physiques permettant de lutter contre l'obésité, les maladies cardiovasculaires et les troubles respiratoires.

La végétalisation de l'espace urbain procure également plus de satisfaction en raison de l'amélioration du cadre de vie et un sentiment de bien-être, sans toutefois diminuer significativement le stress et donc la santé mentale des individus enquêtés.

Au regard des opportunités de contact, de la convivialité et de l'attachement communautaire qu'ils procurent, les usagers des espaces verts rapportent un meilleur état de santé.

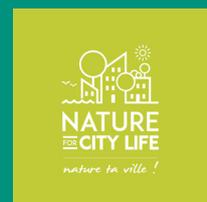
La nature en ville ne doit pas se résumer aux seuls parcs urbains, squares et jardins : elle doit aussi s'immiscer aux abords des voies de circulation, dans des corridors verts (haies par exemple), dans des cours d'immeubles et espaces privatifs, au sein du cadre bâti (murs, toits...) ou encore dans les espaces plus périphériques qui ceinturent les villes. Maximiser la quantité de végétation dans la ville à travers les plantations d'arbres dans les rues, la création d'espaces verts dans les quartiers et le développement de toitures végétalisées à l'échelle du bâtiment est une véritable solution basée sur la nature, mais la vigilance en termes de pérennité et d'efficacité des services rendus impose de s'intéresser à la qualité de cette végétalisation.

Afin d'optimiser les solutions basées sur les services écosystémiques, une vision intégrative de la nature en ville s'impose. Les aménagements doivent ainsi être pensés dans leur globalité et les différents acteurs doivent travailler ensemble en intersectorialité (service aménagement, espaces verts, planification, plan climat...) et interdisciplinarité. Les solutions nécessitent d'être envisagées au cas par cas, selon les situations et contextes urbains (spécificités climatiques, architecturales, géographiques, historiques et volonté des citadins).

## ZOOM 4. Nature for city life

La nature en ville n'est pas qu'une question de nature et de solutions techniques car elle fait appel aux relations entre les individus, la société et la nature. Au regard des enjeux actuels et de l'apport potentiel de la végétalisation des espaces urbains au niveau national et international, mieux connaître la nature en ville, sous tous ces aspects, doit devenir une priorité pour les différents acteurs de la ville, les usagers et les citadins. Pour cela des réseaux européens d'échanges d'expériences et d'expertise se sont développés, des programmes de recherche et/ou d'aide à la gouvernance des villes sont financés par l'Union européenne, à l'instar du programme *Nature For City Life*<sup>32</sup> porté par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (2017-2022) qui vise à développer et renforcer la nature en ville, au travers des infrastructures vertes et bleues, pour s'adapter aux changements climatiques et renforcer l'attractivité des trois métropoles régionales (Aix-Marseille Provence, Toulon Provence Méditerranée et Nice Côte d'Azur).

La réalisation opérationnelle de cet objectif s'appuie sur l'information, la sensibilisation et la formation auprès de différents publics et acteurs en insistant sur les services rendus par la nature en ville et en se basant sur des sites de démonstration et la création d'un MOOC (Massive Online Open Course) innovant, *NatureForCityLife*<sup>33</sup>. De plus, cette initiative renforcera l'intégration d'infrastructures vertes et bleues dans des projets d'aménagement urbain et les actions se dérouleront dans une logique de réseau dans les trois métropoles.



<sup>32</sup> [www.nature4citylife.eu](http://www.nature4citylife.eu)

<sup>33</sup> [www.moocnatureforcitylife.eu](http://www.moocnatureforcitylife.eu)



Photo 8. Allée d'arbres, Gardanne (13)

### III.1.5. L'écoquartier est-il un exemple de la ville adaptée au changement climatique ?

L'aménagement et la gestion des espaces urbains et bâtis représentent les principaux leviers des politiques d'action contre le changement climatique. Les écoquartiers ont pour but, entre autres, de réduire la consommation d'énergie fossile et les émissions de GES en créant des milieux urbains plus respectueux de l'environnement. Cependant, ces objectifs ont tendance à se diluer dans les exigences économiques de la construction. L'appellation « écoquartier » est reprise par le label du ministère de la Cohésion des Territoires et des Relations avec les collectivités territoriales « ÉcoQuartier » et fait directement référence aux objectifs écologiques des projets d'aménagement urbain. Parmi les engagements, certains concernent directement « l'Environnement et le Climat », mais aussi « [le] Cadre de Vie et [les] Usages » (dimensions nommées ainsi dans la charte ÉcoQuartier). Ainsi, le label vise la conception de quartiers économes en ressources, favorisant l'usage des transports en commun et des modes doux et offrant un cadre de vie de qualité, propice à la santé de ses habitants.

Historiquement, les préoccupations des écoquartiers s'inscrivent dans la Déclaration de Rio en 1992 (signée 4 ans avant le lancement de l'écoquartier Vauban à Fribourg-en-Brisgau, en Allemagne, projet pionnier en la matière), dont certains textes ont fondé les différents objectifs des écoquartiers. Les préoccupations liées à la consommation énergétique et aux transports se couplent à la problématique de la biodiversité dans l'espace urbain (photo 9). Selon leur charte, les écoquartiers s'engagent à valoriser « le patrimoine bâti et naturel » (engagement 10)

et « la biodiversité, les sols et les milieux naturels » (engagement 20) mis à mal par le changement climatique, notamment la faune et la flore du pourtour méditerranéen, mais aussi à « assurer un cadre de



Photo 9. Nature en ville à Arles (13)

vie sûr qui intègre les grands enjeux de santé, notamment la qualité de l'air » (engagement 8). Or, toute la biodiversité urbaine n'est pas sûre, ni bonne pour la santé humaine. Certaines plantes et animaux ont des propriétés allergènes et d'autres, comme *Aedes albopictus*, le moustique tigre, sont vecteurs de maladies.

La préservation et la valorisation de la biodiversité ne sont donc pas sans contradiction avec les autres objectifs de l'écoquartier, dont le modèle en lui-même n'est pas non plus exempt de reproches. Le surcoût des constructions durables pousse les promoteurs à les destiner principalement aux couches aisées de la population, accroissant les inégalités déjà présentes. De plus, en France, la lutte contre le changement climatique dans la construction est essentiellement faite au travers d'installations techniques qui offrent des performances thermiques optimales (isolation, production énergétique intégrée, recyclage calorique, etc.).

La technicité d'une opération est l'atout communicationnel majeur des écoquartiers, un atout qui s'exprime particulièrement dans les *smart cities*, un autre modèle d'environnement urbain contemporain.

L'opération marseillaise nommée Smartseille y fait d'ailleurs étymologiquement référence. Or cette opération fait partie de l'écoquartier Quartier 112, à l'intérieur même de l'opération Euroméditerranée, ce qui témoigne de la facilité avec laquelle s'opère le glissement étymologique et sémantique de l'écoquartier vers la technicité puis vers la *smart city*.

Le développement durable, la lutte contre le changement climatique, la protection de l'environnement et de la santé des habitants (les humains comme les non-humains) font partie des multiples objectifs des écoquartiers, que résument les 20 engagements du label ÉcoQuartier. Cette multiplicité de buts, qui ne se rejoignent pas toujours, se couple elle-même à la multiplicité des méthodes (de construction, d'étude, de conception, d'information, de communication, etc.), des démarches et des labels (ÉcoQuartier, ÉcoCité, Quartier Durable Méditerranéen, etc.). Ceci facilite les glissements de sens et favorise la confusion en laissant la place à une hiérarchisation des objectifs, qui ne se fait pas toujours au profit de la lutte contre le changement climatique et ses effets, de la protection de l'environnement et de la santé, notamment dans le sud de la France.

## III.2. Surveiller, alerter, prévenir

Pour prévenir les risques sanitaires, la diffusion de l'information avant l'apparition des risques ou pendant la période de risques en dernier recours est essentielle. Il s'agit de diffuser, en dehors des périodes de risques, des informations sur les bonnes pratiques et les gestes du quotidien

pour les prévenir, mais également de veiller ou surveiller pour anticiper (repérer les signaux) et alerter la population ou les décideurs en diffusant l'information au plus vite pour une prise de mesures adéquates en réponse aux risques détectés.

### III.2.1. Le système d'alerte canicule et santé (SACS)

Les Français sont désormais habitués aux vigilances météorologiques. La vigilance canicule est maintenant entrée dans les mœurs au même titre que la vigilance vent violent par exemple. Et pourtant, alors que la vigilance tempête de Météo-France est née en 2001 après les deux grosses tempêtes Lothar et Martin qui ont traversé le pays en décembre 1999, la vigilance canicule n'a rejoint ses grandes sœurs qu'en 2004, soit après la canicule meurtrière de l'été 2003.

Vingt ans avant la canicule de 2003, la Provence a été touchée par une vague de chaleur : pendant les 10 derniers jours du mois de juillet 1983, la mortalité a plus que doublé à Marseille, passant de 273 décès en moyenne

au cours des quatre années précédentes à 573 décès en 1983. Cette surmortalité a touché davantage les femmes que les hommes, mais elle a surtout frappé les personnes âgées. Jean-Louis San Marco, alors professeur de médecine à l'université de Marseille a suspecté à l'époque le « rôle pathogène de l'absence de refroidissement nocturne ». Il a mis en place une procédure de surveillance et d'alerte dès 1984.

Suite à la canicule d'août 2003 qui a entraîné une surmortalité importante estimée à environ 15 000 décès<sup>34</sup>, un Plan national canicule (PNC) a ainsi été mis en place en 2004. Piloté par le ministère chargé de la santé, ses objectifs sont d'anticiper l'arrivée d'une canicule et de proposer les ac-

<sup>34</sup> Ravault C., Isnard H., Ledrans M. (2003), Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France. Bilan et Perspectives. Institut de veille sanitaire, 120 p. [en ligne : [http://opac.invs.sante.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=5700](http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=5700)]

tions à mettre en œuvre pour prévenir et limiter les effets sanitaires de celle-ci. Ce plan se décline au niveau départemental (PGCD : plan de gestion d'une canicule départementale) et prévoit des mesures d'informations, de prévention et de gestion de crise. Dans le cadre du PNC, un système d'alerte canicule et santé est coordonné par Santé Publique France : activé du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre, il a comme objectif principal d'identifier les canicules susceptibles d'avoir un impact sanitaire majeur, afin de permettre la mise en place rapide de mesures de prévention et de gestion de l'évènement.

L'activation des niveaux de vigilance jaune, orange ou rouge canicule dépend de Météo-France<sup>35</sup> (figure 18). Les seuils d'alerte sont définis au niveau départemental à partir des données d'une station météorologique (figure 19), sur la base de probabili-

tés d'atteinte ou de dépassement simultané de seuils par les indices biométéorologiques (IBM) minimum et maximum au cours d'une même journée, et de facteurs aggravants (humidité, intensité de chaleur, dégradations orageuses).

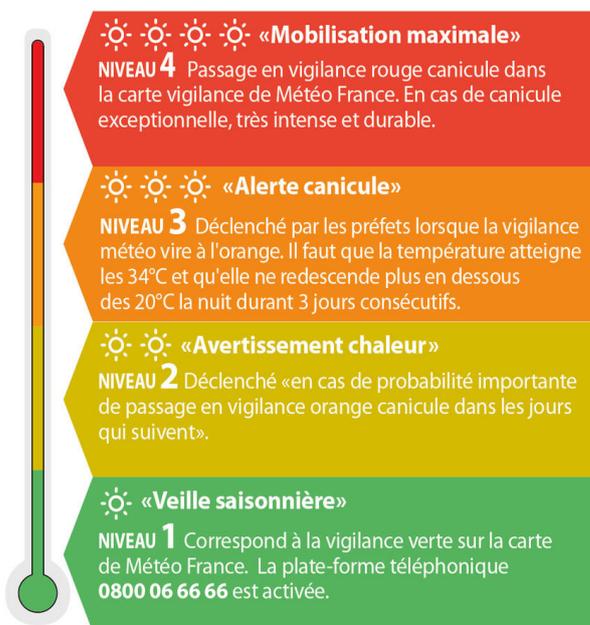
Dès le deuxième niveau de vigilance, Santé Publique France surveille au niveau local, via son réseau de cellules régionales et nationale, les recours aux soins pour pathologies en lien avec la chaleur (passages aux urgences hospitalières pour hyperthermie et coup de chaleur, hyponatrémie<sup>36</sup> et déshydratation, consultations auprès de SOS Médecins pour coup de chaleur ou déshydratation) et la mortalité. Ces indicateurs ne donnent qu'une vision partielle de l'impact sanitaire consécutif à une vague de chaleur car ils ne couvrent pas l'ensemble des effets sanitaires potentiels provoqués par la chaleur.

Depuis la mise en place du PNC en 2004, la vigilance orange canicule (troisième niveau) a été déclenchée en région Provence-Alpes-Côte d'Azur durant 6 saisons estivales (2004, 2006, 2009, 2017, 2018 et 2019).

Durant l'été 2018, une vague de chaleur déclenchant les niveaux de vigilance jaune et orange canicule est survenue sur le territoire français métropolitain entre le 24 juillet et le 8 août. Elle a touché la région Provence-Alpes-Côte d'Azur du 25 juillet au 8 août, période durant laquelle plus de 1 100 personnes ont été prises en charge par le système de soins pour des problèmes liés à la chaleur. Sur les périodes de dépassement de seuil constatées dans les départements, l'excès de mortalité a été évalué en région Provence-Alpes-Côte d'Azur à 216 [intervalle 186 - 257] décès, soit une surmortalité estimée de 17,3 % [intervalle 14,6 % - 21,3 %]. Les personnes âgées entre 65 et 74 ans ont été les plus touchées.

En 2019, pour la première fois la vigilance rouge canicule (quatrième niveau) a été déclenchée : lors de la première canicule, 4 départements étaient concernés dont les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse ; lors de la seconde, près de 20 départements étaient placés en vigilance rouge, principalement dans le nord de la France (soit 35 % de la population française). Ces vagues de chaleur, importantes par leur durée et leur étendue territoriale, confirment que les fortes chaleurs sont un risque important pour la santé.

### Les 4 niveaux du plan canicule



#### À partir du niveau 3

- Les personnes âgées sont regroupées dans des pièces fraîches, le personnel veille à leur hydratation.
  - Les personnes âgées et handicapées isolées à domicile sont visitées par les communes.
  - Des messages de prévention sont diffusés dans les médias locaux.
- Source : ministère de la Santé 

Figure 18. Les 4 niveaux du Plan national canicule (PNC) (source : ministère des Solidarités et de la Santé)

<sup>35</sup> Vigilance météorologique : [vigilance.meteofrance.com](http://vigilance.meteofrance.com)

<sup>36</sup> Trouble correspondant à un faible taux de sodium dans le sang, fréquent notamment chez les personnes âgées en période estivale, lorsque les quantités d'eau présentes dans le corps sont excessives par rapport aux quantités de sel existantes. On parle encore d'intoxication par l'eau.

Département	Station	Seuil IBM inférieur	Seuil IBM supérieur
Alpes-de-Haute-Provence	Saint-Auban-sur-Durance	19	36
Hautes-Alpes	Gap	18	34
Alpes-Maritimes	Nice	24	31
Bouches-du-Rhône	Marignane	24	35
Var	Toulon	23	35
Vaucluse	Avignon	21	36

Figure 19. Seuils départementaux des indices biométéorologiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

### III.2.2. Moustique tigre : une relation conflictuelle et une lutte multi-acteurs

En France métropolitaine, la surveillance du chikungunya et de la dengue s'inscrit dans un plan d'antidissémination du chikungunya et de la dengue en métropole. Ce dernier a été élaboré par le ministère chargé de la santé et actualisé chaque année. Il prévoit de renforcer la surveillance entomologique et épidémiologique notamment dans la zone d'implantation d'*Aedes albopictus* (ou « moustique tigre ») pour prévenir et évaluer les risques de dissémination de ces deux virus. Une surveillance saisonnière est renforcée dans les départements d'implantation du vecteur viral *Aedes albopictus* du 1<sup>er</sup> mai au 30 novembre (période d'activité du moustique tigre). Tout cas de chikungunya (importé ou autochtone) doit être immédiatement déclaré à l'Agence Régionale de Santé (ARS) par tout moyen approprié (téléphone, fax, courriel) puis notifié à l'aide d'une fiche de déclaration obligatoire.

Les problématiques liées au moustique tigre concernent un grand nombre d'acteurs (ARS, opérateurs publics de dé-moustication, collectivités locales, professionnels de santé, etc.) et nécessitent la mise en place d'une lutte intégrée.

Le système de signalement et de surveillance des arboviroses est très développé et permet à ce stade d'endiguer les départs épidémiques. La présence d'opérateurs historiques de la lutte contre les moustiques présents dans les zones marécageuses du delta du Rhône offre un système de lutte très réactif.

Cependant, en dehors du risque sanitaire, le mot d'ordre est la réduction à la source, c'est-à-dire la suppression des lieux de ponte appelés « gîtes larvaires ». De par leur nature, leur multitude et leur diversité en milieu urbain, la lutte anti-larvaire est difficile à mettre en œuvre. Celle-ci implique une participation communautaire qui doit être initiée et entretenue par la sensibilisation, l'éducation et la mobilisation de l'ensemble de la population pour détruire tous les potentiels gîtes larvaires. À l'échelon communal, le maire est chargé de faire respecter les dispositions du Règlement Sanitaire Départemental (Art. 121). À ce titre, les services municipaux ont un rôle essentiel dans la réduction des gîtes larvaires présents sur le domaine public et privé. Ceux-ci sont, par ailleurs, au contact direct des territoires et de la population. Toutefois, hormis celles dotées d'un Service communal d'hygiène et de santé, les communes sont malheureusement souvent dépourvues de moyens et de personnel pour faire face à cette nouvelle problématique.

Enfin, les habitants de notre région ont découvert récemment le moustique tigre et prennent depuis quelques années la mesure de leur rôle individuel pour éviter la prolifération de ce vecteur. En effet, 80 % des gîtes sont situés dans le domicile privé et, quand bien même les collectivités sont mobilisées, l'essentiel du travail est donc à faire dans le domicile privé et nécessite la mobilisation de tous.

### III.2.3. Pratiques de gestion des espaces verts face à l'allergie pollinique en ville

La conception des plantations urbaines constitue un élément central de la problématique de l'allergie pollinique en ville. C'est pourquoi une réflexion doit s'engager pour mettre en accord les objectifs de végétalisation des villes et la question des allergies au pollen.

Le guide d'information « Végétation en ville » mis

au point par le RNSA est disponible sur le site [www.vegetation-en-ville.org](http://www.vegetation-en-ville.org). Il a pour objet d'aider les paysagistes, les architectes, les autorités de santé et les autorités territoriales à prendre en compte la composante santé dans le choix et l'entretien des espèces végétales en zone urbaine ou pé-

riurbaine. Si ce guide permet de s'informer sur le risque allergique lié au pollen, il comporte aussi un grand nombre de conseils et propose des solutions alternatives selon la typologie des usages.

Le maître-mot est ainsi de diversifier les plantations, c'est-à-dire d'instaurer de la diversité dans les aménagements paysagers afin de diminuer la concentration de pollens d'une même espèce dans l'air. Par ailleurs, les objectifs de réduction de l'allergie rejoignent ceux d'une bonne gestion des espaces verts. En effet, diversifier les espèces en limitant par exemple la part du platane, permet de diminuer le risque d'allergie, mais rend aussi le patrimoine végétal d'une ville moins sensible aux épidémies, comme la maladie du chancre coloré du platane qui fait actuellement des ravages en Provence. De même, créer des haies de mélange à la place des haies de cyprès n'a pas qu'un effet positif sur l'allergie : cela atténue également la banalisation du paysage et permet le développement d'une faune variée.

Dans certains cas, le choix d'espèces stériles ou produisant peu de pollens constitue également une option intéressante. C'est ainsi que l'Inra<sup>37</sup> d'Avignon développe actuellement une stratégie de sélection

de cyprès verts non pollinisants, à partir de graines produites par le cyprès du Tassili (*Cupressus dupreziana*) et utilisées pour des replantations dans le massif de l'Estérel dans le Var.

Mais les efforts ne doivent pas se limiter au choix des espèces. L'entretien des espaces végétalisés urbains est tout aussi primordial pour limiter le risque d'allergie. Une taille régulière des espèces allergisantes empêche les fleurs d'apparaître, et donc, diminue la quantité de grains de pollen libérés dans l'air. De même, une tonte fréquente des pelouses empêche les graminées qui s'y trouvent de fleurir, ce qui limite la quantité d'allergisants.

Certes, une bonne prise en compte du problème des allergies ne passe pas par une suppression de toutes les plantes incriminées, le résultat serait à l'inverse des objectifs sanitaires poursuivis puisque les plantes en ville sont nécessaires à notre environnement, à l'aspect de nos villes et même à notre moral. Il s'agit au contraire d'une réflexion raisonnée sur l'organisation et la gestion des espaces verts. L'allergie ne doit pas supplanter d'autres considérations, mais être un facteur pris en compte dans le choix d'un projet.

### III.2.4. De l'invisibilité des dangers au besoin d'engager un débat social élargi : exemple de la canicule de 2003

Les sciences sociales sont souvent sollicitées par différentes disciplines, mais aussi par des agences intervenant près du public, notamment sur la façon la plus efficace de communiquer une information. Cette demande résulte d'un regard particulier sur l'homme, la société et leurs connaissances : les pouvoirs publics, épaulés par des scientifiques, disposeraient des connaissances nécessaires alors que la population, de son côté, n'en disposerait pas ou du moins pas au même niveau.

Les récents bouleversements écologiques et climatiques vécus par nos sociétés ont conduit les pouvoirs publics à faire face à des crises environnementales sans précédent. Face à ces nouvelles crises, les moyens d'adaptation restent encore à inventer et les solutions efficaces seraient plus facilement trouvées à partir d'un dialogue sociétal élargi.

La canicule de 2003 nous fournit un bon exemple de ce besoin : avant 2003, les critères de diagnostic du

« coup de chaleur » n'existaient pas en France et les statistiques ne permettaient pas d'estimer le danger associé aux périodes de grande chaleur. De ce fait, pendant la canicule de 2003, une grande partie des décès était encore déclarée comme résultant de problèmes cardiaques non spécifiques. Or, sans chiffres associant des dangers sanitaires à un moment donné ou à une situation environnementale spécifique, ce danger était resté invisible aux yeux des institutions jusqu'à cette date.

Cette invisibilité est d'autant plus flagrante qu'une autre canicule avec une augmentation de 6 000 morts avait déjà eu lieu en 1976. Ce fait n'avait cependant pas été repéré jusqu'à 2003, année où l'Inserm<sup>38</sup> associe les décès à une canicule (augmentation de 14 800 morts par rapport à la mortalité attendue). D'autres pays européens ont également été touchés par la canicule de 2003, en subissant pourtant des conséquences bien moins importantes. Le Portugal en est un bon exemple : suite à une canicule en 1981,

<sup>37</sup> À partir de janvier 2020, l'Inra devient l'Inrae : Institut National de Recherche en Agriculture, alimentation et Environnement.

<sup>38</sup> Établissement public à caractère scientifique et technologique, dédié à la recherche biologique, médicale et à la santé humaine, et placé sous la double tutelle du ministère de la Santé et du ministère de la Recherche.

la population ainsi que les pouvoirs publics disposaient déjà en 2003 d'un grand savoir pratique sur comment et quoi faire face à une vague de chaleur. Une augmentation de 26 % de la mortalité typique pour la même période de l'année y avait été enregistrée dans des conditions météorologiques encore plus dramatiques que celles vécues en France où l'augmentation a été de 55 % en moyenne. Le 12 août, journée la plus meurtrière en France, la surmortalité a atteint 163 %. La canicule de 2003 en France nous fournit une bonne illustration d'un danger sous-estimé car il n'était pas clairement identifié.

Nous vivons aujourd'hui dans un monde où les risques sont

estimés et appréhendés à tout instant. En vue des bouleversements environnementaux en cours, nos sociétés ont besoin de renforcer leur résilience. Cela sera difficilement possible si nous n'adoptons pas une vision plus ouverte des savoirs et expériences du public qui est lui-même expert de son propre environnement.

À partir de là, la question de la compréhension pourrait être retournée incitant ainsi les scientifiques et les pouvoirs publics à se demander ce qu'ils connaissent de la perception des différents groupes sociaux vis-à-vis du monde qui les entoure.

### III.2.5. Le climat, un déterminant de santé révélateur des vulnérabilités sociales

La notion de justice environnementale est apparue dans les années 1980, aux États-Unis, quand il est constaté que la pollution industrielle des sols était bien plus importante dans les quartiers les plus pauvres. Celle de justice climatique en est issue, basée sur le constat que les conséquences du dérèglement climatique ne sont pas les mêmes selon le niveau social (riche ou pauvre), le sexe, le temps passé dans un pays industrialisé<sup>39</sup>. Or, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est le siège de fortes inégalités sociales qui, si l'on n'y prend pas garde, seront aggravées par le changement climatique.

En premier lieu, rappelons que les personnes les plus pauvres sont les moins responsables du dérèglement climatique. Elles ont des comportements de faible consommation, prennent très peu l'avion, ont des voitures plus petites - ou pas de voiture du tout.

Les plus fragiles sont, en revanche, bien les plus touchés. Lors de la canicule de 2003, la catégorie socioprofessionnelle était le second facteur explicatif des décès en surnombre, après l'âge. Les personnes les plus vulnérables vivent concentrées dans les quartiers urbains les plus denses et les moins végétalisés, parfois inondables. En ville comme en milieu rural, leurs logements sont de moindre qualité : si une « passoire thermique » laisse la chaleur s'échapper en hiver, elle la laisse entrer en été. La rénovation énergétique des bâtiments est donc un enjeu majeur

pour ces personnes qu'elles soient des propriétaires impecunieux dans l'incapacité de financer des travaux, soit, plus fréquemment, des locataires du parc privé dont les bailleurs ne peuvent ou ne veulent pas les engager (les bailleurs sociaux ont été, dans l'ensemble, plus actifs en la matière).

D'autres conséquences du dérèglement climatique frappent en priorité les plus vulnérables. Lors de catastrophes naturelles, les femmes et les enfants sont davantage victimes que les hommes. Si les prix des produits alimentaires augmentent en raison de mauvaises récoltes, les plus pauvres sont les premiers affectés. Les mesures fiscales incitant à la réduction de la consommation d'énergie, mal compensées, peuvent également pénaliser de manière excessive les plus pauvres. Les échappatoires leur sont moins accessibles. Un climatiseur, solution « évidente » - et très problématique par ailleurs - a un coût à l'achat et en consommation électrique. L'installation de moustiquaires a aussi un coût. Les personnes les plus vulnérables n'ont souvent pas d'assurances et il leur est plus difficile de déménager vers des endroits moins exposés.

En résumé, avec le changement climatique, la précarité des personnes les plus vulnérables s'accroîtra et aggravera les risques. Il est indispensable d'en tenir compte dans la mise en place des politiques publiques.



<sup>39</sup> La justice climatique a pris également une forme plus juridique avec des procès faits aux États en raison de leur inaction - c'est ce que fait le mouvement « l'Affaire du siècle » en France.

# Conclusion

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur, de par son contexte géographique particulier, est comme tout le bassin méditerranéen un « hot spot » du changement climatique. Derrière ce terme souvent répété, se cachent des processus complexes et des réalités souvent méconnues. Les écosystèmes des espaces maritimes et terrestres sont par exemple soumis à de multiples pressions qui menacent aussi bien la biodiversité, les ressources en eau, la forêt, que la ressource alimentaire et l'économie. Ces bouleversements profonds ont aussi des impacts directs et indirects sur la santé humaine (e.g. mortalité précoce, allergies). Les enjeux liés aux risques sanitaires (e.g. événements climatiques extrêmes, précarité énergétique, invasion de nouvelles espèces) sont considérables et la communauté scientifique commence à évaluer leur ampleur.

En agissant sur les déterminants sociaux et environnementaux de la santé, les changements climatiques aggravent les inégalités sociales, économiques et démographiques, et toutes les populations en ressentent les effets.

Les mesures les plus efficaces pour réduire la vulnérabilité à court terme dans le domaine de la santé sont des actions et initiatives qui protègent et améliorent les dispositifs de base de la santé publique (e.g. accès à l'eau potable, entretien des réseaux d'assainissement), assurent l'accès aux soins de santé pour tous, incluant la vaccination et les services de santé infantile, renforcent les capacités d'anticipation et de réaction de la société en cas d'événements majeurs, de crises ou encore de catastrophes, et qui luttent contre la pauvreté sans relâche. Les plus démunis sont de loin les plus vulnérables face au changement climatique, même si aucun de nous n'est à l'abri des effets en cascade du bouleversement en cours. Comme le changement climatique affecte de manière multifactorielle toutes les composantes de la société et de la nature, il est nécessaire, dès aujourd'hui, de développer nos systèmes de santé sur l'ensemble du territoire régional afin de limiter les risques, mais aussi d'accompagner les acteurs régionaux, des décideurs aux citoyens, dans la mise en place de solutions.

À l'horizon 2050, les projections des modèles climatiques régionaux mettent en évidence une augmentation de la température de l'air et un faible signal pour les précipitations. En effet, les cumuls annuels de précipitations resteraient stables à l'échelle régionale (attention aux disparités locales et à la variabilité interannuelle du climat méditerranéen), mais le

régime des pluies tendrait vers plus d'humidité en hiver et des périodes de sécheresse plus sévères et intenses en été, une multiplication des pluies diluviennes, etc. Cela signifie que les épisodes météorologiques actuels seront plus sévères et réguliers (e.g. canicules, vagues de chaleur, sécheresses, pluies de type épisodes méditerranéens), rendant les territoires plus exposés et vulnérables, et seraient susceptibles de multiplier les risques : incendies ravageurs, inondations plus dévastatrices avec des probabilités de pertes de vies humaines non négligeables associées à des conséquences sur la santé mentale des populations touchées, mais aussi des risques de tensions sur l'accès à l'eau potable et de perte agricole. L'augmentation de la température est, et sera de plus en plus, favorable à l'apparition de nouvelles maladies infectieuses (dengue et chikungunya), à des pics de pollution de l'air et à une production d'allergisants plus nombreux et agressifs. Même si les émissions des GES cessaient maintenant à l'échelle mondiale, la probabilité d'une telle trajectoire climatique demeurerait forte en raison de l'inertie des GES dans l'atmosphère. Donc, ces 30 prochaines années, quels que soient les scénarios socioéconomiques, les acteurs régionaux vont à la fois devoir mettre en place des actions d'adaptation au changement et d'atténuation des émissions de GES pour protéger les personnes, leurs biens et services, mais aussi leur capital santé.

Après 2050, en l'absence d'actions d'envergure, de politiques et de stratégies environnementales et sociétales encourageant la transition énergétique et écologique, la situation deviendrait critique avec des événements climatiques qui affecteraient durement et de manière irréversible les conditions de vie des citoyens et leur environnement. L'été 2003, resté dans nos mémoires pour sa canicule particulièrement meurtrière, deviendrait alors un été normal dès la fin de ce siècle, voire avant selon les scénarios socioéconomiques ; dans de telles conditions, l'accès à l'eau potable et la sécurité alimentaire deviendraient, dès la fin du siècle et après, des enjeux cruciaux pour notre région.

À l'avenir, la santé de la population régionale dépendra donc grandement de la pertinence et de l'efficacité des mesures d'atténuation susceptibles de réduire d'ici 30 ans les impacts du changement climatique, sachant que les effets dépendront grandement de l'évolution mondiale des émissions de GES, et des actions d'adaptation permettant avant tout de protéger les populations en évitant d'exacerber les menaces et les risques.

À travers ce cahier thématique, la communauté scientifique alerte les acteurs régionaux et inventorie des stratégies d'adaptation et/ou de gestion pour répondre aux enjeux sanitaires d'aujourd'hui et de demain. Pour se protéger des vagues de chaleur et canicules au cœur des espaces urbains, par exemple, soumis à des températures plus élevées qu'en milieu rural, il s'avère indispensable de :

- **prendre en charge les personnes vulnérables** et précaires (e.g. permettre une flexibilité des horaires pour les travailleurs extérieurs) ;
- **adapter les aménagements urbains et le bâti** pour lutter contre les îlots de chaleur urbains (orientation du bâti, choix des matériaux et des couleurs, présence d'eau et de végétation, photo 10) ;
- **développer la nature en ville** en considérant le risque allergique, le risque lié aux maladies vectorielles, la nouvelle donne climatique et la préservation de la biodiversité dans le choix des espèces et des pratiques de gestion.

Le développement de la culture du risque passera par :

- une **meilleure connaissance des risques** à l'échelle locale ;
- la **mémoire du risque** souvent ignorée ou négligée ;

- la **mise en place de systèmes de surveillance, de prévention et d'alerte, et leur appropriation par les habitants** (entraînements, formations, communications ciblées, etc.) ;

mais aussi par un aménagement adapté à ces risques, permettant par exemple de :

- privilégier les surfaces perméables pour lutter contre le ruissellement urbain ;
- éviter les sols laissés à nu sur les surfaces agricoles pour limiter l'érosion des sols ;
- mettre en place des récupérateurs d'eaux pluviales ;
- etc.

L'adaptation et l'atténuation exigent aussi le développement à grande échelle des transports collectifs et des mobilités douces, qui présentent l'avantage de réduire la consommation des énergies fossiles et limiter la pollution de l'air. La santé des populations sera aussi assurée par la pratique de sport qui peut être encouragée par la mobilité active (marche, vélo, trottinette non électrique, roller, skateboard...). Le changement climatique est en cours et l'inertie du système climatique nous invite à être vigilants à court, moyen et long terme.



Photo 10. Nature en ville à Arles (13)

# Pour aller plus loin...

Ce cahier thématique portant sur la santé et le changement climatique est destiné aux décideurs, gestionnaires de territoires et professionnels de santé. Il constitue une première approche pour mieux appréhender les conséquences du changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Nous encourageons vivement les lecteurs, désireux d'en savoir davantage, à se rapprocher du GREC-SUD (contacts@air-climat.org) qui les orientera dans leurs recherches. Ils ont également la possibilité de s'adresser directement aux contributeurs de cette publication :

- **Aurore Aubail** (coordination générale, introduction générale, zoom 1, zoom 2, §1.3., §2.4.3.), coordinatrice, Association pour l'Innovation et la Recherche au service du climat (AIR), contact : aurore.aubail@air-climat.org

- **Hiago Pereira Barbosa** (§3.1.2.), doctorant en santé publique, université de Rennes, EHESP, Inserm, Irset - UMR\_S 1085, contact : hiago.pereirabarbosa@ehesp.fr

- **Raquel Bertoldo** (§3.2.4.), maître de conférences, laboratoire de psychologie sociale, Aix-Marseille Université, contact : raquel.bohn-bertoldo@univ-amu.fr

- **Jean-Pierre Besancenot** (introduction générale, §1.1.1., §1.1.3., §2.3.2., §3.2.3., conclusion), ex-directeur de recherche, CNRS, RNSA, contact : jeanpierre.besancenot@orange.fr

- **Eric Blin** (§2.4.1.), expert national environnement et littoral, Suez Eau France SAS, contact : eric.blin@suez.com

- **Elodie Briche** (§1.1.2., §1.1.4.), consultante et chargée de recherche, Ramboll France, contact : briche.elodie@gmail.com

- **Julie Cardi** (§3.1.5.), doctorante en urbanisme, LIEU-EA 889 et LPED UMR 151, Aix-Marseille Université, contact : julie\_cardi@hotmail.com

- **Karine Chalvet-Monfray** (§2.1.1.), professeure, VetAgro Sup Montpellier, contact : karine.chalvet-monfray@vetagro-sup.fr

- **Denis Charpin** (§2.2., §2.3.1., §2.3.3.), professeur pneumologue allergologue, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, contact : denis.charpin@appa.asso.fr

- **Suzanne de Cheveigné** (§3.2.5.), directrice de recherche émérite, Centre Norbert Elias, EHESP/CNRS/UAPV/AMU, contact : suzanne.de-cheveigne@univ-amu.fr

- **Rémy Collomp** (§2.2, §2.3.1), pharmacien gérant, Laboratoire de Soins Pharmaceutiques et de Santé Publique, CHU de Nice, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, contact : collomp.r@chu-nice.fr

- **Hélène Correa** (§1.2, §1.3), responsable Études et Climatologie, Météo-France - Direction Interrégionale Sud-Est, contact : helene.correa@meteo.fr

- **Jean-François Cosson** † (§2.1.1.), directeur de recherche, INRA

- **Thomas Curt** (§1.2), directeur de recherche, IRSTEA, contact : thomas.curt@irstea.fr

- **Fabrice Dassonville** (§1.3.2.), ingénieur du génie sanitaire, département santé environnement, Agence régionale de santé Provence-Alpes-Côte d'Azur, contact : fabrice.dassonville@ars.sante.fr

- **Clément Deloly** (§3.1.2.), ingénieur d'études Urbanisme et santé, EHESP, contact : clement.deloly@ehesp.fr

- **Charles Jeannin** (§2.1.2., §3.2.2.), entomologiste, Entente Interdépartementale de Démoustication Méditerranée, contact : cjeannin@eid-med.org

- **Marie Kobler** (§3.1.3.), architecte, chargée de projets démarche BDM, EnvirobatBDM, contact : mkobler@envirobatbdm.eu

- **Sébastien Lahaye** (§1.2), coordinateur du projet Fire In, Safe cluster, contact : [sebastien.lahaye@safecluster.com](mailto:sebastien.lahaye@safecluster.com)
- **Dominique Laplace** (§2.4.1.), directeur scientifique et innovation, Service d'Assainissement Marseille Métropole, contact : [dominique.laplace@seram-metropole.fr](mailto:dominique.laplace@seram-metropole.fr)
- **Jean-Luc Lasalle** (§1.1.3., §3.2.1.), ingénieur épidémiologiste, Santé Publique France, contact : [jean-luc.lasalle@santepubliquefrance.fr](mailto:jean-luc.lasalle@santepubliquefrance.fr)
- **Rodolphe Lemée** (§2.4.2.), directeur, Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06, CNRS, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, contact : [lemee@obs-vlfr.fr](mailto:lemee@obs-vlfr.fr)
- **Philippe Malfait** (§1.1.3., §3.2.1.), responsable de la direction des régions, Cire Provence-Alpes-Côte d'Azur, contact : [philippe.malfait@santepubliquefrance.fr](mailto:philippe.malfait@santepubliquefrance.fr)
- **Luisa Mangialajo** (§2.4.2.), maître de conférences, université Côte d'Azur, CNRS, écosystèmes côtiers marins et réponses aux stress (ECOMERS) ; Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06, CNRS, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, contact : [luisa.passeron-mangialajo@unice.fr](mailto:luisa.passeron-mangialajo@unice.fr)
- **Valérie Montes** (§3.1.4., zoom 4), maître de conférences en écologie, LPED UMR 151, Aix-Marseille Université, contact : [valerie.montes@univ-amu.fr](mailto:valerie.montes@univ-amu.fr)
- **Antoine Nicault** (§1.3., conclusion), coordinateur et animateur du GREC-SUD, contact : [antoine.nicault@grec-sud.fr](mailto:antoine.nicault@grec-sud.fr)
- **Lucie Renaudier** (coordination générale, introduction générale, zoom 1, §1.3., §3.1.3., conclusion, maquette), chargée de projet, Association pour l'Innovation et la Recherche au service du climat (AIR), contact : [lucie.renaudier@grec-sud.fr](mailto:lucie.renaudier@grec-sud.fr)
- **Philippe Rossello** (conclusion), ingénieur en analyse spatiale et prospective, GeographR, coordinateur et animateur du GREC-SUD, contact : [philippe.rossello@geographr.fr](mailto:philippe.rossello@geographr.fr)
- **Anne Roué-Le Gall** (§3.1.2.), enseignante-chercheuse, université de Rennes, EHESP, CNRS, ARENES - UMR 6051, contact : [anne.roue-legall@ehesp.fr](mailto:anne.roue-legall@ehesp.fr)
- **Olivier Roule** (§1.1.2., §1.2, §1.3), responsable Études et Climatologie, Météo-France - Direction Interrégionale Sud-Est, contact : [olivier.roule@meteo.fr](mailto:olivier.roule@meteo.fr)
- **Julien Ruffault** (§1.2), post-doctorant, RECOVER, INRA Avignon, [julien.ruffault@inra.fr](mailto:julien.ruffault@inra.fr)
- **Charlotte Sindt** (§2.3.2., §3.2.3.), directrice, Réseau National de Surveillance Aérobiologique, contact : [charlotte.sindt@rnsa.fr](mailto:charlotte.sindt@rnsa.fr)
- **Alexandra Sonntag** (zoom 3, §3.1.1, §3.1.4.), chargée d'études environnement, Agence d'Urbanisme Pays d'Aix - Du-rance, contact : [a.sonntag@aupa.fr](mailto:a.sonntag@aupa.fr)
- **Michel Thibaudon** (§2.3.2., §3.2.3.), directeur, Réseau National de Surveillance Aérobiologique, contact : [michel.thibaudon@wanadoo.fr](mailto:michel.thibaudon@wanadoo.fr)
- **Marie-Florence Thomas** (§3.1.2.), enseignante-chercheuse, université de Rennes, EHESP, Inserm, Irset - UMR\_S 1085, contact : [marie-florence.thomas@ehesp.fr](mailto:marie-florence.thomas@ehesp.fr)
- **Claudia Trigot** (§1.1.2., §1.1.4.), conseillère en énergie, ALEC Métropole Marseillaise, contact : [claudiatrigot@hotmail.fr](mailto:claudiatrigot@hotmail.fr)
- **Pierre Verger** (§1.4), directeur, Observatoire régional de la santé, UMR 257 VITROME, Aix-Marseille Université, contact : [pierre.verger@inserm.fr](mailto:pierre.verger@inserm.fr)
- **Laurence Vial** (§2.1.1.), vétérinaire, Cirad, Montpellier, contact : [laurence.vial@cirad.fr](mailto:laurence.vial@cirad.fr)

## Comment citer cette publication du GREC-SUD ?

*La santé face au changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur*, Les cahiers du GREC-SUD édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), novembre 2019, 48 pages, ISBN : 9782956006084

Pour obtenir la liste des références bibliographiques sur lesquelles s'appuie cette synthèse des connaissances, prenez contact avec le GREC-SUD : [contacts@air-climat.org](mailto:contacts@air-climat.org) ou téléchargez-les sur le site web du GREC-SUD, [www.grec-sud.fr](http://www.grec-sud.fr)



L'association pour l'innovation et la recherche au service du climat, A.I.R. Climat, entend contribuer à la prise de conscience des enjeux du changement climatique, mais aussi aider à la recherche de solutions innovantes. Il s'agit d'intégrer le plus tôt possible les dynamiques du changement climatique dans nos modes de vie et dans la façon de concevoir nos métiers et nos politiques.

---

[contacts@air-climat.org](mailto:contacts@air-climat.org) - [www.air-climat.org](http://www.air-climat.org)

ISBN 978-2-9560060-8-4



9 782956 006084