



Climat, météo et santé

“ La météo c’est ce à quoi on s’attend, le climat c’est ce que nous obtenons. ”
Robert Heinlein¹

L’analyse des déterminants de l’état de santé touche inévitablement à l’environnement dans lequel l’homme évolue. Le temps qu’il fait et, de manière plus large, le climat sous lequel nous nous trouvons – parce qu’il touche aux mécanismes régulateurs de notre organisme ou parce qu’il modifie les propriétés physiques et chimiques de l’environnement – influence notre état de santé. Si l’on considère la santé comme définie par un état de complet bien-être, physique et mental, les influences des mécanismes climatiques sur celle-ci sont très étendues. Ces préoccupations étaient déjà présentes au V^e siècle avant J-C lorsque Hippocrate écrivait : « N’ignorez pas ce qui touche à l’état du temps, car tout ce qui le concerne est étroitement lié à la médecine ». Les influences pathogènes des climats sur l’organisme sont étudiées par la climatopathologie ou encore par la biométéorologie humaine (ou bioclimatologie) qui s’intéresse plus largement aux relations existantes entre le climat et/ou la météo sur notre santé.

Les enjeux de santé publique liés aux conditions climatiques ne sont évidemment pas les mêmes en fonction de la zone climatique dans laquelle on se trouve. Ils ont pourtant en commun de dépasser le simple traitement des pathologies liées stricto sensu au climat qui est plus souvent un facteur qu’une cause de maladie. En France et dans la région Nord – Pas-de-Calais, le climat n’est pas pathogène et son impact sur la santé des populations est très faible en termes de méfaits. À contrario, les épisodes météorologiques extrêmes appelés aussi paroxysmes climatiques (vagues de chaleur ou de froid, fortes précipitations) ont des conséquences directes et indirectes sur la santé des populations. La surmortalité durant les épisodes de canicule, les épisodes d’empoisonnement au monoxyde de carbone, la propagation de la grippe, les accidents de la circulation causés par le brouillard ou encore les crises d’asthme, ont ceci de commun que les conditions météorologiques et/ou climatiques constituent un facteur plus ou moins influent voire déclencheur du problème sanitaire. Fortes de ce constat, les connaissances sont en constante évolution et nécessitent l’exploitation de bases de données complexes pour comprendre et prévenir ce qui peut l’être. Il s’agit de mettre en relation, en premier lieu, les indicateurs météorologiques d’une part et les données de morbidité/mortalité d’autre part – tel est le sujet de la biométéorologie – mais également d’intégrer d’autres facteurs explicatifs (polluants environnementaux, contexte socio-économique).

Les systèmes de veille météorologiques sont donc connaissances acquises. Le dérèglement climatique répercussions possibles sur indicateur le plus cité de

Le dérèglement climatique en marche nécessite aussi de se poser la question des répercussions possibles sur la santé.

opérationnels fonctionnant à partir d’indicateurs amenés à se développer, en parallèle avec les dans la compréhension des synergies à l’œuvre. en marche nécessite aussi de se poser la question des la santé, et ce à différentes échelles. La température, ce dérèglement, n’est toutefois pas à prendre isolément d’autres indicateurs pour saisir la portée des risques liés à la santé. De par la profonde restructuration qu’il imposera à nos sociétés humaines, le dérèglement impactera directement et indirectement la santé des hommes.

Comprendre le climat et la météo

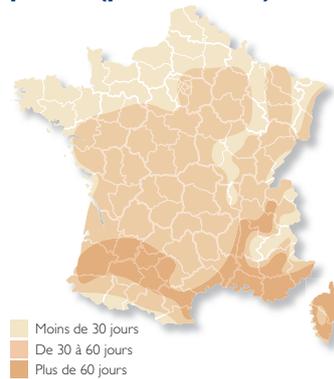
L’organisation climatique de la terre est régie par la circulation des masses d’air atmosphériques. Le climat est un système complexe en interaction avec de nombreux facteurs qui influencent sa nature, son évolution et sa répartition : oscillations de l’orbite terrestre, variations du rayonnement solaire, température des océans ou encore composition chimique de l’atmosphère. Les climats sont répartis par grandes familles et distribués de façon zonale à partir de l’analyse de données atmosphériques locales – les données météorologiques telles que les températures, l’ensoleillement,

¹ · Romancier américain 1907-1988.

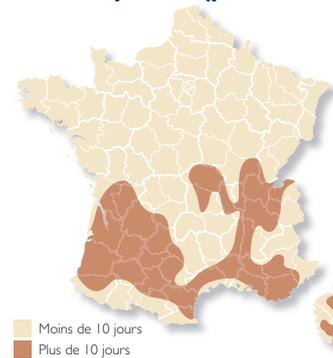
les précipitations, l'humidité ou la vitesse du vent – sur une période de trente ans. Il existe plusieurs classifications du climat en fonction de ces données, la plus utilisée étant celle de Köppen basée sur l'analyse des températures et des précipitations. Élaborée en 1920, elle reste une référence mondiale pour comprendre les grandes tendances climatiques. La région Nord – Pas-de-Calais fait partie de la zone tempérée qui se définit principalement par l'alternance d'une saison chaude et d'une saison froide.

De manière plus fine, le climat tempéré de la France se divise en plusieurs régions climatiques différentes : climat océanique, dans lequel s'inscrit le Nord – Pas-de-Calais, de plus en plus marqué vers l'ouest et qui se continentalise vers l'est, climat méditerranéen au sud, et climat montagnard dans les Alpes, les Pyrénées, le Massif Central, le Jura et les Vosges. Les cartes suivantes présentent quelques indices climatiques qui illustrent ces différences.

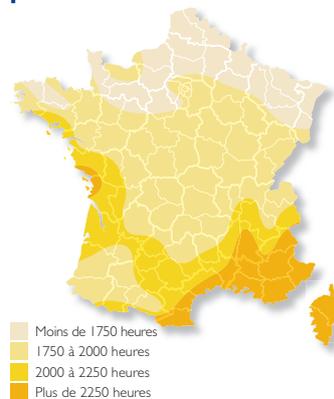
Nombre de jours de chaleur par an (plus de 25°C)



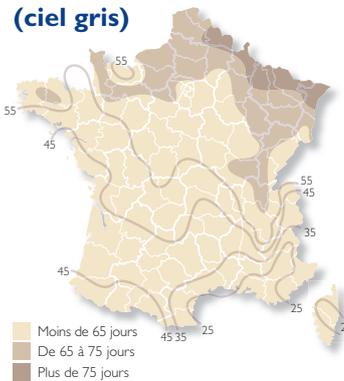
Nombre de jours de forte chaleur par an (plus de 30°C)



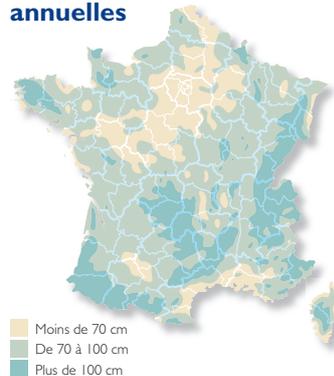
Nombre d'heures de soleil par an



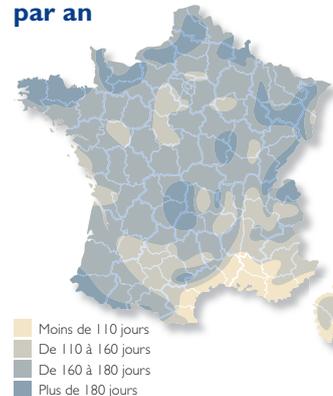
Nombre de jours par an sans ensoleillement direct (ciel gris)



Hauteur des précipitations annuelles



Nombre de jours de pluie par an

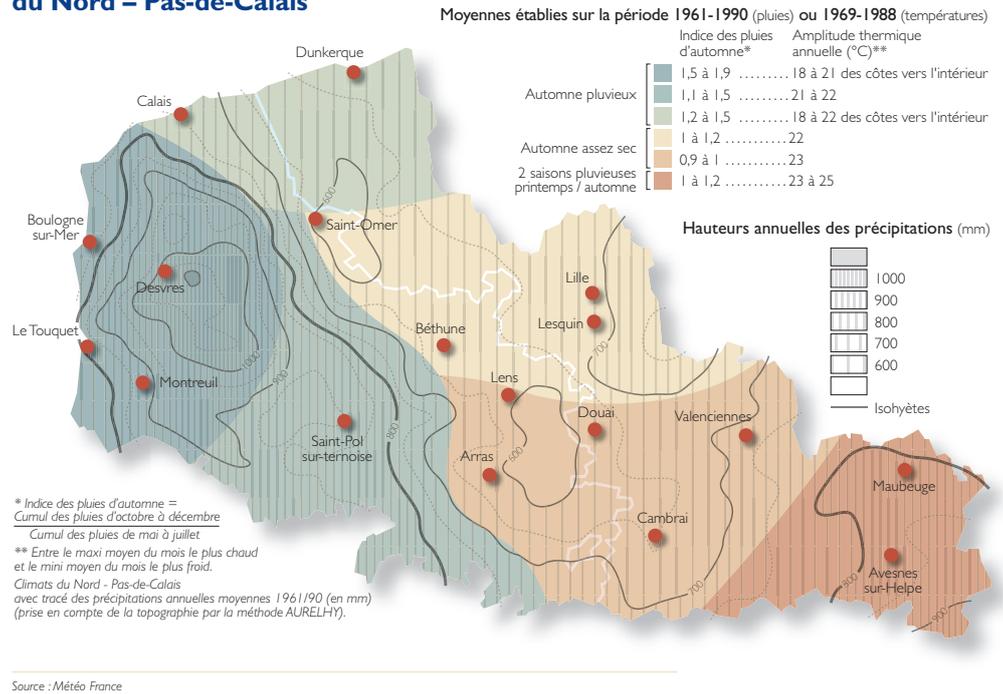


Source : Kessler J, Chambraud A. *Météo de la France, tous les climats localité par localité*. Paris : éditions J.C.Lattès, 1990 ; 391 p.
Date : période 1951-1980 pour l'ensoleillement et la chaleur, période 1959-1980 pour les précipitations.

Dans le Nord – Pas-de-Calais, des tendances plus fines sont visibles selon un gradient grossièrement ouest/est : plus de soleil et moins de jours de brouillard à l'ouest, mais des précipitations plus abondantes

notamment sur les plateaux de l'Artois. Les variations des indicateurs entre les villes de Lille et de Boulogne-sur-Mer illustrent quelques-unes de ces particularités. Les éléments de contexte local, plus difficilement disponibles, viennent compléter la façon dont le climat nous influence : le ressenti est bien évidemment différent au bord de mer plus ensoleillé et plus venteux qu'à quelques kilomètres à l'intérieur des terres ; il l'est tout autant en cas de grosse chaleur estivale selon que l'on se trouve dans un centre urbain (hors climatisation !) où les effets de la chaleur seront plus prononcés que dans un espace non urbanisé (et à l'ombre !).

Description des zones climatiques du Nord – Pas-de-Calais



Quelques repères climatiques sur quatre villes de la région

	Dunkerque	Lille	Cambrai	Boulogne-sur-Mer	Toulouse	Lyon	Montpellier
Humidité relative moyenne	82	83	83	83	78	76	71
Nombre de jours de brouillard	33,9	69,1	71,2	42,7	43,9	39,3	18,8
Nombre de jours de neige	10,9	19,2	20,4	12,6	7,5	19,6	2,5
Nombre de jours de gel	28,7	56,9	60,1	30,8	36,9	58,3	31,6
Température minimale	8,0	6,0	5,9	7,7	8,1	7,0	9,3
Température moyenne	10,5	9,9	9,8	10,2	12,9	11,4	14,2
Température maximale	13,1	13,7	13,7	12,7	17,8	15,9	19,1
Durée insolation (heures)	nc	1600,3	nc	nc	2047,3	1975,6	2686,6

Source : Météo France - Moyennes annuelles - Période de calcul de 1961 à 1990.

Si les données étudiées sont les mêmes, c'est la temporalité des mesures et l'extension spatiale des phénomènes qui distinguent la climatologie de la météorologie. Cette dernière a pour objet de prévoir la dynamique des masses d'air à partir des mêmes indicateurs mais sur un territoire et sur un laps de temps restreint (de quelques heures à une semaine). Les épisodes météorologiques extrêmes (fortes chaleurs, vagues de froid, catastrophes naturelles) qui ont des effets directs et induits sur la santé sont des paroxysmes climatiques qu'il faut détacher des tendances globales du climat. Les 32°C enregistrés à Lille en 1943 ou les 37°C atteints lors du mois de juillet 1928 n'étaient probablement pas des signes avant-coureurs du réchauffement climatique, comme les vagues de froid récentes ne sont pas significatives des tendances naturelles (hors intervention humaine) au retour à une période glaciaire. Même en période de changement climatique, il faut rappeler que la variabilité des saisons – plus chaudes ou plus froides selon les années – ne disparaîtra pas.

Actuellement, les prévisions grâce aux modèles de Météo France sont possibles à trois jours ; au-delà, ce sont les données d'un centre de recherche européen basé à Londres, qui sont exploitées. Le degré de prévisibilité varie selon les événements climatiques : les orages sont quasiment imprévisibles, sauf à quelques heures, tandis que l'installation d'une dépression anticyclonique permet de prévoir une vague de chaleur avec certitude jusqu'à trois jours, et avec une forte probabilité de trois à sept jours. Plus que le climat, ce sont les événements météo et leurs effets sur la santé qui constituent les enjeux de santé publique actuels dans le Nord – Pas-de-Calais. Le dérèglement climatique devrait confirmer cette tendance.

Plus que le climat, ce sont les événements météo et leurs effets sur la santé qui constituent des enjeux de santé publique.

Les enjeux de santé liés aux conditions climatiques actuelles dans le Nord – Pas-de-Calais

Depuis l'antiquité grecque et romaine, les effets de l'air et de l'eau sur la santé humaine sont soulignés. Aujourd'hui encore, l'existence de cures climatiques, notamment pour certaines maladies respiratoires, dirige les patients vers des zones de montagne, de bord de mer ou de campagne. L'étude des effets directs des conditions climatiques (le temps qui agit à long terme) et météorologiques (le temps qui agit à court terme) sur la santé commence avec la climatopathologie et la biométéorologie (ou bioclimatologie), disciplines qui mettent en relation les données météorologiques et sanitaires disponibles. À défaut de disposer de suffisamment de données cliniques de morbidité, ce sont souvent les données de mortalité qui servent d'indicateur sanitaire.

Contrairement aux conditions favorables infectieuses et la dengue ou la type océanique directement observe un rythme

Il existe dans les pays tempérés comme ailleurs, une corrélation entre la mortalité et la moyenne de la température extérieure.

(prédominance de la grippe en hiver, de la rougeole au printemps), il n'est pas pour autant possible d'isoler l'influence des conditions climatiques sur l'apparition et le développement de foyers épidémiques. Il existe tout de même, dans les pays tempérés comme ailleurs, une corrélation entre la mortalité (toutes causes et tous âges) et la moyenne de la température extérieure : la mortalité s'élevant à mesure qu'on s'éloigne d'une température moyenne, vers le froid ou vers le chaud. Pour la France, les chercheurs ont modélisé un intervalle de « confort thermique » situé entre 17,2 et 20,2°C pour lequel le nombre journalier de décès est le plus faible. La valeur moyenne de cet intervalle varie en fonction de la localisation géographique : autour de 25°C à Saint-Louis dans le Missouri, autour de 23°C dans le Var et autour de 17°C aux Pays-Bas. Ceci sous-entend l'existence d'un phénomène d'acclimatation de l'organisme aux caractéristiques locales. De nombreuses études ont mis en évidence que la mortalité et la morbidité en zone tempérée sont influencées par les tendances saisonnières du climat. Les vagues de chaleur en été ou de froid en hiver constituent une menace sur la santé

des personnes, de manière directe (hyper/ hypothermie, déshydratation), ou de manière détournée en agissant comme un facteur aggravant ou déclencheur de certaines pathologies (maladies vasculaires, maladies respiratoires, maladies mentales, épisodes épidémiques) voire de manière très indirecte par modification du milieu (inondations, incendies). Plus que le climat en lui-même, ce sont les paroxysmes météorologiques qui influencent le plus la santé des populations des pays tempérés de manière parfois complexe où les seuls facteurs météorologiques n'expliquent pas tout.

Des données perfectibles pour une analyse des relations entre le couple climat-météo et la santé

Ces deux types de données sont nécessaires pour mettre en évidence les relations entre les mécanismes climatiques et l'absence ou la présence de pathologie. Les données climatiques sont issues le plus souvent des réseaux météorologiques et décrivent l'état de l'atmosphère en un point donné : température, ensoleillement, précipitations, humidité ou vitesse du vent. Les spécialistes considèrent la densité du réseau des stations de mesures et leur lieu d'implantation perfectibles pour l'utilisation de ces données dans le cadre de la biométéorologie humaine. Les données sanitaires sont constituées en premier lieu des données de mortalité : date, âge, sexe, lieu et cause du décès. Les données de morbidité sont moins évidentes à obtenir et sont à chercher là où elles existent : admissions hospitalières, registres de certains médecins ou de certaines structures, enquêtes ad hoc. La nécessité pour certaines pathologies de disposer de données journalières de mortalité mais aussi de morbidité est souvent difficilement compatible avec la disponibilité de ces données.

Chaleur et santé

Dans le Nord – Pas-de-Calais comme dans le reste de la France, la chaleur est nocive lorsqu'elle s'exprime de manière intense et durable lors des épisodes de canicule. Le temps d'acclimatation est alors insuffisant et la chaleur agit comme un stress thermique mettant à mal les mécanismes thermorégulateurs de l'organisme. Ainsi, la mortalité culmine le lendemain ou le surlendemain du jour le plus chaud d'une vague de chaleur.

Ces épisodes de canicule en été ne sont pas nouveaux, en France comme dans d'autres pays tempérés. En 1881, partout en France (avec les réserves que cela comporte), les températures

maximales dépassaient les 30°C pendant toute la durée du mois de juillet. La canicule de 2003 a surpris par son intensité et par sa durée (deux semaines) mais les effets les plus conséquents sur la mortalité sont essentiellement dus au manque de répit nocturne, les températures n'ayant que faiblement baissé pendant la nuit. En effet, la température maximale seule se révèle insuffisante pour appréhender la dangerosité d'une situation météorologique sur les organismes humains : d'autres facteurs interviennent pour rendre la chaleur plus ou moins supportable comme la

Avec une estimation d'environ 70 000 décès supplémentaires en Europe occidentale et 15 000 décès supplémentaires en France, cette canicule a fortement marqué les esprits.

température minimale, l'humidité relative de l'air, la vitesse du vent. Avec une estimation d'environ 70 000 décès supplémentaires en Europe occidentale et 15 000 décès supplémentaires en France, cette canicule a fortement marqué les esprits. Le Nord – Pas-de-Calais fut relativement épargné avec des températures plus clémentes que dans la majeure partie de la France. On y observe ainsi, comme dans les autres régions de la moitié nord de la France à façade maritime, les ratios de mortalité les plus bas. Le différentiel de mortalité de Lille est estimé à 4% contre 142% pour Paris, 80% pour Lyon ou encore 25% pour Marseille.

Les personnes les plus touchées par ces épisodes de canicule sont évidemment les plus fragiles : personnes âgées, vivant seules, malades ou grabataires, à faible niveau socio-économique, à consommation excessive de médicaments, habitant des logements mal ventilés ou non climatisés. Les impacts d'une canicule sont aussi modulés par la morphologie urbaine et la conception des bâtiments qui peuvent être susceptibles, localement, d'en aggraver les effets. Les grandes agglomérations sont les plus touchées en termes d'impact sanitaire avec des températures sensiblement plus élevées que dans les périphéries (phénomène d'îlot de chaleur urbain). En se conjuguant avec une qualité de l'air plus dégradée par la pollution atmosphérique, ces températures agissent de manière plus importante qu'ailleurs sur la mortalité. Les excès de mortalité mettant en cause la canicule sont rares avant 45 ans, importants entre 45 et 74 ans et très importants à partir de 75 ans.

Les causes directement liées à des températures élevées sont consécutives au dépassement des capacités de régulation thermique du corps humain : hyperthermie, coup de chaleur, déshydratation. Ces causes de décès sont enregistrées en période de forte canicule essentiellement chez les personnes au-delà de 75 ans. Ces conditions extrêmes influencent également la mortalité pour les maladies cardiovasculaires et les maladies respiratoires et peuvent être synonymes de complication pour des pathologies existantes. Les personnes souffrant de troubles mentaux sont également fragilisées, puisque les décès de cause psychiatrique ont augmenté de 83% en France lors de la canicule de 2003. Les causes de cette « surmortalité psychiatrique » sont probablement à rechercher dans la fragilisation des processus de régulation thermique de l'organisme, favorisée par une prédisposition des malades à l'hyperthermie conjuguée à la prise d'associations médicamenteuses.

En ce qui concerne les maladies respiratoires, la relation entre le couple pollution atmosphérique-conditions climatiques est encore insuffisamment connue. Un rapport du Sénat de 2004 sur la canicule de 2003 souligne d'ailleurs l'importance de développer la recherche sur de nouveaux indicateurs liant notamment la température de l'air et la pollution et, de manière plus générale, incite à développer la pluridisciplinarité en intégrant les conséquences sanitaires des aléas climatiques.

Les indicateurs des systèmes de veille : l'exemple de la canicule

Le Système d'Alerte Canicule et Santé fait partie du Plan National Canicule élaboré suite à la canicule de 2003 et reconduit chaque année. Il est coordonné par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) qui évalue les risques sanitaires en concertation avec Météo-France qui évalue les risques météorologiques. Les indices biométéorologiques constituent le fondement du système. Ces indices ont été élaborés à partir d'une analyse sur 30 ans des données quotidiennes de mortalité et de différents indicateurs météorologiques. Des choix de seuils ont été effectués dans les plus grandes villes françaises en fonction des conditions climatiques locales et des critères de spécificité et de sensibilité.

L'alerte est donnée lorsque, dans un département, les indices biométéorologiques (moyenne glissante sur trois jours des températures) minimum et maximum dépassent les seuils établis de températures. Pour le Nord et le Pas-de-Calais, l'alerte est déclenchée lorsque les températures minimales ne descendent pas sous 18°C et que les maximales atteignent au moins 33°C sur une période d'au moins trois jours consécutifs.

Ces indices biométéorologiques sont enrichis d'autres facteurs : la qualité des prévisions météorologiques, les facteurs aggravants comme la durée et l'intensité de la vague de chaleur ou la pollution atmosphérique (ozone et particules). L'évaluation de l'impact des vagues de chaleur est rendu possible par l'analyse des données sanitaires collectées auprès de l'État Civil, des Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS), des Services d'Aide Médicale d'Urgence (SAMU) et des services d'urgence. Au total, ce sont plus de 80 partenaires sources de données qui impliquent la gestion quotidienne de plus de 450 indicateurs au premier rang desquels on retrouve les indicateurs de mortalité et de morbidité. C'est à partir de ce suivi quotidien que sont déclenchés les différents niveaux du Plan Canicule, depuis l'activation de la veille saisonnière jusqu'au niveau de mobilisation maximal en cas de situation exceptionnelle (avec impacts sanitaires importants, jamais atteint jusqu'à présent), qui nécessite la mobilisation de l'ensemble des acteurs concernés.

La mise en place de ce plan a probablement permis d'atténuer les effets de la canicule de 2006 qui a entraîné une mortalité moins importante que ne le laissaient présager les modèles.

Froid et santé

Si la corrélation entre la température et la mortalité s'exprime plus clairement avec des températures élevées, le froid n'est pas exclu puisque la mortalité augmente de façon quasi linéaire à mesure que la température diminue : le froid reste plus meurtrier que la chaleur en chiffre absolu.

le froid reste plus meurtrier que la chaleur en chiffre absolu.

La surmortalité observée lors des vagues de froid est imputable en premier lieu aux maladies vasculaires et cardiovasculaires – accidents vasculaires cérébraux, cardiopathies ischémiques – et aux maladies respiratoires. Ainsi, lors de la dernière vague de froid importante qui toucha l'hexagone en janvier 1985,

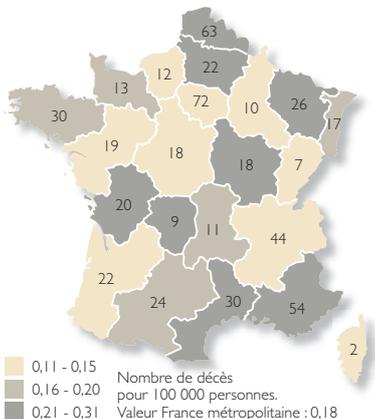
la surmortalité constatée (+13%) fut essentiellement le fait des infarctus du myocarde (+17%), des accidents vasculaires cérébraux (+54%) et des pneumonies (+218%). La complication de ces pathologies est probablement tout autant associée aux conditions climatiques extérieures qu'à l'environnement intérieur, dont les conditions de température et d'humidité sont modifiées. Les décès directement imputables à l'hypothermie et qui touchent principalement les sans-abris restent faibles (estimés à 1% dans les pays tempérés) et font l'objet d'une prévention spécifique de la part de la collectivité par la mise en œuvre du Plan Grand Froid sous la responsabilité du préfet. L'indicateur biométéorologique principal retenu pour le déclenchement de ce plan est la température ressentie (qui tient compte du vent) minimale et maximale. En fonction de cet indicateur, trois niveaux d'alerte sont retenus : le niveau 1 correspond à une température minimale et maximale ne dépassant pas 0°C, le niveau 2 correspond à une température minimale comprise entre -5°C et -10°C et une maximale qui reste négative, et le niveau 3 correspond à une température minimale sous les -10°C et une maximale qui reste négative.

Enfin, le froid influence également la prévalence de l'asthme (en relation avec la pollution atmosphérique), les troubles mentaux, le syndrome de Raynaud, certaines pathologies plus spécifiques comme la drépanocytose et certaines maladies endocriniennes. En revanche, les conditions météorologiques hivernales plutôt défavorables à la conduite automobile n'influencent guère l'augmentation des accidents de la route, qui sont moins nombreux en hiver. En effet, plus que le verglas ou le brouillard, c'est la pluie qui constitue le facteur météorologique le plus accidentogène. Quant aux fractures, leur prévalence ne semble pas augmenter particulièrement en période hivernale même si les études restent contradictoires.

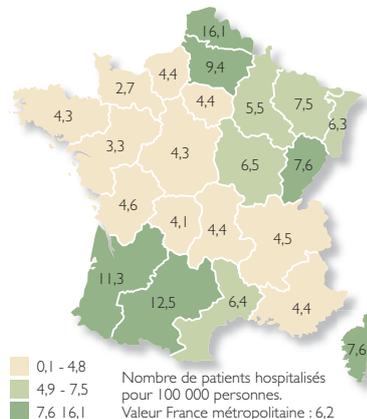
La période hivernale est également synonyme d'augmentation des épisodes d'intoxications au monoxyde de carbone qui touchent particulièrement le Nord – Pas-de-Calais.

Comme pour les problématiques de santé liées à la chaleur, les méthodes d'analyse des phénomènes de santé liés au froid et aux conditions hivernales sont perfectibles. Elles doivent permettre de comprendre le rôle joué par les facteurs météorologiques, notamment en ce qui concerne les maladies cardiovasculaires et respiratoires, et pour le choix de l'indicateur biométéorologique ad hoc.

Effectifs cumulés et taux brut moyen annuel des décès certains et possibles par intoxication au monoxyde de carbone 2000-2004



Taux de personnes hospitalisées pour intoxication au monoxyde de carbone en 2005



Le monoxyde de carbone

Les épisodes d'intoxications au monoxyde de carbone sont fortement corrélés aux températures. Ils se déroulent en parallèle avec les périodes de températures basses qui conduisent une partie de la population à utiliser des chauffages d'appoint à l'origine de ces intoxications. Ces épisodes débutent généralement dans le Nord – Pas-de-Calais et s'étendent aux autres régions à partir du mois d'octobre jusqu'au mois de mars. Si le Nord – Pas-de-Calais est la région la plus touchée par ces épisodes d'intoxications, cela n'est bien entendu pas uniquement lié au contexte climatique mais également

Source : FNORS. Santé et environnement dans les régions de France. Septembre 2008 : 98p. Disponible ici : <http://www.fnors.org/uploadedfiles/santeenvironnement.pdf>

au contexte économique et culturel (précarité sociale et financière des populations les plus touchées, utilisation du charbon pour le chauffage domestique, chauffage d'appoint). En l'absence de données épidémiologiques fiables (difficultés liées au diagnostic, biais des sources d'information), les taux de mortalité et de morbidité sont jugés comme sous-évalués par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. On sait toutefois qu'en 2005, les intoxications au monoxyde de carbone sont la cause de 63 décès et d'environ 640 hospitalisations dans le Nord – Pas-de-Calais.

En 2005, les intoxications au monoxyde de carbone sont la cause de 63 décès et d'environ 640 hospitalisations dans le Nord – Pas-de-Calais.

Le rôle particulier du couple pollution de l'air et météo sur la santé : le cas des alertes pollutions par particules en suspension.

Les maladies respiratoires sont bien évidemment influencées par les propriétés de l'air respiré. Une étude datée de 2007² sur la relation entre météo / pollution atmosphérique / mortalité dans les Flandres Belges (aux caractéristiques urbaines proches du Nord – Pas-de-Calais) met en évidence que les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité dépendent fortement des températures extérieures, même dans le climat tempéré qui caractérise la région. Par beau temps, avec peu d'humidité et peu de vent, hiver comme été, la dispersion des micropoussières suspendues dans l'air³ n'est pas favorisée. Le seuil d'alerte est fixé à 80 microgrammes par mètre cube d'air. Les populations les plus fragilisées sont les jeunes enfants, les personnes âgées, asthmatiques ou allergiques, insuffisants cardiaques ou respiratoires.

Grippe, rhumes, rhumatismes : quelle est l'influence du temps qu'il fait ?

La grippe comme certaines autres maladies présente une saisonnalité marquée de sa propagation. Pourtant, et parce que de nombreux facteurs jouent dans l'évolution des épidémies (à commencer par la souche virale), le rôle des variables climatiques reste difficile à identifier et les schémas de propagation dans le temps et dans l'espace restent encore à explorer.

Contrairement à certaines idées reçues, les rhinites ne sont pas favorisées, ni dans leur survenue ni dans leur gravité, par la baisse des températures extérieures. La majorité des rhumes se déclare d'ailleurs au printemps ou en automne. Si les douleurs causées par le rhumatisme sont liées dans les croyances communes au mauvais temps (froid, venteux, humide), les conditions climatiques favorisant la douleur maximale sont en réalité variables en fonction des maladies rhumatismales et des individus. Les rythmes saisonniers associés à la douleur sont toutefois bien marqués pour les arthroses (en hiver) et les périarthrites (fin de l'été, début de l'automne)⁴.

2 - Nawrot TS, Torfs R, Fierens F et al. Stronger associations between daily mortality and fine particulate air pollution in summer than in winter: evidence from a heavily polluted region in Western Europe. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2007; 61: 146-149.

3 - Proviennent de la combustion industrielle, des moteurs automobiles, de l'activité agricole et du chauffage urbain.

4 - Besancenot J-P. Climat et santé. Paris : PUF, 2001 ; 128 p.

Le changement climatique et ses conséquences potentielles sur la santé des populations : quelle évolution pour le Nord – Pas-de-Calais ?

Quelle est la réalité du dérèglement climatique ?

La réalité du dérèglement climatique débute avec le réchauffement de la température moyenne de la planète associé à la montée du niveau des océans, la fonte des glaces ou l'augmentation des événements climatiques et météorologiques extrêmes.

Le dérèglement climatique aura comme conséquences premières le réchauffement de la température moyenne de la planète associé à la montée du niveau des océans, la fonte des glaces et l'augmentation des événements climatiques et météorologiques extrêmes (vagues de chaleur, fortes précipitations, vents violents). La question du réchauffement climatique à l'échelle mondiale n'a fait consensus que très récemment tant dans sa réalité que dans ses déterminants. Jusqu'à la fin des années 90, les indicateurs climatiques enregistrés au cours du XX^e siècle laissaient même présager un refroidissement de 1,2°C ; il s'agissait alors d'une mauvaise interprétation des données qui, après homogénéisation par les spécialistes, faisaient apparaître non pas un refroidissement mais un réchauffement. On estime ainsi l'augmentation de la température moyenne dans la région Nord – Pas-de-Calais entre

1,3 et 1,5°C au cours du XX^e siècle. Onze des douze dernières années (1995-2006) figurent notamment parmi les plus chaudes depuis 1850 et le début des mesures.

Changements passés, changements actuels

La planète Terre a gardé les traces de ses climats passés dans les sédiments marins ou lacustres, les calottes glaciaires ou les paléosols. Notre ère géologique (ère quaternaire qui a débuté voici 1,87 millions d'années) est marquée par une succession de périodes glaciaires (environ 100 000 ans) et interglaciaires (environ 10 000 ans). L'écart de la température moyenne de la planète n'a jamais dépassé 4 à 5°C. Ces oscillations sont associées à une variation du volume des glaces polaires et donc du niveau de la mer. Lors du dernier maximum glaciaire (il y a environ 20 000 ans), 30 % de la surface de la Terre était ainsi recouverte de glace et le niveau de la mer se situait à environ 120 mètres sous le niveau actuel. Nous sommes actuellement dans une période interglaciaire : l'Holocène, qui a débuté voici environ 11 500 ans, et le niveau actuel de la mer fut atteint il y a environ 6 000 ans. La tendance naturelle du retour à «l'âge de glace» semble pourtant fortement contrariée par les changements actuels.

Ces changements sont fortement corrélés à l'activité humaine et à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre qui, en se concentrant dans l'atmosphère, piègent la chaleur dans ses basses couches. Ces émissions ont augmenté de 70% rien qu'entre 1970 et 2004, parallèlement à la croissance mondiale. La concentration actuelle du dioxyde d'azote (CO₂) dans l'atmosphère est ainsi plus élevée qu'au cours des 650 000 dernières années. Elle s'est en outre plus vite accrue au cours de ces dix dernières années qu'elle ne l'a fait depuis 1960 (début des mesures des émissions). Même si l'importance du rôle de l'activité humaine est encore parfois débattue, les connaissances s'affinent : le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) estimait dans son rapport de 2001 le caractère anthropique du réchauffement comme probable (entre 66 et 90% de chance) alors que le rapport de 2007 le redéfinit comme sans équivoque (à plus de 90% de chance).

Changements à venir

Prévoir avec certitude les changements climatiques à venir est impossible tant la modélisation est complexe. Les modèles prospectifs doivent intégrer les nombreux facteurs qui influencent le climat : activité économique (qui conditionne les émissions de gaz à effet de serre), développement démographique, avancée du développement de nouvelles formes d'énergie, modes de consommation... Parce que les choix individuels et les choix de société sont difficiles à prévoir, tout autant que certains paramètres climatiques qui sont difficilement pris en compte par les modèles (effets d'emballements dus à l'instabilité des glaces polaires ou dégel du permafrost notamment), ces scénarios sont toujours à ré-envisager en fonction de l'évolution des connaissances et des observations. Ces résultats prospectifs sont donc toujours à considérer avec prudence en raison du degré d'incertitude qui pèse sur les simulations, d'autant plus lorsque l'on raisonne à une échelle fine ou que l'échéance est éloignée. Les tableaux suivants présentent les principaux indicateurs climatiques élaborés pour la Région à partir de deux types de scénarios proposés par le GIEC.

Évolution des principaux indicateurs climatiques à l'horizon 2050 et 2100 en fonction de deux scénarios du GIEC pour trois régions françaises

Scénario modéré - 2050 (augmentation moins rapide qu'aujourd'hui des émissions de gaz à effet de serre)

		Températures maximales		Températures minimales		Précipitations journalières (mm)		Rayonnement solaire (W/m ²)		Réserves en eau du sol (kg/m ³)	
		Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Nord - Pas-de-Calais	Données brutes	23,4	7,0	13,4	3,2	2,2	3,4	189,5	39,6	459,2	557,4
	Évolution	+0,4	+1,5	+1,2	+1,2	+0,3	-0,1	-2,6	+10,2	-12,5	-1,6
Pays de la Loire	Données brutes	23,6	7,0	15,6	3,8	1,2	3,8	212,0	45,6	361,3	500,6
	Évolution	+1,7	+1,3	+1,8	+0,9	-0,3	+0,6	-0,6	+6,0	-44,9	+2,3
Languedoc - Roussillon	Données brutes	28,3	9,1	17,0	2,9	1,6	2,6	254,9	61,3	204,6	285,7
	Évolution	+2,3	+2,0	+2,3	+2,1	-0,1	+1,1	+7,6	+1,1	-9,1	+22,4

Scénario modéré - 2100

Nord - Pas-de-Calais	Données brutes	28,4	7,7	15,8	4,3	1,2	2,7	224,3	33,1	379,2	551,7
	Évolution	+5,4	+2,2	+3,6	+2,3	-0,7	-0,8	+32,2	+3,7	-92,5	-7,3
Pays de la Loire	Données brutes	27,9	8,1	18,2	4,8	0,6	2,7	236,3	44,9	335,0	507,2
	Évolution	+6,0	+2,4	+4,5	+1,9	-0,9	-0,5	+23,7	+5,3	-71,1	+8,9
Languedoc - Roussillon	Données brutes	30,4	9,7	18,5	2,1	1,4	1,2	235,5	70,6	192,1	239,4
	Évolution	+4,4	+2,6	+3,8	+1,3	-0,3	-0,3	+6,2	+10,4	-21,6	-23,9

Scénario intensif - 2050 (augmentation proche de celle d'aujourd'hui des émissions de gaz à effet de serre)

		Températures maximales		Températures minimales		Précipitations journalières (mm)		Rayonnement solaire (W/m ²)		Réserves en eau du sol (kg/m ³)	
		Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Nord - Pas-de-Calais	Données brutes	26,2	7,6	14,0	4,2	0,8	4,9	221,7	30,3	404,1	572,5
	Évolution	+3,2	+2,1	+1,8	+2,2	-1,1	+1,4	+29,6	+0,9	-67,6	+13,5
Pays de la Loire	Données brutes	26,1	7,7	16,4	5,6	0,6	5,2	240,1	33,3	352,7	524,2
	Évolution	+4,2	+2,0	+2,7	+2,7	-0,9	+2,0	+27,5	-6,3	-53,5	+25,9
Languedoc - Roussillon	Données brutes	30,6	10,2	18,1	2,9	0,9	1,2	263,5	61,3	175,5	228,5
	Évolution	+4,6	+3,1	+3,4	+2,1	-0,8	-0,3	+16,2	+1,1	-38,2	-34,8

Scénario intensif - 2100

Nord - Pas-de-Calais	Données brutes	29,4	9,6	17,1	6,1	0,8	4,5	207,1	31,5	374,6	574,5
	Évolution	+6,4	+4,1	+4,9	+4,1	-1,1	+1,0	+15,0	+2,1	-97,1	+15,5
Pays de la Loire	Données brutes	30,9	9,4	20,8	6,6	0,5	3,6	239,5	44,2	325,5	516,9
	Évolution	+9,0	+3,7	+7,1	+3,7	-1,0	+0,4	+26,9	+4,6	-80,6	+18,6
Languedoc - Roussillon	Données brutes	36,1	11,4	22,9	3,6	0,6	0,6	286,2	69,5	165,0	228,6
	Évolution	+10,1	+4,3	+8,2	+2,8	-1,1	-0,9	+20,9	+9,3	-48,7	-34,7

Source : simulateur climatique de Météo France élaboré à partir du scénario B2 (modéré) et A2 (intensif) du GIEC.

La température est bien entendu l'indicateur premier du dérèglement climatique car il est directement déterminé par le niveau des émissions de GES. Alors que, rappelons-le, l'écart entre une période glaciaire et une période interglaciaire n'a jamais dépassé 3 à 4°C, les scénarios les plus intensifs du changement climatique envisagent désormais comme possible le dépassement de ce cap. Les dernières observations sur les rejets de GES indiquent que les niveaux correspondent aux fourchettes hautes envisagées par les experts du GIEC et que les efforts de réduction des émissions restent à fournir. La réponse du climat pourrait donc également se situer dans la fourchette haute des prévisions. Rappelons que la limite reconnue de l'emballement, au-delà de laquelle toute prospective semble aléatoire, est communément fixée par la communauté scientifique à une augmentation maximale de 2°C de la température moyenne annuelle.

Associés à la température, les autres indicateurs du dérèglement sont l'élévation du niveau de la mer et une probable montée en fréquence et en intensité des épisodes météorologiques extrêmes.

Augmentation de la température moyenne

Selon les scénarios, la température moyenne annuelle du globe pourrait augmenter au cours de ce siècle de 1,8 à 6,4°C – avec de forts contrastes locaux – contre 0,75°C d'augmentation pour le siècle précédent. Pour le Nord – Pas-de-Calais, Météo France prévoit une augmentation de la température de 1,5 à plus de 3°C pour le siècle en cours contre 1,3 à 1,5°C pour le siècle précédent.

Selon les scénarios, la température moyenne annuelle du globe pourrait augmenter au cours de ce siècle de 1,8 à 6,4°C

La température de la mer est également en augmentation. On estime que les mers d'Europe se sont réchauffées trois à six fois plus rapidement que la moyenne mondiale entre 1986 et 2006.

Augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs (plus de 30°C) et des canicules

Alors que «traditionnellement» la Région ne subit pas plus de 5 jours de fortes chaleurs par an⁵, ce nombre est appelé à augmenter au cours du temps. En fonction des scénarios retenus, le nombre de jours de fortes chaleurs est compris entre 0 et 10 jours à l'horizon 2050, tandis qu'il serait compris entre 5 et 20 jours d'ici la fin du siècle.

Élévation du niveau marin

En 2007, alors que le GIEC prévoyait une élévation du niveau des océans de 59 cm à 1,2 m à l'horizon 2100, certains modèles informatiques récents annoncent une élévation comprise dans un intervalle de 80 cm à 1,5 m. En Europe, ces prévisions sont comprises entre 60 cm jusque 1,9 m pour certaines côtes britanniques. Dans le cadre d'une planification à long terme, les Pays-Bas, proches voisins historiquement liés aux invasions marines, ont retenu une élévation comprise entre 65 cm et 1,3 m.

Alors que le siècle précédent a enregistré une hausse moyenne de 1,38 mm/an, celle-ci pourrait donc être comprise pour le siècle en cours entre 6,6 et plus de 21 mm/an localement. Entre 1940 et 2000, cette élévation a été de l'ordre de 1,7 mm/an à Dunkerque et de 3,9 mm/an à Boulogne-sur-Mer soulignant des singularités locales.

Estimation de l'augmentation du niveau moyen de la mer en fonction de l'année pour le Nord – Pas-de-Calais

Hypothèse	2030	2050	2100
Optimiste	10 cm	17 cm	40 cm
Pessimiste	14 cm	25 cm	60 cm
Extrême	22 cm	41 cm	1 m

D'après DGEC du MEDDTL, février 2010. In SRCAE Nord – Pas-de-Calais⁶.

Pour la Région, et toujours en fonction des scénarios, les hypothèses qui semblent privilégiées prévoient une augmentation comprise entre 40 cm et 1 m à l'horizon 2100, soit une augmentation annuelle comprise entre 4,4 et 11,1 mm par an. À l'élévation du niveau marin s'ajoute également une élévation des surcotes météorologiques (augmentations ponctuelles du niveau des marées) de 3 mm par an, soit quasiment au même rythme que celui-ci, ce qui renforce les risques de submersion sur le littoral.

Augmentation en fréquence et en intensité des épisodes climatiques/météorologiques extrêmes

Les canicules devraient augmenter en fréquence et en intensité. Cela semble vrai également pour les épisodes de tempêtes et de fortes pluies même si ces paramètres climatiques sont plus aléatoires à prévoir et que les données scientifiques sur le sujet sont encore indisponibles.

Modification du régime des pluies

Le volume annuel des précipitations est un indicateur du changement climatique moins robuste et plus difficile à prévoir que la température. Les projections pour le Nord – Pas-de-Calais sont identiques en fonction des scénarios (modéré ou intensif) avec une baisse moyenne comprise entre 50 à 100 mm par an et des disparités saisonnières qui peuvent être importantes.

Les aléas engendrés par l'évolution des principaux indicateurs climatiques forment un ensemble de risques qui pèsent sur les systèmes naturels, les activités économiques et sur les populations. Ces risques ont été identifiés au niveau mondial : acidification des océans et montée des eaux, érosion des côtes, exode de population, développement de l'aire d'extension des maladies infectieuses et parasitaires, intensification des phénomènes météorologiques extrêmes et des catastrophes naturelles, pression sur l'eau potable, baisse des récoltes alimentaires au-dessus de 3°C d'augmentation de la température moyenne du globe, augmentation de la malnutrition, augmentation des problèmes liés à l'ozone et à la pollution atmosphérique, etc. Du point de vue purement économique, l'inaction devant le changement climatique pourrait entraîner une récession de l'ordre de 20% du PIB mondial⁷. L'OMS estime que le changement climatique à l'échelle de la planète serait déjà la cause d'environ 150 000 décès supplémentaires par an, essentiellement dans les pays pauvres, en raison des dégâts que subissent les cultures, de la malnutrition, des inondations, des maladies diarrhéiques et du paludisme.

Les pays les plus pauvres sont les plus frappés par les phénomènes climatiques extrêmes et leur capacité de préparation et d'adaptation est moins importante que dans les pays développés. Ceci devrait creuser encore les inégalités, notamment en matière de santé. Sur l'Europe de l'ouest et sur la région Nord, les conséquences seront réelles sans que l'on puisse encore réellement en saisir la portée. Ce sont les régions de montagnes, les zones côtières, les zones humides et la région méditerranéenne qui sont particulièrement vulnérables. Dans le Nord – Pas-de-Calais, les risques sont plus marqués sur le littoral qui risque d'être affecté plus durement qu'auparavant par

5 - Sur la période climatique 1971/2000.

6 - Conseil Régional Nord – Pas-de-Calais, Préfecture du Nord – Pas-de-Calais, DREAL, ADEME. Projet SRCAE (Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie) Nord – Pas-de-Calais arrêté le 25/08/2011. <http://www.srcae-5962.fr/>.

7 - Stern N. The Economics of Climate Change. Cambridge University Press, 2006. L'auteur du rapport a déclaré en 2008, au regard des nouvelles avancées scientifiques, «avoir gravement sous-estimé l'ampleur des dommages et des risques liés au changement climatique».

la montée des eaux (érosion des falaises, submersions du littoral dunaire⁸) et dans le territoire des Wateringues (cf. encadré, fiche risque, fiche littoral). Les écosystèmes seront bouleversés : remontée des espèces vers le nord, saisons de cultures plus longues, difficultés des espèces animales et végétales locales de la Mer du Nord ou de la Mer Baltique à s'adapter à l'augmentation rapide de la température des eaux. Les terrils et les collines de la Thiérache ne présentant pas les conditions favorables à l'extension de glaciers, le Nord – Pas-de-Calais n'aura pas à souffrir directement des conséquences de leur fonte progressive contrairement, par exemple aux régions alpines. Le régime de pluie pourrait également être modifié avec une augmentation du niveau annuel maximal et de la fréquence des phénomènes extrêmes favorables aux inondations, dont on connaît les dommages économiques. La fréquence et l'intensité des cyclones en Mer du Nord et au large des îles britanniques pourraient également s'intensifier, avec comme conséquences tempêtes et vents violents. Enfin, la population, dont une part grandissante sera vulnérable en raison du phénomène de vieillissement, sera plus exposée aux vagues de chaleur.

L'ONERC⁹ a cartographié en 2005 l'exposition de la population française à l'ensemble des risques naturels susceptibles d'être influencés par le changement climatique.

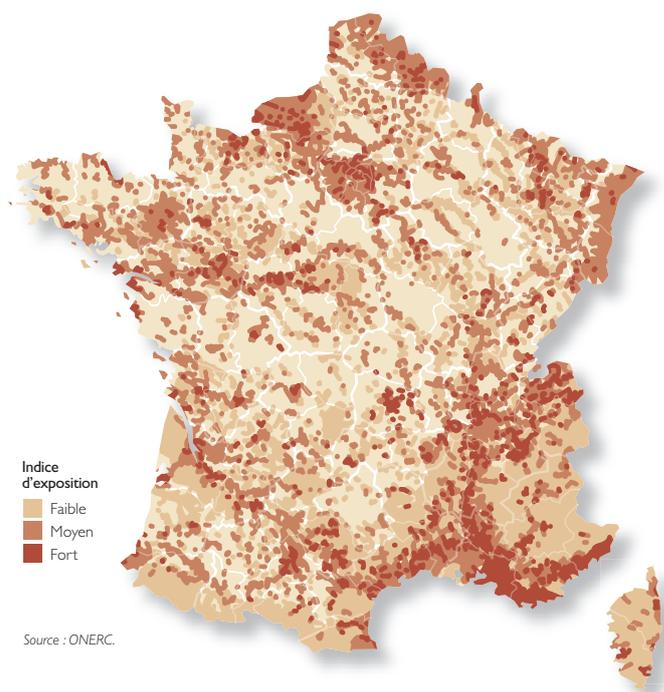
Dans le cadre du SRCAE Nord – Pas-de-Calais¹⁰, les groupes de travail ont identifié les principales vulnérabilités potentielles liées au changement climatique pour la Région :

- Vulnérabilité du littoral au risque de submersion marine ;
- Vulnérabilité du territoire des Wateringues aux inondations continentales ;
- Vulnérabilité des populations aux canicules en milieu urbain ;
- Vulnérabilité économique et sanitaire des populations et des territoires à la diminution/dégradation de la ressource en eau ;
- Vulnérabilité des forêts à l'évolution des températures et des conditions hydriques ;
- Vulnérabilité des zones humides à l'évolution des températures et des conditions hydriques ;
- Vulnérabilité des constructions (logements et infrastructures) au phénomène de retrait/gonflement des argiles déjà particulièrement important dans la Région.

Enfin, le changement climatique peut être abordé plus prosaïquement sous l'angle des opportunités : nouvelles terres cultivables, ouverture de nouvelles routes maritimes ou encore possibilités d'exploitation de nouveaux champs pétrolifères sont des exemples d'opportunités qui se présentent au niveau mondial. Encore faut-il prendre garde aux effets pervers qu'elles contiennent et évaluer ces opportunités hors du cadre d'une organisation obsolète qui participe du changement climatique.

En termes d'opportunités, le Nord – Pas-de-Calais pourrait bénéficier d'un « indice climatique de tourisme » plus attirant (ensoleillement et températures en augmentation mais une fraîcheur relative par rapport au contexte de réchauffement global), des conditions qui peuvent également influencer de façon positive sur le bien-être relatif de la population de la Région. Mais le tourisme représente également un facteur de pression supplémentaire sur la demande en eau potable dont les réserves sont appelées à diminuer. La somme des opportunités particulières et locales ne compensera pas l'augmentation de la vulnérabilité de nos systèmes aux risques liés au changement climatique et des menaces qui pèsent *in fine* sur la santé.

Exposition des populations aux risques climatiques en France métropolitaine en 2005



8 - Un tiers des ouvrages de protection (dunes, ouvrages artificiels) du littoral de la Région est considéré en mauvais état. Un programme est engagé pour connaître les zones littorales susceptibles d'être inondées à plusieurs échéances (immédiate, 2050, 2100) et les effets et spécificités locales du changement climatique.

9 - Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique.

10 - Schéma Régional Climat Air Energie.

Le territoire des Wateringues : une spécificité nationale à risques

Le territoire des Wateringues est unique en France. C'est une zone de polder de 900 km² à cheval sur les départements du Nord et du Pas-de-Calais formant un triangle entre Saint-Omer, Calais et Dunkerque. Cette étendue artificielle de terre existe par drainage provoquant l'assèchement des marais préexistants. La côte des Wateringues est voisine du niveau moyen de la mer, parfois en dessous et toujours située sous le niveau des plus hautes eaux. C'est ce que l'on connaît, ailleurs et à une toute autre échelle dans le nord des Pays-Bas. Cette étendue est protégée de la submersion par des alignements de dunes, des cordons dunaires, fortement érodés par endroits. Le territoire est maintenu hors d'eau artificiellement depuis le X^e siècle grâce à divers aménagements : fossés, canaux ou watergangs, écluses, stations de pompes (des moulins autrefois) et par un système gravitaire et de pompes (relevage d'eaux).

Les Wateringues reçoivent des apports d'eau de la mer et des eaux continentales, en provenance du bassin de l'Aa, du ruissellement des versants, de la pluviométrie, ainsi que de remontées de la nappe phréatique. Cette eau est évacuée 2 fois par jour à marée basse et est retenue par des vannes et écluses lors de l'inversion de marée.

85 à 98 communes sont implantées sur ce territoire où vivent plus de 400 000 habitants, dont 100 000 potentiellement exposés au risque d'inondations.

Un système hydraulique unique en France, voisin de ceux des pays de la Mer du Nord

Dans cette petite région économique, à forte densité, les activités et la résidence dépendent totalement d'un système hydraulique complexe. La problématique des Wateringues diffère en effet de celle des Pays du Nord – la Belgique, les Pays-Bas, l'Allemagne – où les polders sont majoritairement concernés par les risques accrus de submersion marine par rupture d'ouvrages ou du cordon littoral lors de plus hautes eaux.

Il ne s'agit pas là, comme dans le Nord – Pas-de-Calais de gérer l'évacuation régulière des eaux continentales, dont l'écoulement est de plus en plus affecté par les évolutions récentes de l'usage du sol : l'urbanisation et l'artificialisation contribuent à augmenter les risques d'inondation.

Or les zones urbanisées les plus récentes ne sont pas relevées comme peuvent l'être les plus anciennes, rehaussées de 50 cm.

L'impact du changement climatique laisse en effet envisager une augmentation des événements hydrométéorologiques extrêmes et exceptionnels. Les prévisions et scénarii existants n'aboutissent qu'à des données actuellement insuffisantes pour évaluer quantitativement les conséquences sur les régimes de débits de crue et sur les phénomènes aggravants des niveaux marins. La valeur médiane de remontée de la mer à l'horizon 2050 est évaluée à +30 cm, ce qui correspond à une remontée de 5 cm des plus hautes eaux.

À ceci s'ajoutent des interrogations et des inconnus sur l'évolution du couvert végétal et sur son influence sur l'écoulement des eaux continentales. On peut donc s'attendre à ce que les évolutions engagées – nature du sol, changement climatique, modifications des pratiques agricoles – soumettent le système des Wateringues à une utilisation plus intensive (augmentation des durées de pompage) pour éviter la saturation des capacités de compensation des crues. L'augmentation prévue des pompes accroît d'autant les risques de pannes inhérents à une utilisation intensive du système hydraulique des Wateringues.

Le classement en zone inondable jugé nécessaire

Le territoire a déjà connu des inondations : des crues historiques et tempêtes aux XII^e et XV^e siècles ; des inondations stratégiques par les troupes allemandes en 1944 ; la rupture d'une digue à Dunkerque pendant une tempête en 1953 ; des grandes marées et tempêtes de 1973 et 1976 qui ont inondé plusieurs centaines d'hectares de terre mais aussi plusieurs quartiers urbains.

Depuis trente ans pourtant, le territoire semble avoir été épargné, même si les données sur les surfaces inondées et sur la durée de l'inondation manquent. Il semble que ces dernières décennies sans incident aient estompées la culture du risque qui était celle des hommes et des femmes des Wateringues ce qui a conduit à une perte de conscience progressive du risque inondation.

Ce risque est pourtant réel. De plus il est double. Il existe un risque naturel, du fait des aléas hydrométéorologiques favorisés par le changement climatique. Mais il y a aussi des risques technologiques, en cas de défaillance du système de mise hors d'eau. Les répercussions pourraient être considérables, du fait des évolutions contemporaines du territoire : l'augmentation de la population et de l'urbanisation dans les zones basses, la baisse de la surface des terres agricoles au profit d'espaces artificialisés qui induit un ruissellement plus important en quantité et en vitesse et donc un fonctionnement de pompes déjà plus régulier qu'auparavant (de 400 à 500 h/an).

Nombreuses sont les personnes qui estiment aujourd'hui que tout le secteur des Wateringues doit être classé en zone inondable.

Les conséquences des inondations attendues sur la santé des populations sont nombreuses. Elles sont à la fois directes – noyades, blessures, accidents de la route – mais aussi indirectes. Les personnes sinistrées sont en effet plus affectées au point de vue de leur état de santé psychologique et physique que les non-sinistrées. On observe couramment dans ces populations des manifestations de stress post-traumatique, des plaintes somatiques, des insomnies, des niveaux plus élevés de dépression, d'anxiété et de dysfonctionnement social. Le risque sanitaire repose aussi sur le dysfonctionnement en cas d'inondation du système d'assainissement des eaux et des pollutions organiques et diverses qui en découlent. Par ailleurs, les eaux d'inondations en pays tropicaux fournissent un terrain idéal pour la reproduction des moustiques avec un risque accru de maladies parasitaires : le changement climatique pose donc une interrogation de ce risque pour la population de la zone des Wateringues. L'un des derniers cas de décès par paludisme endémique en France, n'a-t-il pas eu lieu près de Saint-Omer, dans le courant des années 1950 ?

L'émergence de nouvelles questions sanitaires ?

Un renforcement des préoccupations existantes

Dans le Nord – Pas-de-Calais, les effets sanitaires du changement climatique ne devraient pas se transformer en profondeur mais plutôt s'accroître, notamment par l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes. Les effets sanitaires de la montée des températures devraient essentiellement être dus au stress thermique et toucher les populations les plus vulnérables. La charge de morbidité et la surmortalité lors des épisodes de forte chaleur devraient croître, impactant essentiellement les maladies respiratoires et cardiovasculaires et les maladies mentales également influencées par ces conditions. *A contrario*, les épisodes de grand froid devraient se raréfier, même s'il reste difficile de quantifier les secousses du climat ; cela ne devrait pourtant pas provoquer directement une baisse des intoxications au monoxyde de carbone, largement dépendantes d'autres éléments de contexte. L'augmentation de la durée de la saison des pollens devrait favoriser les allergies. La qualité de l'air, déjà fortement dégradée dans la Région, pourrait être affectée de manière plus importante notamment par la pollution à l'ozone sensible aux fortes chaleurs. La vigilance sur les polluants environnementaux devra être importante puisque la modification de conditions physico-chimiques nécessaires à leur formation d'une part et celle des principaux paramètres climatiques qui influencent leur dispersion d'autre part vont changer. Enfin, les événements climatiques extrêmes, s'ils touchent davantage les pays en développement (98% de la population touchée) pourraient s'intensifier, notamment les tempêtes et les inondations. Les derniers travaux sur le sujet concernant la France métropolitaine ne signalent pour autant pas d'augmentation franche.

Synthèse des effets potentiels de la variabilité et du dérèglement climatique sur la santé

Questions de santé	Exemples de problèmes sanitaires
Morbidité et mortalité relatives à la température	Affections causées par le froid ou la chaleur Affections respiratoires et cardiovasculaires Augmentation des risques pour la santé au travail Épisodes d'intoxication au monoxyde de carbone
Effets des phénomènes météorologiques extrêmes sur la santé	Détérioration du réseau de santé publique Blessures et maladies Stress social et mental causé par les catastrophes Risques pour la santé au travail Déplacement des populations
Effets sur la santé relatifs à la pollution de l'air	Modification de l'exposition aux polluants et aux allergènes présents dans l'air intérieur et extérieur Asthme et autres infections respiratoires Crises cardiaques, accidents vasculaires cérébraux et autres troubles cardiovasculaires Cancers
Effets sur la santé de l'exposition aux ultraviolets	Lésions et cancers de la peau Cataractes Troubles immunitaires
Effets sur la santé de l'exposition aux pollens	Allergies
Effets de la contamination de l'eau et des aliments sur la santé	Maladies entériques et intoxications provoqués par la présence de contaminants chimiques et biologiques
Populations vulnérables	Personnes âgées Enfants Personnes souffrant de maladies chroniques Personnes handicapées Personnes à faible revenus Personnes sans-abris
Répercussions socio-économiques sur la santé et sur le bien-être des collectivités du dérèglement climatique	Perte de revenu et de productivité Diminution de la qualité de vie Augmentation des inégalités de santé Fragilisation des capacités institutionnelles Effets sur la santé des techniques visant à l'atténuation Perturbation de l'ordre social

D'après le rapport du gouvernement canadien : Impacts et adaptation liés aux changements climatiques¹¹.

Les hypothèses de préoccupations à venir

Les rayonnements UV : La couche d'ozone stratosphérique qui filtre les UV s'est affaiblie sous l'impact des CFC (ChloroFluoroCarbones), interdits de production par des traités internationaux depuis 1995. De 1980 à 1995, les données européennes montrent ainsi une diminution annuelle de la concentration d'ozone de 5,4%. Depuis 2000, on observe des variations marquées,

11 - Warren FJ, Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne. Canada : Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, 2004 ; 215 p.

probablement dues aux variations interannuelles des conditions météorologiques régnant dans la stratosphère et non à la quantité totale de substances destructrices d'ozone dans cette couche de l'atmosphère. Ce qui conduit à rester vigilant. Car plus cette couche diminue, plus l'exposition au rayonnement solaire devient nocive, favorisant les problèmes de cataracte et de cancers cutanés. Même si les habitants du Nord – Pas-de-Calais ne se plaindront pas d'un taux d'ensoleillement qui devrait augmenter, la prévention et l'information sur les risques liés au soleil restent nécessaires.

Les déplacements : la réduction des transports est probable si la société opte pour des changements de « modes » de transports ou de sources d'énergie lente. Il est probable que d'importants changements touchent les déplacements, donc les aires desservies par les pôles d'offre en santé : les établissements hospitaliers, les autres offres de soin relevant plus ou moins de la proximité (consultations spécialisées, structures de prévention, etc.). La proximité d'aujourd'hui risque de ne plus être celle de demain.

Parallèlement pourtant, l'offre de santé à la population se concentre, et pas seulement parce que ses professionnels deviendront plus rares dans les 20 ans à venir. C'est une tendance marquée. Dans une région où les distances d'accès n'ont jamais été de grands obstacles, qu'en sera-t-il demain ?

Y aura-t-il des zones très éloignées avec des populations n'ayant plus les mêmes possibilités de déplacement ? Pour les urgences, prises en charge par le Service Mobile d'Urgence et de Réanimation (SMUR), il n'y a sans doute pas d'inquiétude à nourrir, mais pour le reste ? De nouveaux besoins de « mobilité de santé » vont-ils de ce fait émerger ?

Le cas des maladies infectieuses et parasitaires : Avec l'augmentation de la température, les conséquences sanitaires peuvent s'exprimer directement sur les individus ou par la transformation de l'environnement dans lequel ils évoluent. Le développement des foyers endémiques intertropicaux vers le nord et vers le sud va modifier les caractéristiques écologiques des milieux. Ces milieux peuvent alors devenir favorables à la survie et au développement de germes pathogènes ou de vecteurs de germes, comme c'est le cas des maladies infectieuses et parasitaires. Le risque de propagation du paludisme – qui reste une des plus importantes causes de la mortalité mondiale – est toutefois assez improbable aux latitudes moyennes, le climat n'étant pas le seul facteur limitant. En effet, l'endémie qui peut être favorisée par la montée des températures peut également être endiguée par des actions humaines qui modifient le milieu ou par la lutte contre la maladie. Le paludisme a été éradiqué dans Nord – Pas-de-Calais essentiellement par l'assainissement des terres humides et des marais, niche écologique du vecteur de la maladie, le moustique. Une arrivée massive de parasites porteurs d'une souche compatible avec les populations locales pourrait occasionner une reprise de la transmission qui, vite détectée, serait assurément vite maîtrisée.

Le cas du moustique *A. albopictus* soulève néanmoins quelques interrogations : originaire des bordures asiatiques de l'Océan Indien, il a quitté son aire d'origine à partir des années 70, probablement à la faveur du développement du transport maritime, pour se retrouver aux quatre coins du globe jusqu'en Europe du nord. Il représente une menace pour la santé car il est vecteur de maladies, notamment de la dengue et du chikungunya. Éradiqué rapidement dans l'Oise et la Basse-Normandie à l'automne 1999, il est encore présent dans le bassin méditerranéen où son développement peut être encouragé par une augmentation des températures. Il s'est d'ailleurs installé de manière significative durant ces dernières années dans plusieurs départements de France métropolitaine comme les Alpes-Maritimes, la Haute-Corse, la Corse-du-Sud, le Var, les Alpes-de-Haute-Provence, ainsi que dans certains quartiers de Marseille. S'il n'existe pas pour le moment d'épidémie en France métropolitaine, des cas autochtones de dengue (2 cas) et de chikungunya (2 cas) ont tout de même été identifiés pendant l'été 2010 (Var et Alpes-Maritimes). En 2006, la France s'est dotée d'un dispositif de lutte contre le risque de dissémination de ces maladies par le biais de ce vecteur.

D'autres menaces de maladies infectieuses et parasitaires pour lesquelles le climat joue un rôle indiscutable ne sont pas négligées par les spécialistes. Ces pathologies telles que les leishmanioses ou les arboviroses (dont fait partie la dengue) pour lesquelles on constate une extension de leur aire de répartition représentent un risque en matière de santé publique qu'il faut suivre de près. Le Nord – Pas-de-Calais sera moins touché que d'autres régions par la potentialité de ce type de phénomène qui devrait se développer à partir des régions méditerranéennes.

La réflexion sur l'urbanisme et l'architecture devrait s'intensifier : très logiquement, nous aurons besoin de plus de bâtiments à forte inertie thermique, ne serait-ce que pour les personnes âgées, en institution ou en logement individuel, dont les effectifs ne feront qu'augmenter avec le phénomène de vieillissement de la population. Il sera également nécessaire de pondérer les

phénomènes d'îlots de chaleur urbains par l'intégration plus importante d'espaces de nature, les villes denses étant plus vulnérables aux vagues de chaleur que les villes «vertes». Ces espaces verts sont en outre plébiscités par les citadins et jouent un rôle non négligeable sur la santé en étant perçus comme des espaces de détente où il fait bon vivre.

Bien que des effets positifs puissent être tirés localement du réchauffement climatique, la somme des conséquences risque d'être très largement négative. La baisse de la mortalité hivernale dans les zones tempérées, l'augmentation de la production vivrière dans certaines régions, ou la réévaluation positive de l'indice climatique du tourisme des côtes du Nord – Pas-de-Calais, ne viendront qu'alléger la longue liste des menaces que le changement climatique fait peser sur les besoins fondamentaux de la santé.

Organiser une planification de grande ampleur

Atténuer les causes du réchauffement, se préparer aux conséquences

Le dérèglement climatique est inévitable. Du fait de l'inertie du système climatique, même un arrêt immédiat des émissions de GES ne pourrait empêcher la concentration des gaz déjà rejetés dans l'atmosphère. Un tel scénario provoquerait au minimum une hausse de la température moyenne du globe de 0,4°C d'ici 20 ans. En cas d'inaction pour faire baisser les émissions de GES, celles-ci pourraient encore augmenter de 25 à 90% d'ici 2030 et provoquer des effets graves et irréversibles sur le climat.

Dans ce contexte, les politiques publiques relatives au changement climatique comportent deux aspects principaux : l'atténuation qui consiste à maîtriser et réduire les émissions de GES pour limiter le changement climatique et ses conséquences, et l'adaptation qui consiste à préparer nos sociétés aux conséquences du changement climatique en réduisant les vulnérabilités.

La mise en avant des principes d'atténuation et d'adaptation est avant tout guidée par des préoccupations majeures de sécurité et de santé publique. Ces principes sont à intégrer dans le cadre plus large d'une politique de développement durable pour laquelle la santé constitue également un objectif principal mais aussi un préalable à toute réflexion. Ces mesures doivent protéger nos sociétés d'un emballement climatique qui augmenterait de manière considérable les préoccupations de santé partout dans le monde.

Au vu des dernières connaissances annonçant un changement climatique plus rapide que les prévisions du GIEC de 2007, les experts appellent à une mise en place rapide et effective des mesures d'atténuation et d'adaptation.

Quel objectif de réduction des émissions de GES ?

Les objectifs de réduction des GES sont de plus en plus ambitieux à mesure de l'évolution des connaissances et des observations sur le changement climatique. Ils sont pourtant loin d'être partagés au niveau international où les accords sur les efforts de réduction restent difficiles à obtenir. La Région s'attache désormais à atteindre un objectif d'une division par 4 des émissions de GES (facteur 4) à l'horizon 2050. La poursuite de cet objectif sous-entend une profonde mutation de notre société, notamment sur le plan énergétique, et une mobilisation très large du collectif. L'effort à fournir par la Région est important ; le Nord – Pas-de-Calais contribue à hauteur de 7,4%¹² du total national des émissions de GES alors qu'il représente 6,8% de la population et 5,2% de l'activité économique. Ce surplus est principalement causé par un poids industriel plus important que dans d'autres régions¹³. Le Nord – Pas-de-Calais s'est rapidement saisi de cette problématique, ce qui peut expliquer que les émissions de GES baissent plus vite qu'ailleurs, mais le gros des efforts reste à fournir.

Quatre finalités principales des mesures d'adaptation

- Protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique.
- Tenir compte des aspects sociaux et éviter les inégalités devant les risques.
- Limiter les coûts et tirer parti des avantages.
- Préserver le patrimoine naturel.

Source : ONERC.

Ces mesures, qui doivent également trouver leurs applications dans les champs de la santé, soulèvent des hypothèses de préoccupations de santé nouvelles tout autant qu'elles sont porteuses de possibles gains de santé en cas d'atteinte des objectifs fixés, notamment en termes de qualité de l'air. La mise en place de ces politiques renforce l'importance d'une analyse prospective renouvelée des enjeux sanitaires du réchauffement climatique. Car les mesures d'atténuation et d'adaptation sont porteuses de nombreuses évolutions – technologiques, comportementales, institutionnelles – à tous les niveaux de la société. Il faut souligner que la capacité à intégrer ces

¹² · Cette contribution s'élève à 12% en tenant compte des espaces boisés (puits de carbone) qui sont peu nombreux dans la Région (environ 7% de la surface).

¹³ · L'industrie représente près de la moitié des émissions de la Région, soit le double de la moyenne nationale.

changements est cependant inégale entre les différentes catégories de population, principalement en raison de critères socio-économiques, ce qui peut être un facteur d'accroissement des inégalités de santé. Nous en savons encore trop peu sur les conséquences économiques du changement climatique, et ce, malgré l'avancée des connaissances. Qu'il s'agisse des éléments d'adaptation ou d'atténuation, il existe un certain nombre de questions de santé pour lesquelles l'évaluation et la quantification n'ont pas encore été explorées. Il existe ainsi une marge de manœuvre considérable pour la planification et la mise en œuvre des mesures d'atténuation et d'adaptation dans le domaine de la santé comme dans de nombreux autres domaines.

Les principales recommandations de l'ONERC sur les mesures à adopter pour limiter les conséquences sanitaires du changement climatique

- Repenser la conception des bâtiments et des villes en raison de la multiplication des canicules.
- Développer la recherche et une veille très large et systématique devant la complexité et les incertitudes concernant les maladies infectieuses, généralement liées à la santé des animaux et souvent aussi à l'état des écosystèmes.
- Mieux comprendre les conséquences pour la santé des liens entre changement climatique et pollution, qu'elle soit d'origine humaine ou végétale (pollens).
- Développer encore l'information et la culture du risque auprès de la population, notamment en ce qui concerne les événements météorologiques extrêmes (canicules, tempêtes, crues, ...) et la lutte contre certaines maladies infectieuses (chikungunya, dengue...).
- Mettre en place des bases de données multidisciplinaires très larges et ouvertes, s'appuyant sur des informations normalisées à l'instar des données météorologiques.

Les réflexions engagées par les collectivités pour satisfaire aux objectifs d'atténuation et d'adaptation sont aujourd'hui multiples et à différents niveaux d'échelle : conférences, sommets et accords internationaux, régulation européenne, stratégies nationales (Plan Climat, Plan national d'adaptation au changement climatique), stratégies régionales (Plan Climat du Nord – Pas-de-Calais, Schéma Régional Climat Air Énergie) et stratégies locales (Plan climat territorial, SCOT, PLU...). La dynamique institutionnelle sur les questions climatiques existe dans le Nord – Pas-de-Calais depuis 2007 et le Plan Climat avec la collaboration de l'état, du Conseil Régional, des Conseils Généraux et de l'ADEME autour de l'objectif du facteur 4. Elle s'est depuis enrichie avec l'implication des territoires locaux, villes et

intercommunalités qui manifestent leur intérêt pour ces questions. Car si le dérèglement est global, les causes et les conséquences de ce dérèglement sont aussi et d'abord locales. L'approche du changement climatique par le niveau local et par le niveau régional est donc primordiale. D'abord parce que c'est au niveau local que les conséquences seront les plus directes et les plus ressenties. Ensuite parce que les phénomènes en cause sont souvent spécifiques et localisés et qu'une approche qui serait uniquement globale ne saurait prendre en compte ces spécificités. La chaleur plus importante en ville, la spécificité du fonctionnement des Wateringues, ou encore la vulnérabilité plus importante de certains secteurs du littoral de la Région, illustrent bien cette nécessité de changer d'échelle. Enfin, parce que ces niveaux territoriaux sont les plus à même d'évaluer leur vulnérabilité en fonction de leurs spécificités (physiques, environnementales, sociodémographiques) et ainsi d'en déduire les actions à entreprendre. Le territoire local est ainsi identifié comme un acteur clef dans la lutte contre le changement climatique, et plus largement dans les politiques de développement durable. Compte tenu de la proximité du terrain et en fonction des compétences qu'il exerce, il constitue le maillon ad hoc pour penser et mettre en œuvre des politiques globales d'aménagement du territoire intégrant les enjeux relatifs au changement climatique. L'intérêt des collectivités locales sur ces questions est d'ailleurs de plus en plus important et souligne l'intérêt manifeste qui existe pour les politiques locales de santé à se rapprocher de ces dynamiques en développement.

Cerner une problématique complexe

Les effets du climat sur la santé sont difficiles à mesurer car ils nécessitent le croisement de nombreux facteurs : les interdépendances écologiques, de l'écologie humaine aussi, sont fortes et innombrables. La santé est ainsi largement dépendante des autres secteurs de la société qui interagissent sur le milieu. On peut donc s'attendre à des chocs systémiques, des effets dits « dominos ». Ou plus exactement à des contre-effets de dominos générés par le réchauffement climatique sur divers domaines d'activité, divers champs sociaux, dont l'enchaînement est presque aussi complexe que celui des échanges thermiques sur la planète. À titre d'exemple, la pression sur la ressource en eau augmentera d'autant plus avec le changement climatique si on ne réduit pas son usage industriel ou la surface des cultures fortement consommatrices d'eau. Cette demande accrue augmentera la pression sur les structures d'épuration entraînant du même coup une augmentation du risque d'eau impropre à la consommation et des pathologies qui en découlent. La liste des « points de basculements » n'est certainement pas totalement prévisible aujourd'hui. Une chose au moins est certaine dans la Région : il n'y a aucun risque d'extension

des grandes anthroozoonoses jusqu'au Nord – Pas-de-Calais. Ces particularités régionales ne doivent toutefois pas exclure l'intégration dans des programmes de coopération européenne sur la thématique. Dans la littérature, les risques les plus importants liés au changement climatique sont aussi imprévisibles que profondément déstabilisateurs sur la société des hommes et donc sur leur santé. Ce sont avant tout ces paroxysmes climatiques qui sont reliés aux questions de santé publique du Nord – Pas-de-Calais et qui représentent une menace pour la santé de la population. Mais le Nord - Pas-de-Calais n'est pas, a priori, dans la « zone du pire » puisque dans une société qui dispose de moyens, d'infrastructures et d'encadrements sociaux rodés. Mais la combinaison de ces bouleversements à venir sur le milieu physique, les écosystèmes, l'économie et les populations, impactera la santé. L'avenir seul nous dira dans quelles mesures ces effets se feront ressentir et dans quelles mesures nous aurons su nous y préparer. Car il est, quoi qu'il en soit, nécessaire d'organiser une planification structurée de grande ampleur et s'adaptant au cours du temps.

3 idées clés :

- *La thématique du climat est très intéressante : face au réchauffement climatique se développent des politiques de lutte et de développement durable, qui elles-mêmes suscitent la production de connaissances et indicateurs indispensables au suivi sanitaire des effets du changement climatique.*
- *Cette réflexion sur le réchauffement climatique met à jour un effet systémique, essentiel pour comprendre les phénomènes liés à la santé.*
- *Les grands périls sanitaires du réchauffement climatique ne menacent pas systématiquement toutes les régions : il importe de changer d'échelle pour comprendre ce qui pourrait se produire par exemple dans le Nord – Pas-de-Calais.*

La bibliographie

- Acot P. *Catastrophes climatiques, désastres sociaux*. Paris : PUF, 2006 ; 205 p.
- Besancenot J-P. *Climat et santé*. Paris : PUF, 2001 ; 128 p.
- Besancenot J-P. *Notre santé à l'épreuve du changement climatique*. Paris : Delachaux et Niestlé, 2007 ; 222 p.
- Besancenot J-P. *Risques pathologiques, rythmes et paroxysmes climatiques*. Paris : John Libbey Eurotext, 1992 ; 413 p.
- Braconnot P, Dufresne JL, Salas y Mélia D, Terray L, dir. *Analyse et modélisation du changement climatique : 2^e édition du livre blanc Escrime*. Paris : Société météorologique de France et Météo-France, 2009 ; 80 p. <http://www.insu.cnrs.fr/fl739pdf,analyse-modelisation-changement-climatique.pdf>
- Conseil Régional Nord – Pas-de-Calais, DREAL, ADEME. *Les cahiers techniques du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie du Nord – Pas-de-Calais* : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/cahierstechniques-srcae-npdc.pdf>
- Conseil Régional Nord – Pas-de-Calais, DREAL, ADEME. *Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie du Nord – Pas-de-Calais* : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/doccomplet-srcaenpdc.pdf>
- Conseil Régional Nord – Pas-de-Calais, DREAL, ADEME. *Projet SRCAE Nord – Pas-de-Calais arrêté le 25/08/2011* : <http://www.srcae-5962.fr>
- De Mallet C. *Climat en débats, pour en finir avec les idées reçues*. Paris : Lignes de repères, 2008 ; 180 p.
- Dubrion R. *Le climat et ses excès*. Bordeaux : éditions Féret, 2008 ; 160 p.
- EEA (European Environment Agency). *Climate change: the cost of inaction and the cost of adaptation*. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2007 ; 67 p. http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_13
- Gouvernement du Canada. *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques, perspectives canadiennes*. 2004 ; 190 p. http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective/pdf/report_f.pdf
- Hémon D, Jouglu E. *Surmortalité liée à la canicule d'août 2003*. Rapport remis au ministre de la santé et de la protection sociale. Paris : INSERM, 2004 ; 76 p. http://www.inserm.fr/content/download/1435/13095/file/canicule_octobre2004.pdf
- InVS. *Froid et santé, éléments de synthèse bibliographique et perspectives*. Saint-Maurice : InVS, 2004 ; 48 p. http://www.invs.sante.fr/publications/2004/froid_et_sante/rapport_froid_et_sante.pdf
- InVS. *Vague de chaleur de l'été 2003, relations entre températures, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises*. Saint-Maurice : InVS, 2004 ; 44 p. http://www.invs.sante.fr/publications/2004/psas9_070904/rapport.pdf
- Kessler J, Chambraud A. *Météo de la France, tous les climats localité par localité*. Paris : J.C. Lattès, 1990 ; 391 p.
- Létard V, Flandre H, Lepeltier S. *La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise*. Sénat, 2004. <http://www.senat.fr/rap/r03-195/r03-1951.pdf>
- Météo France. *Normales climatiques, période 1961-1990. Tome 1 : Stations de Métropole*. Paris : Météo France, 1996 ; 467 p.
- Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement. *Plan national d'adaptation au changement climatique. Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique 2011 – 2015* : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC-PNACC-complet.pdf>
- Ministère de la santé et des sports. *Le plan national canicule, version 2008* : <http://www.sante-jeunesse-sports.gouv.fr/IMG/pdf/PNC-2008.pdf>
- Ministère du travail, de l'emploi et de la santé. *Les recommandations « canicule » version 2009* : http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Les_recommandations_canicule_.pdf
- Ministère du travail, de l'emploi et de la santé. *Plan national canicule : version 2011* : http://sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan_national_canicule_PNC-2011_VF_23_mai_.pdf
- Nawrot TS, Torfs R, Fierens F et al. Stronger associations between daily mortality and fine particulate air pollution in summer than in winter : evidence from a heavily polluted region in Western Europe. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2007; 61: 146-9.
- OMS. *Protecting health in Europe from climate change*. Copenhagen : WHO, 2008 ; 51 p. <http://www.euro.who.int/Document/E91865.pdf>
- ONERC : <http://onerc.org>
- ONERC. *Changement climatique et risques sanitaires en France*. Paris : La Documentation Française, 2007 ; 208 p. <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/074000568/0000.pdf>
- ONERC. *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique*. Paris : La Documentation Française, 2007 ; 95 p. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Strategie_Nationale_2-17_Mo-2-2.pdf
- Stern N. *The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press, 2006 ; 712 p. http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm
- Stevance AS, Houdant N, Bonduelle A. Facteur 4 en Nord – Pas-de-Calais : impacts socio-économiques. *Développement durable et territoires* 2011 ; 2(1) : 18 p. <http://developpementdurable.revues.org/8846>
- Warren FJ. *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*. Canada : Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, 2004 ; 215 p.
- WWF. *Climate change: faster, stronger, sooner. A European update of climate science*. WWF, 2008; 7 p. http://assets.panda.org/downloads/wwf_science_paper_october_2008.pdf

Le lexique

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
FNORS : Fédération Nationale des Observatoires Régionaux de la Santé
GES : Gaz à Effet de Serre
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
InVS : Institut de Veille Sanitaire
ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
SAMU : Service d'Aide Médicale d'Urgence
SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours
SMUR : Service Mobile d'Urgence et de Réanimation
SRCAE : Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie
UV : Ultraviolets