

Observatoire National sur les Effets du
Réchauffement Climatique



Villes et adaptation au changement climatique



**Rapport au Premier ministre
et au Parlement**

Version pour une diffusion électronique
Edition assurée par la Documentation
Française

Publications de l'Onerc

Conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes. Actes du colloque du 22 au 23 juin 2003, Onerc, 2003.

Êtes-vous prêt ? Guide pour l'adaptation à l'attention des collectivités locales, Onerc, 2004.

Collectivités locales et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation ? Actes du colloque du 30 septembre 2004, Onerc, 2005.

Un climat à la dérive : comment s'adapter ? Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2005.

Réchauffement climatique : quelles conséquences pour la France ? Onerc, 2006.

« Littoral en danger », comment les régions maritimes d'Europe s'adapteront-elles au climat à venir ? Actes du séminaire des 3 et 4 février 2006, Onerc/CRPM, 2006.

Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, La Documentation française, Paris, 2007.

Changements climatiques et risques sanitaires en France. Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2007.

Changement climatique, coût des impacts et pistes d'adaptation. Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2009.

Notes et Rapports techniques

Recensement des études concernant les effets du climat et du changement climatique sur les espaces côtiers dans les DOM-TOM, note technique n° 1, Onerc, mars 2005.

Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral : scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100, note technique n° 2, Conservatoire du littoral, Onerc, septembre 2005.

Impacts du changement climatique sur les activités vitivinicoles, note technique n° 3, Onerc, janvier 2006.

Recensement des études concernant les effets du climat et du réchauffement climatique sur les espaces de montagne en France métropolitaine, note technique n°4, Onerc, version actualisée mars 2008.

Changements climatiques dans les Alpes : Impacts et risques naturels, rapport technique n°1, Onerc, mars 2008.

Impacts du changement climatique dans les îles subantarctiques, rapport technique n°2, Onerc, mai 2009.

Observatoire national sur les effets
du réchauffement climatique

Villes et adaptation au changement climatique

Rapport au Premier ministre
et au Parlement

SOMMAIRE

Le mot du Président.....	5
Résumé pour décideurs	7
Présentation	14
Chapitre 1 : Les villes aujourd'hui, quelle vulnérabilité au changement climatique ?.....	16
<i>Introduction</i>	<i>16</i>
<i>Le cadre général : évolution des villes et évolution du climat</i>	<i>17</i>
<i>Les villes et les risques liés au changement climatique</i>	<i>24</i>
<i>Principaux déterminants du risque et pistes pour l'adaptation</i>	<i>43</i>
<i>Conclusion : La réduction de la vulnérabilité en pratique</i>	<i>49</i>
Chapitre 2 Les villes aujourd'hui, laboratoire d'adaptation au changement climatique.....	51
<i>Introduction : l'adaptation, un processus en devenir</i>	<i>51</i>
<i>Pratiques actuelles d'adaptation dans les villes françaises.....</i>	<i>52</i>
<i>Expériences internationales : tour d'horizon.....</i>	<i>64</i>
<i>Leviers et barrières à l'adaptation : regards croisés.....</i>	<i>74</i>
<i>Quelle place accorder aux politiques et mesures non labellisées « adaptation » dans une perspective d'adaptation au changement climatique ?</i>	<i>80</i>
<i>Perspectives</i>	<i>85</i>
<i>Conclusion : un cadre de pensée pour l'adaptation dans les villes.....</i>	<i>88</i>
Perspectives : la recherche urbaine liée aux enjeux climatiques.....	91
<i>Introduction</i>	<i>91</i>
<i>L'organisation des équipes de recherche et d'expertise</i>	<i>91</i>
<i>Les programmes de recherche.....</i>	<i>94</i>
<i>Conclusion</i>	<i>97</i>
ANNEXE 1 Les programmes de recherche	98
<i>Les programmes de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR).....</i>	<i>98</i>
<i>Le Programme Interdisciplinaire de Recherche Ville et Environnement (PIRVE).....</i>	<i>106</i>
<i>Le programme Gestion des Impacts du Changement Climatique (GICC)</i>	<i>110</i>
<i>Le Plan Urbanisme, Construction, Architecture du MEEDDM (PUCA) et le Programme national de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans les Bâtiments (PREBAT).....</i>	<i>114</i>
<i>Le Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT).....</i>	<i>116</i>
<i>Le Programme Plante et Cité</i>	<i>116</i>
<i>Des projets ciblés</i>	<i>117</i>
<i>La recherche européenne dans le cadre du programme URBAN-NET.....</i>	<i>126</i>
ANNEXE 2 Les associations de villes à l'échelle internationale.....	128
ANNEXE 3 Enquête auprès des Villes	133
ANNEXE 4 La concertation préparatoire au plan national d'adaptation au changement climatique	134
ANNEXE 5 Les activités de l'Observatoire en 2009 et 2010	141
ANNEXE 6 Bibliographie	148
ANNEXE 7 Sigles et acronymes	153
ANNEXE 8 Personnes ayant contribué à ce rapport.....	156

Le mot du Président

Est-il exagéré de considérer que le sort du monde se joue aujourd'hui dans la capacité des villes et mégapoles du monde à se mobiliser dans la lutte contre le changement climatique ?

La démographie, seule, pourrait suffire pour y apporter une réponse. Le bond démographique que le monde connaît depuis plus d'un siècle, qui a fait passer la population mondiale de 2 milliards d'âmes en 1900 à 6, 8 milliards aujourd'hui, s'est accompagné d'un exode sans précédent des zones rurales et abouti au développement considérable des villes. Nous ne devons jamais perdre de vue que, si près de la moitié de la population mondiale est d'ores et déjà citadine, selon les Nations Unies, c'est environ 70% de cette population qui vivra dans les villes ou les régions urbaines à l'horizon 2050.

2050, échéance à laquelle la planète aura à supporter 9 à 10 milliards d'habitants. De fait, c'est dans les villes que les effets du changement climatique se feront ressentir pour le plus grand nombre. A cette donnée démographique, il faut y ajouter les conclusions du GIEC qui affirment qu'à l'intérieur des territoires, les villes sont souvent des pôles de vulnérabilité particulièrement marqués. En effet, la complexité de l'organisation des grandes cités humaines les rend particulièrement vulnérables aux aléas climatiques, que ce soient les vagues de chaleur, les inondations ou les ouragans. La canicule de 2003 en France, qui a provoqué une surmortalité de plus de 15 000 personnes, a fait la preuve de l'inadaptation de l'organisation des services publics et des modes de vie urbains actuels aux climats nouveaux. Les dégâts occasionnés par l'ouragan Katrina à la Nouvelle Orléans, dans le pays le plus puissant du monde, ont aussi montré la vulnérabilité des sociétés humaines devant les forces de la nature lorsque celles-ci sont pensées et construites dans le déni de l'environnement.

La responsabilité oblige aujourd'hui à penser la ville du futur en y intégrant le climat futur. C'est là une question de sécurité collective. S'il est absolument indispensable de veiller comment les plus petits feront face aux impacts du changement climatique, comment les petits Etats insulaires peuvent être dotés de moyens pour s'adapter aux changements annoncés, il est tout aussi impérieux de s'interroger sur les mégapoles. Comment les grandes villes des pays en voie de développement pourront-elles faire face à ces dangers dont les chercheurs nous annoncent l'intensification probable ? Comment aussi ne pas s'inquiéter en pensant à toutes ces villes au nord comme au sud, situées dans les deltas des grands fleuves et directement menacées par la montée des océans qui pourrait approcher d'un mètre en 2100 ? N'oublions jamais que l'Europe, continent le plus découpé de façades maritimes sur lesquelles sont situées de grands ports et de grandes villes, est particulièrement concernée par cette question.

Ce rapport voulu par le Conseil d'orientation de l'Onerc, présente une synthèse des impacts du changement climatique sur les villes et surtout une analyse, comme aide à la décision, des facteurs de vulnérabilité. Il fait une présentation du foisonnement des idées et des politiques innovantes mises en place, en France, par les collectivités, en portant un focus sur certaines expériences étrangères pertinentes. Point d'étape dans la mise en oeuvre des politiques d'adaptation, ce rapport montre que la connaissance doit encore être complétée sur ces domaines mais que la décision politique commence à prendre en compte la donnée climatique dans l'élaboration des stratégies de développement de nos territoires.

La création de l'Onerc en 2001, suite à une loi votée par le parlement, a posé la première pierre du processus d'élaboration d'une politique d'adaptation de notre pays. En adoptant à la quasi-unanimité la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'Environnement, le parlement a de nouveau montré sa volonté de doter la France des outils nécessaires pour faire face au défi du changement climatique par l'intermédiaire d'un plan national qui devra voir le jour en 2011. L'expertise accumulée par l'Onerc depuis sa création sur les politiques d'adaptation lui a valu d'assurer la mise en oeuvre et la coordination de la vaste concertation sur le Plan National d'Adaptation voulue par le Ministre d'Etat, de l'Ecologie, de l'Energie, du développement durable et de la Mer. Cette concertation mise en oeuvre sur les principes du mode Grenelle a permis d'engager un vaste débat avec l'ensemble des forces vives, riche de propositions. Puisse ce rapport, qui fait suite à celui sur les coûts du changement climatique en France, être une contribution utile à une meilleure appréhension de ces changements complexes et in fine à la prise de décision.

Au nom du conseil d'orientation de l'Onerc, je tiens ici à remercier toutes celles et tous ceux qui ont contribué à la rédaction de ce rapport et appelle l'ensemble des acteurs, élus, entrepreneurs, associations, société civile, citoyens à s'en saisir pour prolonger le débat, enrichir la réflexion et en définitive rendre plus efficace l'action dans laquelle nous sommes les uns et les autres engagés.

Résumé pour décideurs

Les travaux réalisés à l'échelle internationale s'accordent sur le fait que les actions en matière de lutte contre le changement climatique nécessitent une approche selon deux axes visant d'une part à réduire les émissions de gaz à effet de serre (atténuation du changement climatique), et d'autre part, à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux impacts induits par ce changement (anticipation et adaptation).

Les villes présentent une vulnérabilité particulière compte tenu d'une forte concentration de population et du regroupement d'infrastructures et de biens matériels sur leur territoire et elles sont très sensibles à toute évolution brusque de leur environnement naturel ou socio-économique. L'adaptation des villes à l'accroissement de l'intensité ou de la fréquence de certains aléas climatiques constitue donc un enjeu important pour l'avenir de nos sociétés.

Dans le cadre de sa mission de réflexion et de proposition de recommandations sur les mesures de prévention et d'adaptation à envisager pour limiter les risques liés au changement climatique, l'ONERC a demandé à deux organismes de recherche, le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) et l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) de réaliser une synthèse des vulnérabilités des villes et un tour d'horizon de l'état des politiques des villes françaises et internationales en matière d'adaptation. Cette synthèse a été complétée, pour ce rapport, d'un panorama de la recherche française traitant de la ville face à l'enjeu climatique.

1- Les villes aujourd'hui, quelle vulnérabilité au changement climatique ?

La population urbaine française a plus que doublé entre les recensements de 1936 et de 2006, passant de 22 millions à près de 47 millions de citoyens. Tandis qu'une personne sur deux résidait en ville en 1936, plus de trois sur quatre y vivent actuellement. La répartition des habitants au sein des villes a également évolué : pour diverses raisons, il s'est produit une accélération du développement des banlieues et des couronnes périurbaines.

Ces évolutions sont d'une importance cruciale pour l'évolution de la vulnérabilité de la France au changement climatique, et pour la conception des stratégies d'atténuation et d'adaptation. Il devient en effet de plus en plus évident que l'échelle locale est incontournable dans la mise en œuvre de la plupart des politiques climatiques.

C'est le cas des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre, auxquelles les autorités locales peuvent contribuer de manière très efficace en agissant sur la forme urbaine, les infrastructures de transport, et les bâtiments. C'est également le cas des politiques d'adaptation au changement climatique : les impacts de celui-ci sont en effet surtout ressentis au niveau local, et dépendent pour beaucoup des caractéristiques particulières du territoire. Les politiques d'adaptation les plus adéquates diffèrent ainsi beaucoup d'un lieu à l'autre et doivent être conçues de manière spécifique.

L'échelle des villes – entendues ici comme les agglomérations – convient bien pour agir sur l'adaptation pour deux raisons :

- d'une part, parce que cette échelle n'est pas trop petite : les villes et intercommunalités sont des acteurs puissants qui ont les moyens d'action pour mettre en œuvre des politiques ambitieuses ;
- d'autre part, parce que cette échelle n'est pas trop grande : les villes sont des systèmes très intégrés, dans lesquels les différents réseaux (d'eau, d'électricité, de transport), le tissu économique et les séparations sociales, sont imbriqués et fonctionnent ensemble.

Impacts du changement climatique sur les villes

Le changement climatique est susceptible de provoquer et de modifier les aléas naturels, c'est-à-dire des événements pouvant affecter négativement la société. Confrontée à chacun de ces

aléas, une ville donnée peut être plus ou moins touchée. Cette vulnérabilité dépend de multiples facteurs, dont l'urbanisme, les activités économiques locales, l'existence d'infrastructure de protection, et le niveau de vie des ménages.

Ainsi, dans les zones urbaines, l'impact des vagues de chaleur dépend fortement des infrastructures en place, de l'urbanisme, du type d'habitat et des modes de vie. Les températures et humidités à Paris pendant la canicule de 2003 étaient très proches de celles observées à Séville lors d'un été moyen, où ces conditions climatiques n'ont pas de conséquences sanitaires aussi graves. Ceci est notamment dû à un cadre bâti plus adapté aux fortes températures à Séville, et aux habitudes de la population. L'« îlot de chaleur urbain » influence également la vulnérabilité. Il s'agit du microclimat observé dans les villes : un excès des températures de l'air dans les zones urbaines en comparaison avec les zones rurales qui les entourent. Les maxima d'intensité de cet îlot de chaleur peuvent aller de 2°C pour une ville de 1000 habitants jusqu'à 12°C pour une ville de plusieurs millions d'habitants, et jouent donc un rôle important dans la vulnérabilité aux fortes chaleurs.

Le changement climatique pourra également avoir des impacts positifs sur la santé, comme une baisse de la mortalité due au froid. Cependant, au total, il est possible qu'on assiste à une augmentation des risques sanitaires dus aux vagues de chaleur et aux maladies transmises par l'alimentation et par les vecteurs (moustiques, tiques, etc.). En ville, une aggravation des pollutions locales est également probable, même si les transformations technologiques dans les transports sont de nature à largement réduire ce problème.

La lente submersion de certaines côtes du fait de la montée du niveau moyen de la mer peut être la source de pertes matérielles non négligeables. Cette hausse conduit aussi à des menaces accrues sur des vies humaines du fait d'une augmentation de l'aire géographique susceptible d'être submergée par « les marées de tempête », ces augmentations temporaires du niveau de la mer créées par le vent et la baisse de la pression atmosphérique au passage d'une tempête. Cet effet est particulièrement important dans les zones urbanisées qui concentrent la population et le patrimoine, et qui sont très dépendantes des réseaux (de transport, d'énergie, de communication).

Le changement climatique aura également un impact marqué sur le débit des cours d'eau. Suivant la localisation géographique, le risque d'inondation peut ainsi être accentué (ou réduit). Le principal facteur de risque d'inondation provient toutefois de l'extension de l'urbanisation dans des zones à risques. A ceci s'ajoute dans les zones urbaines la question du dimensionnement des systèmes d'assainissement et de drainage, qui doivent pouvoir faire face aux précipitations les plus intenses.

Certains sols argileux peuvent gonfler et se tasser du fait de variations de teneur en eau : un tassement non-uniforme peut occasionner d'importants dégâts aux bâtiments et infrastructures : c'est le phénomène de retrait-gonflement des argiles. Il est projeté que le changement climatique va provoquer une augmentation de ce phénomène.

En raison des modifications de température engendrées par le changement climatique, les demandes en chauffage hivernal sont susceptibles de baisser et les demandes en air conditionné d'augmenter. Ceci risque de se produire l'été, dans un contexte d'accès difficile à l'électricité, et modifier le confort thermique en ville.

Le sud de la France est aujourd'hui globalement plus attractif que le nord, et on observe une lente migration de la population du nord du pays vers le sud du pays : cette tendance peut être modifiée, notamment en ce qui concerne les personnes âgées, du fait de l'inconfort thermique des fortes chaleurs du sud que le changement climatique est susceptible d'amplifier. L'attractivité d'une destination touristique est également le résultat de nombreux facteurs, et nombre d'entre eux sont liés au climat. La modification des migrations due au changement climatique (temporaires pour les touristes, permanentes pour les habitants) a des implications sur les besoins d'investissement dans les infrastructures et le bâtiment.

Les spécificités urbaines

La spécificité la plus marquante des impacts du changement climatique en zone urbaine est leur interdépendance. Parce que les villes sont des systèmes très intégrés, les impacts dans différents secteurs interagissent et doivent être considérés d'une manière holistique, l'approche secteur par

secteur étant particulièrement inadaptée aux grandes agglomérations : tout impact touchant une partie de la ville touchera potentiellement tout le reste de manière indirecte.

Ainsi, les impacts sectoriels ne doivent pas être pris en compte séparément les uns des autres : le changement climatique apportera une combinaison de l'ensemble de ces impacts. Cette combinaison pourra créer des amplifications, par exemple si une réduction de la fréquentation touristique se produit alors que la demande d'investissement dans des protections côtières augmente. L'impact total sur une économie régionale peut ainsi être nettement plus élevé que la somme des impacts sectoriels.

Aussi, même si chaque impact sectoriel discuté dans ce rapport peut être géré et contrôlé s'il apparaît séparément, la gestion d'une combinaison d'impacts simultanés dans de multiples secteurs, en parallèle d'autres défis urbains comme la diminution de la population, pourrait s'avérer nettement plus difficile à mettre en œuvre, et buter sur les limites des capacités des collectivités (en termes de capacité d'investissement financier, de technique, et de compétence, ou d'attractivité).

Stratégies d'adaptation

Le changement climatique agit en grande partie en amplifiant des problèmes déjà existants. Sur le court et moyen terme, mis à part les événements extrêmes les plus marquants, il est rarement le principal facteur de pression environnementale.

De nombreuses mesures visant à réduire la vulnérabilité au changement climatique cherchent en fait d'abord à réduire la vulnérabilité au climat actuel et à sa variabilité (notamment aux événements extrêmes actuels) : être adapté au changement climatique, c'est d'abord être adapté à la situation présente. Ceci suggère de commencer par la mise en place de mesures d'adaptation sans regret, qui permettent d'améliorer la situation existante des villes et de générer des co-bénéfices intéressants, tout en réduisant la vulnérabilité future au changement climatique.

D'autres mesures peuvent toutefois devenir nécessaires quand le changement de climat devient important ou quand la prise en compte du long terme devient nécessaire. Dans ce cas, la revue des vulnérabilités existantes devient insuffisante pour construire une stratégie d'adaptation et des mesures spécifiques doivent être mises en place pour faire face à des impacts potentiellement inédits. C'est par exemple le cas pour les grandes opérations d'aménagement qui créent des irréversibilités sur le long terme.

Sur le court terme, il est utile de s'interroger en premier lieu sur l'origine et l'évolution de la vulnérabilité. L'augmentation du risque que l'on observe actuellement et qui explique l'augmentation des pertes liées aux catastrophes naturelles a des causes précises, liées aux évolutions socio-économiques et démographiques actuelles (migration vers les zones à risques, pénurie de foncier, coût économique et politique des mesures de réduction des risques, surconsommation en eau, etc.). Plutôt que de seulement rechercher à réduire les risques, il faut considérer les facteurs explicatifs de l'augmentation des risques, et s'attaquer à leurs causes originelles.

Les politiques urbaines d'adaptation peuvent s'organiser en quatre grandes catégories : les modifications de l'occupation des sols et la planification urbaine (par exemple pour éviter les développements nouveaux dans les zones inondables) ; les investissements directs et notamment dans les ouvrages de protection et les infrastructures de gestion de l'eau ; l'adaptation du cadre bâti, par action directe (investissement) ou indirecte (incitation fiscale et réglementaire) ; l'augmentation de la résilience de la zone (par la diversification économique ou des outils d'aide aux ménages et aux entreprises en cas d'impacts). De manière générale, les mesures réglementaires, légales et financières ne doivent pas être négligées, l'adaptation ne se faisant pas uniquement par des investissements directs.

Les coûts d'adaptation sont relativement moins élevés lorsque les politiques sont anticipées. Par exemple, il est moins cher de bâtir un ouvrage de protection surdimensionné, que d'avoir à le redimensionner ultérieurement, il est moins cher de rendre une zone non urbanisable, que d'avoir à re-localiser une zone déjà habitée. Un arbitrage doit ainsi être fait entre des politiques tardives, donc chères, mais effectuées avec un sentiment de nécessité, et une politique effectuée très tôt, meilleure marché, mais effectuée alors qu'aucun sentiment d'urgence n'est là et nécessitant donc un investissement politique important. Pour les politiques anticipées, la prise en compte de l'incertitude

sur les changements climatiques futurs est indispensable, et une coordination entre acteurs est nécessaire.

Le changement climatique n'étant pas le seul changement auquel les villes doivent se préparer, il faut également tenir compte d'autres facteurs. Ainsi, l'adaptation aux impacts du changement climatique devra se faire en parallèle de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ce qui créera des synergies, mais aussi des conflits. Dans le choix d'une politique de réduction de la vulnérabilité, il est donc nécessaire de travailler dans un cadre extrêmement large, tenant compte de multiples éléments et objectifs. Un élément décisif provient souvent des effets secondaires positifs ou négatifs des mesures. Au-delà des aspects environnementaux, il est possible que la population des villes décroisse significativement dans la seconde moitié du XXI^{ème} siècle du fait du vieillissement de la population, ce qui représenterait un choc important sur les dynamiques urbaines. Il faudra donc peut-être gérer les problématiques spécifiques du changement climatique dans un contexte très différent du contexte actuel.

Il reste aujourd'hui impossible d'évaluer le coût du changement climatique pour les villes, ou d'estimer les montants qu'il faudra investir dans l'adaptation. Il apparaît toutefois clairement dans la littérature scientifique que des politiques d'adaptation adéquates mises en place d'une manière suffisamment anticipée seraient à même de limiter de manière extrêmement importante l'impact total du changement climatique.

2- Les villes aujourd'hui, laboratoires d'adaptation au changement climatique

L'adaptation des villes au changement climatique et sa mise en pratique – en particulier l'élaboration de stratégies d'adaptation – sont encore relativement récentes. Dans le cadre de ce rapport, il a été fait un état des lieux de la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes et un certain nombre de tendances, de points positifs ou de manques sont mis en avant pour répondre, au moins en partie, à la question : « comment mettre en œuvre une politique d'adaptation dans les villes ? ». L'étude des villes françaises a été faite dans un souci de dresser le panorama le plus précis possible des démarches entreprises, alors que l'approche des villes internationales a été plutôt guidée par un souci de reproductibilité en sélectionnant des villes dont l'expérience peut être utilisable par les villes françaises.

Les prémices de l'adaptation

Contrairement à ce qu'une certaine résonance internationale peut faire penser, la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes en est encore à un stade exploratoire. Les villes françaises ne font pas exception et on peut même considérer qu'une poignée d'initiatives mises à part, l'adaptation urbaine y demeure embryonnaire. Elles sont principalement au stade du diagnostic : identifier les aléas climatiques qui auront des conséquences sur leurs différents secteurs. Le développement des connaissances sur les risques et la manière de s'y préparer et d'y faire face débute à peine. Certes, certaines actions sont identifiées comme pouvant concourir à l'adaptation – comme le verdissement et l'utilisation de matériaux perméables pour faciliter l'infiltration plutôt que le ruissellement des eaux pluviales – et peuvent être mises en œuvre. Mais il ne s'agit pas encore de stratégies globales et transversales d'adaptation, le facteur changement climatique lui-même n'étant pas toujours pris en compte. Les actions proposées sont par ailleurs très ciblées et plutôt intégrées dans des plans qui leur sont propres ; rien n'est encore développé à grande échelle. On sent cependant une volonté de progresser, et les différentes initiatives qui naissent dans les villes françaises sont à considérer comme le début d'un travail de long terme.

La pratique de l'adaptation dans les villes internationales est globalement au même stade. Quelques villes pionnières ont malgré tout initié des démarches d'adaptation il y a quelques années, et huit ont été analysées : Chicago (États-Unis), Durban (Afrique du Sud), Keene (États-Unis), Londres (Royaume Uni), New York (États-Unis), Port Philip (Australie), Rotterdam (Pays-Bas), Toronto (Canada). Ces villes ont pour la plupart terminé l'élaboration de leur stratégie d'adaptation, et commencent à mettre en œuvre des plans d'adaptation relativement ambitieux. Révélateurs de cette ambition, le nombre d'impacts du changement climatique considérés est beaucoup plus important que dans le cas des villes françaises, qui ont tendance à se limiter au stress thermique et aux inondations. Le nombre de mesures proposées et de domaines et de secteurs impliqués dans ces mesures est également nettement plus grand. Les processus que les villes internationales étudiées ont mis en place pour élaborer leur plan d'adaptation peuvent ainsi être une source d'inspiration pour

les villes françaises, et certaines caractéristiques sont détaillées ici : étapes, acteurs impliqués, échelles de temps et d'espace, outils utilisés et moyens mis en œuvre.

Barrières et leviers

L'étude de l'adaptation dans les villes françaises et internationales fait par ailleurs ressortir l'existence d'un certain nombre de leviers et de barrières à sa mise en œuvre qu'il est important de connaître, utiliser ou contourner pour mettre en place une stratégie d'adaptation efficace. Le dépassement des barrières et l'optimisation des leviers à l'adaptation apparaissent comme l'enjeu principal des débuts de la mise en œuvre dans les villes françaises, et toutes les échelles doivent y être impliquées. On constate ainsi que les initiatives d'adaptation sont toutes liées à la présence de l'une au moins des quatre situations suivantes : appartenance à un réseau, vulnérabilité démontrée par des événements climatiques passés, proximité avec un autre territoire qui s'adapte, présence d'un élu engagé dans le développement durable. Au contraire, de nombreuses barrières informationnelles (poids des incertitudes, manque d'exemple), financières, techniques (manque de compétences sur le sujet), cognitives (perception des risques par exemple), normatives et institutionnelles (partage des compétences sur un même territoire, propension au statu quo) peuvent expliquer le faible nombre d'initiatives en matière d'adaptation. L'identification, la compréhension et la prise en compte de ces barrières est une première étape pour optimiser la mise en œuvre de l'adaptation dans les collectivités territoriales. Le fait que ces barrières soient communes à l'ensemble des villes et que leur contournement soit relativement lourd et coûteux pousse à une action au niveau national.

Politiques de la ville

Les plans d'adaptation développés par les villes ne sont que « la partie émergée de l'iceberg » des politiques et mesures qui ont un effet sur leur adaptation au changement climatique. Il existe en effet une multitude de plans, de projets et de politiques qui concourent déjà ou peuvent concourir à adapter la ville au changement climatique, et l'enjeu est aussi de les identifier pour optimiser leur rôle. Il s'agit par exemple des politiques de prévention des risques naturels, des mesures d'information et de sensibilisation des populations sur les risques et les consignes à suivre en situation de crise. Les documents d'urbanisme peuvent fournir un cadre à l'adaptation, de même que l'ensemble des mesures de protection des espaces naturels à condition d'y inclure des dimensions climatiques. Certaines villes, comme Toronto ou Paris par exemple, ont identifié une partie de ces mesures et en ont fait la base de leur stratégie initiale d'adaptation. Certaines mesures d'atténuation peuvent favoriser l'adaptation comme l'isolation renforcée des bâtiments.

Le besoin d'un soutien national

Au final, il ressort de l'analyse des projets, des plans et des stratégies d'adaptation et de l'avis même de ceux qui en ont la charge que la mise en œuvre de l'adaptation est, en France, à un stade préliminaire et que les villes internationales ne sont pas plus avancées si l'on fait exception de quelques pionnières. Si des initiatives ont été lancées dès le milieu de la décennie, leur portée et leur avancement ne permettent donc pas encore de dire que les villes françaises s'adaptent véritablement au changement climatique. Ces initiatives doivent plutôt être vues comme le début d'un processus qui prendra du temps, dans une démarche d'amélioration continue et de partage d'expérience d'une ville à l'autre. Elles coïncident aussi avec l'implication de l'échelon national sur ce sujet, et cette synchronisation est source de contributions réciproques intéressantes : les services de l'Etat français devront faciliter l'adaptation dans les collectivités territoriales, et les villes seront un laboratoire d'adaptation duquel remonteront des expériences et des leçons déterminantes pour l'adaptation de la France au changement climatique.

La mise en œuvre de l'adaptation dans les villes demande en effet une implication de l'échelon national, en particulier par la fourniture d'outils, d'incitations et de cadres méthodologiques communs, révisables et ajustables en fonction des retours d'expériences des acteurs impliqués. Certains de ces outils sont détaillés dans le rapport : guides méthodologiques, diagnostics de vulnérabilité, évaluation des coûts, services climatiques, partage d'expérience et formation. L'élaboration de ces outils doit cependant permettre une grande liberté dans le choix des solutions que les villes expérimentent. Aucune stratégie d'adaptation n'a encore fait ses preuves, que ce soit dans sa forme ou dans les actions qu'elle propose, et il est risqué de limiter les possibles par des

cadres trop contraignants. Un équilibre doit donc être trouvé entre le souci d'aider les villes, en leur fournissant des outils, et le besoin de favoriser l'expérimentation, en faisant en sorte que ces outils ne conditionnent pas de façon excessive les choix des villes en matière d'adaptation.

Perspectives - La recherche urbaine liée aux enjeux climatiques

En réponse à ces besoins d'outils et d'expérimentations, la recherche urbaine, à travers le concept de ville durable - respectant des équilibres dans les trois domaines économiques, sociaux et environnementaux - a exploré depuis ces dernières années de nombreux champs dans des disciplines variées, qu'il s'agisse de recherches sur les technologies, de recherches en sciences humaines ou du vivant, ou de recherches sur la gestion des systèmes complexes.

Toutefois, la prise en compte des effets du changement climatique dans les villes et la nécessité, pour la mise en œuvre de politiques adaptées, de lancer des études et recherches pluridisciplinaires dans ce domaine, ne relèvent que d'une prise de conscience récente, mais qui, sous l'effet d'une forte demande des acteurs publics et privés, est amenée à croître dans l'avenir.

La plupart des travaux des équipes de recherche actuellement engagés dans ce domaine sont financés dans le cadre de grands programmes de recherche, dont la finalité est de donner aux villes les outils d'analyse de leur vulnérabilité face au changement climatique et les moyens d'une urbanisation adaptée.

Ces programmes de recherche se répartissent entre :

- trois programmes de recherche transversaux : les programmes « changements environnementaux planétaires », « vulnérabilité, milieux, climat et société », « villes durables » de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR) et le Programme Interdisciplinaire Ville et Environnement (PIRVE) porté par le CNRS et le MEEDDM.
- cinq programmes sectoriels, avec des composantes spécifiques villes et climat : le programme de recherche « gestion et impacts du changement climatique » (GICC) porté par le MEEDDM, le programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie et le bâtiment (PREBAT) porté par le Plan Urbanisme, Construction et Architecture (PUCA), le Programme de recherche et d'Innovation dans les transports terrestres (PREDIT) comprenant le programme PRIMEQUAL pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale et le programme Plante et Cité.
- des appels à projets ciblés, de prospective, de modélisation et d'analyse du climat.
- le programme URBAN-NET dans le cadre du 7ème Programme cadre pour la recherche et le développement technologique (PCRD).

Le dynamisme récent de la recherche française dans le domaine de la ville durable sous l'angle de l'adaptation aux effets du changement climatique se trouve aujourd'hui confronté à une grande attente des acteurs publics et privés. En effet, ceux-ci doivent dès maintenant engager des actions concrètes et sollicitent de la recherche une couverture du champ des besoins ainsi que des résultats concrets, à la fois en termes de données, de méthodologies et d'outils opérationnels.

En conclusion

Ce rapport avait pour objet de présenter des éléments d'analyse et de synthèse des risques et des enjeux auxquels seront confrontées les villes en raison du changement climatique : îlot de chaleur, risque d'inondations, phénomène de retrait-gonflement d'argile et ses conséquences sur les logements et les infrastructures, etc. Il souligne la nécessité d'agir pour minimiser les impacts. L'état des lieux des stratégies d'adaptation des villes françaises, éclairé par des exemples dans des villes étrangères, montre que même si certaines villes s'engagent dans une stratégie d'adaptation, cette dernière demeure incomplète et doit être mieux structurée. A cette fin, il convient que soient levées un certain nombre de barrières tant techniques, scientifiques que financières. Les programmes de recherche engagés doivent pouvoir apporter les éclairages et les outils nécessaires à la définition de ces politiques publiques.

Les lois issues du Grenelle environnement, qui prévoient un plan national d'adaptation pour 2011 et les Schémas régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie et les Plans Climat-Energie Territoriaux pour les collectivités de plus de 50 000 habitants, offrent un cadre permettant d'accélérer la mise en place de l'adaptation au niveau des villes et des agglomérations.

Présentation

Le groupe de travail 2 du Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) a traité des incidences futures des changements climatiques sur les secteurs et les régions, et sur le potentiel d'adaptation et les réponses données aux impacts par l'adaptation. Même s'il souligne l'augmentation probable des risques liés aux fortes températures, à la pollution de l'air ou à la remontée du niveau de la mer, son rapport apporte cependant peu d'éléments concernant les zones urbaines pourtant très vulnérables du fait du grand nombre de personnes qui y vivent et de la concentration des établissements et des infrastructures.

Depuis sa création, en 2001, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique a oeuvré pour la diffusion des connaissances sur l'évolution du climat et les effets attendus sur les systèmes naturels ou humains. Son action a également consisté, conformément à sa mission, à faire avancer la réflexion sur l'adaptation de la France à ces impacts avec en particulier le pilotage du groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France » dont les résultats ont fait l'objet du rapport 2009 au Premier ministre et au parlement. En 2010, l'ONERC a organisé la concertation préparatoire à l'élaboration du plan national d'adaptation de la France, annoncé par la loi 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

La stratégie nationale d'adaptation, issue des travaux de l'ONERC, et adoptée le 13 novembre 2006 par le comité interministériel au développement durable a mis en avant la nécessité de travailler selon des approches transversales, sectorielles, et par milieux, dont celui de la ville. Le Conseil d'Orientation de l'ONERC a souhaité que le rapport 2010 se saisisse de la question des villes françaises face à cet enjeu majeur du siècle.

Ce rapport, s'organise autour de trois chapitres :

Le premier chapitre, réalisé par le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement, a pour objectif de poser le cadre général de la problématique: il présente les différents impacts du changement climatique (positifs ou négatifs) susceptibles d'agir sur les villes, et les principaux facteurs qui rendent les villes vulnérables à ces impacts. Il propose ensuite quelques pistes d'adaptation susceptibles de réduire la vulnérabilité urbaine et répond à des questions concrètes compte-tenu des spécificités de la ville.

Le second chapitre, contribution de l'Institut du développement durable et des relations internationales, porte sur les stratégies d'adaptation, à partir d'une analyse portant sur la mise en œuvre d'actions d'adaptation par plusieurs villes françaises et étrangères. Cette analyse croisée met en évidence les leviers et les freins à l'adaptation ; elle propose d'identifier d'autres politiques et mesures non labellisées « adaptation » participant à l'effort d'adaptation ou susceptibles de s'y intégrer. Enfin, quelques orientations pour la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation dans les villes sont proposées.

En perspective, et parce que mettre en œuvre une politique d'adaptation nécessite parallèlement un effort important en matière de recherche et d'outils, il est présenté un panorama de la recherche française dans ce domaine.

Il montre, d'une part, la dynamique multidisciplinaire très récente de la recherche sur la thématique de la ville durable, et d'autre part, l'engagement de projets financés majoritairement dans le cadre de grands programmes et sur des thématiques très variées, permettant aux villes, grâce aux moyens d'analyse et aux solutions opérationnelles proposées, de réduire leur vulnérabilité et de s'adapter aux effets du changement climatique.

Six annexes complètent ce rapport :

- Annexe 1 : Les programmes de recherche.
- Annexe 2 : Les associations de villes à l'échelle internationale.
- Annexe 3 : Enquête auprès des villes
- Annexe 4 : La concertation préparatoire au plan national d'adaptation au changement climatique.
- Annexe 5 : Les activités de l'Observatoire en 2009 et 2010.
- Annexe 6 : La bibliographie.
- Annexe 7 : Les sigles et acronymes.
- Annexe 8 : Personnes ayant contribué à ce rapport

Chapitre 1 : Les villes aujourd'hui, quelle vulnérabilité au changement climatique ?

Auteurs principaux : Vincent Viguié (CIRED) et Stéphane Hallegatte (CIRED/Météo-France)

Contributeurs : Benjamin Garnaud (IDDRI), Elisabetta Genovese (CIRED), Benoit Lefevre (IDDRI), Alexandre Magnan (IDDRI), Valéry Masson (Météo-France), Grégoire Pigeon (Météo-France), Valentin Przyluski (CIRED).

Introduction

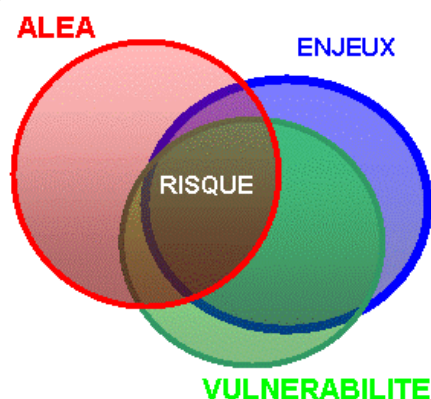
Ce premier chapitre a pour objectif de poser le cadre général de la problématique: il présente les différents impacts (positifs ou négatifs) que le changement climatique est susceptible d'avoir sur les villes, et les principaux facteurs qui rendent les villes vulnérables à ces impacts.

Il faut ici bien différencier les concepts d'impacts, ou d'aléas, provoqués par le changement climatique, des concepts de risque et de vulnérabilité.

Le changement climatique est susceptible de provoquer des aléas, c'est-à-dire des événements pouvant affecter négativement la société. Ces aléas ont une certaine probabilité de se produire, variable suivant l'aléa considéré. L'enjeu (ou exposition) comprend l'ensemble de la population et du patrimoine susceptibles d'être affectés par un aléa. Il s'agit par exemple de la population, des bâtiments et infrastructures situés en zone inondable.

Confrontée à chacun de ces aléas, une ville donnée peut être plus ou moins affectée négativement, suivant son urbanisme, son histoire, son activité économique et sa capacité d'adaptation. La vulnérabilité désigne le degré par lequel une ville peut être affectée négativement par cet aléa (elle dépend de l'existence ou non de systèmes de protection, de la facilité avec laquelle une zone touchée va pouvoir se reconstruire etc.).

Le risque, enfin, est la résultante de ces trois composantes : c'est l'aléa, combiné avec l'enjeu dans la ville et sa vulnérabilité face à l'aléa (pour plus de détail sur ces définitions et leurs implications, voir par exemple Füssel 2007)



Réduire le risque passe par une action sur ses trois composantes : l'aléa (et sa probabilité), l'enjeu, et la vulnérabilité. Réduire l'aléa et sa probabilité revient à réduire le changement climatique, c'est à dire à promouvoir un développement qui émette moins de gaz à effet de serre. A cause de la forte inertie du climat et des tendances actuelles d'émissions de gaz à effet de serre, il est a priori certain que le climat sera modifié de manière importante au cours du 21^{ème} siècle, et qu'il faudra donc agir aussi sur l'enjeu et la vulnérabilité pour diminuer les risques. Agir sur ces deux facteurs est ce que l'on nomme en général l'« adaptation » au changement climatique.

Il devient aujourd'hui de plus en plus évident que l'échelle locale est incontournable dans la mise en œuvre de la plupart des politiques climatiques. C'est le cas des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre, auxquelles les autorités locales peuvent contribuer de manière très efficace (et complémentaire des politiques nationales et internationales) en agissant sur la forme urbaine, les infrastructures de transport, les bâtiments, etc. C'est également le cas des politiques d'adaptation au changement climatique : les impacts de celui-ci sont en effet surtout ressentis au niveau local, et dépendent pour beaucoup des caractéristiques particulières du lieu (la topographie, la structure économique, la capacité d'adaptation des ménages...). Les politiques d'adaptation les plus adéquates diffèrent ainsi beaucoup d'un lieu à l'autre et doivent généralement être conçues de manière spécifique.

L'échelle des villes convient bien :

- d'une part parce que cette échelle n'est pas trop petite : les villes sont des acteurs puissants qui ont les moyens d'action pour mettre en œuvre des politiques ambitieuses ;
- d'autre part parce que cette échelle n'est pas trop grande : les villes sont des systèmes très intégrés, dans lesquels les différents réseaux (d'eau, d'électricité, de transport), le tissu économique et les séparations sociales, sont imbriqués et fonctionnent ensemble.

Les villes sont des systèmes en constante évolution, évolution provoquée et encadrée par de nombreux facteurs sur lesquels il n'est pas toujours possible d'agir : changements démographiques, culturels, économiques, évolution des technologies etc. Ces évolutions affectent la vulnérabilité des villes : certaines en la diminuant et d'autres en l'augmentant. Toute politique publique agit en influant sur ces tendances, et une compréhension de ces dernières est donc nécessaire à la bonne définition de politiques de réduction de la vulnérabilité.

La première partie de ce premier chapitre rappelle ainsi brièvement les grandes évolutions affectant les villes, dans le monde et plus particulièrement en France. Elle présente également quelques faits essentiels sur notre connaissance actuelle du changement climatique.

La deuxième partie détaille les différentes menaces que le changement climatique fait planer sur les villes, ainsi que les facteurs de vulnérabilité vis-à-vis de chacune d'entre elles.

La troisième et dernière partie présente enfin les tendances actuelles d'évolution de la vulnérabilité des villes, et les facteurs qui en sont la cause, et propose des pistes pour réduire cette vulnérabilité. Ce chapitre aborde donc la question de l'adaptation d'une manière technique (quelles mesures peut-on prendre ?), alors que le chapitre suivant s'intéressera à l'adaptation d'un point de vue institutionnel et décisionnel.

Le cadre général : évolution des villes et évolution du climat

L'urbanisation

Perspective mondiale

La dynamique des villes françaises se produit dans le cadre de changements majeurs affectant l'ensemble des villes du monde. Afin de mettre en perspective la situation française, commençons par une brève analyse de ce que l'on observe à l'échelle mondiale. Le premier constat que l'on peut dresser est l'augmentation massive de la proportion de citadins. Alors que la population urbaine n'avait représenté qu'une faible part de la population mondiale jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, une brutale augmentation du taux d'urbanisation se produisit avec la révolution industrielle, d'abord en Europe, puis dans le reste du monde. Si la transition est à peu près effectuée dans les pays développés, elle se poursuit à grande vitesse dans les pays en développement. Le seuil de 50% de la population mondiale vivant en ville vient d'être franchi, et ce taux ne cesse d'augmenter (sauf mention contraire, tous les chiffres de population qui suivent proviennent de Nations Unies, 2008). Il y a ainsi aujourd'hui 3,3 milliards de citadins sur une population totale de 6,7 milliards d'hommes. Les quatre cinquièmes des nord-américains, ou encore 90% des belges, des islandais ou des israéliens vivent en ville (pour une discussion plus approfondie, voir par exemple Huriot et Bourdeau-Lepage, 2009). La proportion de citadins est plus faible dans les pays les moins développés, mais se situe néanmoins vers 44%, et est en croissance constante : il est estimé que 50% de leur population sera urbaine en 2020.

Conjuguée avec la croissance globale de la population mondiale, cette évolution du taux d'urbanisation conduit à une véritable explosion du nombre de citoyens dans le monde. Tous les jours, ce sont ainsi 190 000 citoyens de plus qui se répartissent sur la planète. C'est l'équivalent de l'agglomération lyonnaise qui s'ajoute chaque semaine. La vitesse de cette croissance urbaine n'a pas d'équivalent dans l'histoire : il a fallu 130 ans pour que Londres passe d'un million à 8 millions d'habitants, mais il n'a fallu que 45 ans à Bangkok, 37 ans à Dhaka, et 25 ans à Séoul pour subir la même augmentation de population (UN-HABITAT 2004).

D'ici 2030, presque toute la croissance démographique mondiale se produira dans les villes des pays du Sud, avec leur population citadine passant de 2 à 4 milliards de personnes sur une population totale passant de 5 à 7 milliards d'individus. Loger 2 milliards d'habitants signifie concrètement construire l'équivalent de sept nouvelles villes de 10 millions d'habitants chaque année, c'est-à-dire sept fois Shanghai ou Jakarta, ou dix fois Londres.

Ce qui caractérise les villes, c'est la concentration de population et de biens sur un espace réduit : lorsqu'une ville fonctionne correctement, elle attire des entreprises qui cherchent à tirer profit de ce que l'on appelle les économies d'agglomération. Ce terme économique désigne les accroissements de la productivité provoqués par la proximité géographique. Il peut par exemple s'agir de la proximité d'entreprises du même secteur, de manière à pouvoir avoir accès à des produits spécialisés ou à des experts que l'on ne pourrait trouver sans cette concentration (par exemple, concentration des banques dans les pôles financiers), ou bien de la proximité d'entreprises de secteurs différents, de manière à ce que la diversité des compétences et des expériences favorise l'innovation. Les recherches empiriques confirment que les économies d'agglomération sont substantielles : il a été mesuré des augmentations de productivité moyenne comprises entre 4% et 20% pour chaque doublement de la population. Ces effets sont particulièrement prononcés dans certaines industries, et notamment certains services (Rosenthal et Strange 2004). Les économies d'agglomération sont une explication importante de l'existence des villes (Duranton et Puga 2004).

Encadré 1 : Urbanisation et économies d'agglomération (Lall et Deichmann 2010)

La répartition de cette croissance entre les villes n'est pas du tout homogène. S'il est prévu (Nations Unies 2008) que le nombre de mégapoles (agglomérations de plus de 10 millions d'habitants, comme l'agglomération parisienne par exemple) passera de 19 à 27 d'ici 2025, les deux tiers d'entre elles ne connaîtront qu'une croissance modérée de la population (moins de 2% par an). Elles représentent à l'heure actuelle 9% de la population urbaine, et en représenteront en 2025 à peu près 10%. En revanche, presque la moitié des nouveaux citoyens sera accueillie d'ici 2025 par les villes de moins de 500 000 habitants, villes qui représentent déjà à l'heure actuelle plus de 50% de la population urbaine mondiale.

Un autre grand constat que l'on peut dresser, est que la croissance actuelle des villes est de plus en plus consommatrice de terres (Angel et al. 2005) : la densité urbaine moyenne (le nombre d'habitants par kilomètre carré d'espace bâti) diminue depuis deux siècles, avec la poursuite des progrès dans les transports. Ainsi, dans la décennie écoulée, la densité moyenne des villes des pays en développement a diminué de 1.7% par an, et celle des villes des pays développés de 2,2% par an (pour plus de détails, voir les notes du chapitre 4 de UNFPA 2007). Si les tendances actuelles se maintiennent au cours des 20 années à venir, l'espace bâti (zones vertes exclues donc) des villes de 100 000 habitants et plus, qui couvrait en 2005 un territoire de la taille du Maroc, va presque tripler. L'espace bâti des villes des pays en développement de 100 000 habitants sera multiplié par 3 pour atteindre 600 000 km² (ce qui correspond à peu près à la surface actuelle de la France) tandis que les zones bâties des villes des pays développés seront multipliées par 2,5, ce qui portera celles-ci à 500 000 km² (surface de l'Espagne).

La croissance de la population urbaine s'accompagne d'une croissance de la population résidant en zone soumise au risque de catastrophe naturelle. En effet, historiquement (Lall et Deichmann, 2010), de nombreuses villes ont été créées à des emplacements facilement accessibles ou bénéficiant de ressources naturelles : bord d'une voie d'eau, bord de mer, région au sol volcanique fertile etc. Ces emplacements géographiques sont souvent associés à une probabilité forte de catastrophe naturelle : inondations, cyclones, éruptions volcaniques... De manière similaire, les zones côtières de faible élévation, exposées aux cyclones et aux inondations côtières, couvrent 2% de la surface

terrestres mondiale, mais hébergent 10% de la population mondiale, (dont notamment 13% des citadins mondiaux) (McGranahan et al. 2007).

Perspective française

En France, la population urbaine a beaucoup crû dans les années 1960, et continue actuellement de croître, mais à un rythme plus réduit. La densité des villes a subi une évolution parallèle, diminuant beaucoup dans ces mêmes années 1960, et de la même manière continue à diminuer aujourd'hui, mais à une vitesse moins soutenue.

De manière plus précise, la population urbaine française a plus que doublé entre les recensements de 1936 et de 2006, passant de 22 millions à près de 47 millions de citadins (Sauf mention contraire, tous les chiffres qui suivent proviennent de Fanouillet et Madinier 1996, Baccaïni et Sémécurbe 2009, Bessy-Pietri 2000). Cette croissance s'est effectuée en plusieurs étapes : entre 1936 et 1954 il y eut tout d'abord une phase relativement lente, conséquence directe de la deuxième guerre mondiale. Une seconde phase intervint entre 1954 et 1968 avec une augmentation massive du nombre de citadins, causée essentiellement par l'exode rural, le baby-boom, et l'immigration. Par la suite, et jusqu'à aujourd'hui, le rythme de croissance a fortement diminué pour se stabiliser à un taux proche de 4.5% depuis 1968. On assiste donc à l'heure actuelle à une croissance du nombre de citadins, mais celle-ci s'effectue à une allure modérée. Au final, tandis qu'une personne sur deux résidait en ville en 1936, plus de trois sur quatre y vivent actuellement.

Cette croissance de la population urbaine, qui va a priori se poursuivre à court terme, doit néanmoins être nuancée lorsque l'on s'intéresse à des horizons plus lointains. En effet, il est possible que la population française se mette à décroître aux environs de 2050 du fait de la baisse de la natalité et du vieillissement de la population, entraînant mécaniquement une baisse de la population urbaine à plus ou moins brève échéance. Cette possible baisse de la population est dépendante de nombreux facteurs, au premier lieu desquels les futures politiques migratoires.

A l'heure actuelle, le nombre de citadins étant en croissance, la demande en logements l'est aussi. Mais celle-ci croît plus vite que le nombre de citadins : depuis plusieurs décennies, on assiste en effet à une réduction du nombre de personnes par ménages (Jacquot 2006). Si, entre 1968 et 1982, ce sont les villes-centres qui sont les plus concernées, les couronnes périurbaines l'étant moins car attirant plutôt des familles, depuis le début des années 1990, la réduction de la taille des ménages touche tout autant ces dernières. Avec retard sur les villes-centres, les espaces périurbains commencent à vieillir.

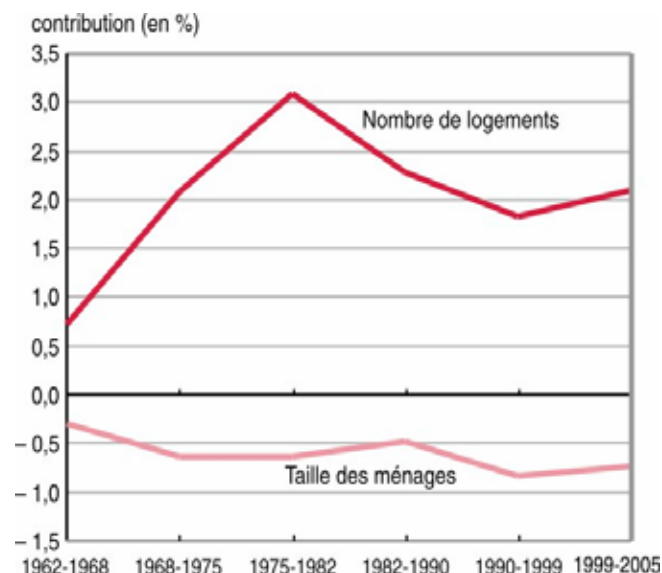


Figure 1: la croissance démographique d'une zone peut résulter de deux phénomènes distincts : l'augmentation de la taille des ménages dans les logements existants et/ou l'augmentation du nombre des logements. Le graphique montre l'évolution de ces deux composantes dans les couronnes périurbaines depuis le début des années 60. Source : Baccaïni et Sémécurbe 2009

Poussée par la diminution de la taille des ménages, mais aussi par de nombreux autres facteurs (abaissement du prix des déplacements en véhicules individuels, changements culturels, etc.), la densité des villes a décru. La surface de territoire urbain par habitant, qui était relativement constante de 1936 à 1962, s'est mise à croître à partir de 1962. Ajoutée à l'augmentation de la population urbaine, cette diminution de la densité a provoqué une forte expansion de la surface urbaine totale en France depuis les années 1960. Entre 1962 et 1968, ce sont ainsi 1502 communes rurales, soit 20000 km², qui deviennent urbaines en 6 ans. La limite extérieure de la zone périurbaine des agglomérations a ainsi augmenté très fortement jusqu'au début des années 1970. Depuis, celle-ci avance nettement moins vite : on observe maintenant un peuplement qui tend à remplir la couronne périurbaine.

La construction de maisons individuelles est le moteur de l'artificialisation des espaces périurbains. Tous types d'espaces confondus, la construction de maisons individuelles a progressé beaucoup plus rapidement que la construction d'immeubles collectifs au cours de la dernière décennie : + 23 % entre 1992 et 2003 contre + 13 % pour les immeubles collectifs.

La répartition des habitants au sein des villes a également évolué : pour diverses raisons (prix élevés du marché immobilier, type d'habitat plus vieux en centre ville, création d'ensembles locatifs excentrés, désir d'accession à la propriété ...) il s'est produit une accélération du développement des banlieues et des couronnes périurbaines. Ainsi, près des deux tiers des communes de plus de 50 000 habitants ont perdu des habitants entre 1975 et 1990 au profit de la périphérie, dont les huit plus importantes : Paris, Marseille, Lyon, Toulouse, Nice, Strasbourg et Bordeaux. Depuis 1975, ce sont les communes rurales périurbaines, celles qui sont à proximité de grandes agglomérations, qui se développent le plus vite. Cette péri-urbanisation, qui avait commencé à s'essouffler, reprend depuis dix ans avec des rythmes variables d'une région à l'autre.

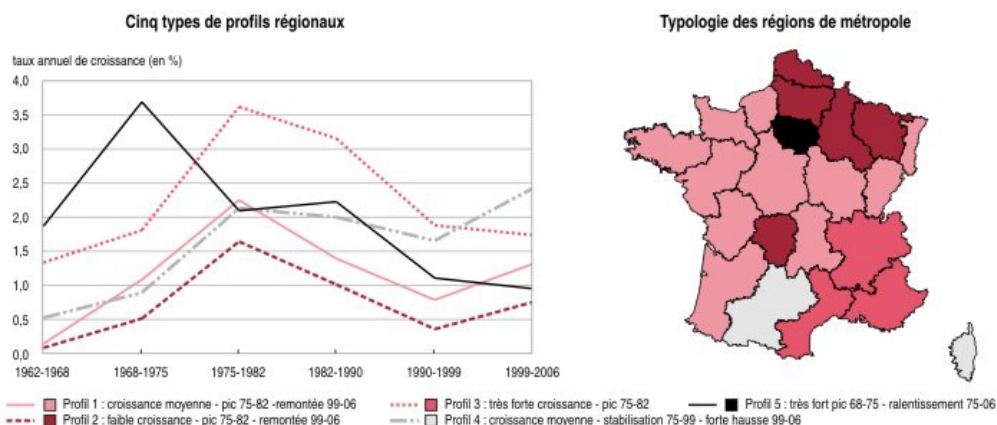


Figure 2: Différents profils d'évolution du taux de croissance des couronnes périurbaines suivant les régions. Trois régions appartiennent au profil 3 (Rhône-Alpes, Paca et Languedoc-Roussillon). Dans ces régions, la croissance démographique des couronnes périurbaines est relativement forte ; elle a atteint son maximum entre 1975 et 1982. Source : Baccaïni et Sémécurbe 2009

Au final, l'extension urbaine observée en France n'est pas sans entraîner un certain nombre de problèmes, notamment environnementaux, d'autant que l'artificialisation des terres est en général irréversible, les surfaces prises ne revenant que rarement à des usages plus naturels. On peut citer les effets de coupure et la fragmentation des espaces naturels (entravant ainsi les déplacements de certaines espèces animales), causées par les habitations et par les infrastructures de transport engendrées par l'étalement de l'habitat.

Aussi, ces tendances conduisent à l'augmentation du risque d'inondation dans le bassin versant des zones urbanisées (Trocherie et al. 2004) : les zones urbanisées, qui sont souvent imperméables et empêchent l'infiltration de la pluie dans le sol, entraînent un ruissellement qui peut jouer un rôle important dans la formation des crues. Parallèlement à cela, de plus en plus de ménages habitent

dans des zones inondables, auparavant inhabitées car en dehors de l'agglomération. Les tendances de l'urbanisation actuelle conduisent donc aujourd'hui à une augmentation des risques naturels.

Plusieurs schémas de développement urbain

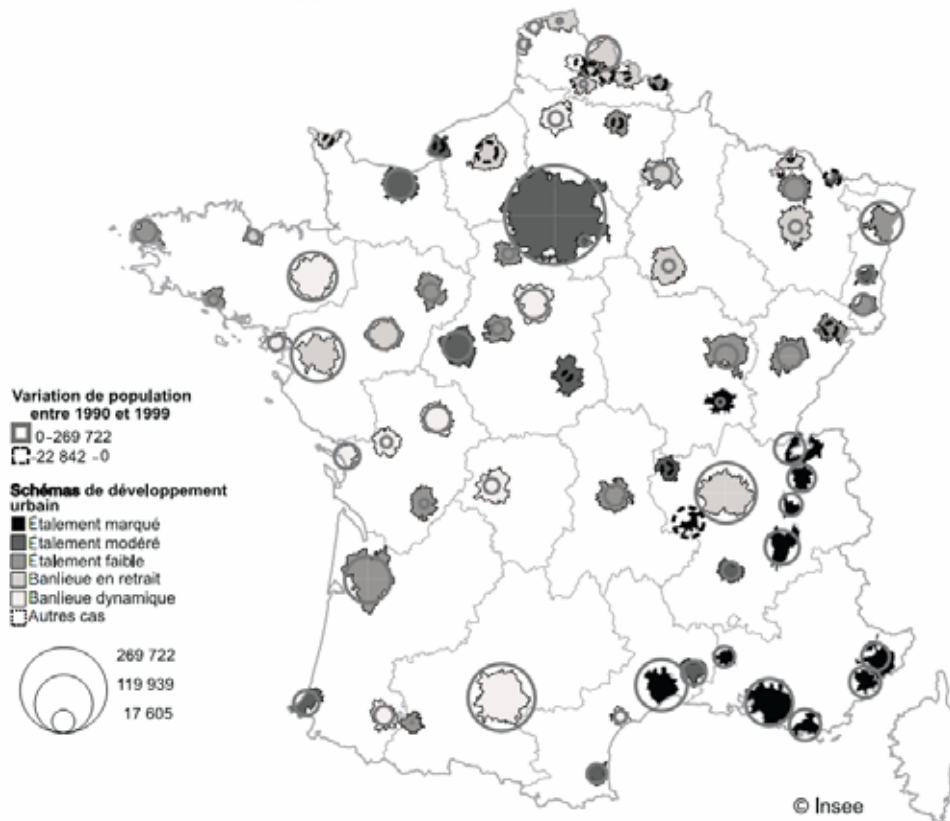


Figure 3: les 73 aires urbaines de plus de 100 000 habitants en 1999 formées d'une ville centre, d'une banlieue, et d'une couronne. Les aires urbaines n'ayant pas de banlieue ont été retirées de l'analyse (c'est le cas de l'aire urbaine de Vannes). Source : Bessy-Pietri 2000, à partir du recensement de 1999

« Dans la continuité des tendances observées depuis 1990, [...] les espaces artificialisés ont progressé de 82 000 hectares (ha), soit une augmentation relative de 3 %. Ce phénomène s'est fait au détriment des terres agricoles pour 76 000 ha et des milieux semi-naturels pour 10 000 ha. L'extension du tissu urbain et du réseau des infrastructures explique ce constat qui se double de celui d'une fragmentation croissante des milieux semi-naturels. L'influence de l'accroissement des réseaux routier et ferroviaire de large emprise est notable de ce point de vue avec une augmentation de 1 300 ha/an sur la période 2000-2006. Rapporté à sa surface, ce type d'occupation des sols présente la plus forte progression relative sur la période (+19 %).

Facteur important de l'artificialisation, le processus continu et cumulatif d'étalement urbain paraît assez mal maîtrisé. L'exploitation de la base de données Sitadel des permis de construire renvoie l'image de couronnes d'urbanisation grandissantes. Sur les 71 principales aires urbaines métropolitaines, la distance moyenne des constructions neuves au centre de l'aire se monte à 13 km sur la période 2000-2008 après s'être stabilisée autour de 11 km durant la période 1980-1990. Par le développement des logements collectifs et individuels, la dynamique actuelle d'étalement urbain rejoint celle observée à la fin des années 1980. Si toutes les aires urbaines ne présentent pas le

même rythme d'extension, il convient toutefois de souligner le caractère cumulatif dans le temps du phénomène et surtout son effet quasi irréversible sur l'espace.

Certains espaces ont une sensibilité particulière à la dynamique d'artificialisation du fait de leur richesse écologique et paysagère, des fortes densités de population déjà constatées ou bien des risques pesant sur les populations présentes. À ce titre, le littoral est soumis à forte pression. Particulièrement riche sur le plan naturel, il présente actuellement une densité de population environ 2,5 fois plus importante que la densité métropolitaine. L'écart se creuse avec un nombre de m² construit par habitant trois fois supérieur à la moyenne nationale en 2006.

L'artificialisation dans les zones inondables est également une source de préoccupation : de 1999 à 2006, l'augmentation du nombre de logements y atteint 8 %, soit le même taux que celui enregistré en dehors de ces zones à risques. Que ce soit pour le littoral ou les zones inondables, la situation apparaît évidemment contrastée selon les territoires mais retient d'autant plus l'attention que ces espaces sont susceptibles d'être particulièrement impactés par les effets du changement climatique global. Depuis une cinquantaine d'années, on peut ainsi noter la hausse tendancielle des dégâts causés par les inondations du fait de l'importance grandissante des enjeux exposés. »

Encadré 2 : L'artificialisation des sols (SOES 2010)

Scénarios d'urbanisation pour les prochaines décennies

Il existe peu de scénarios de l'évolution future des villes en France. En dépit de l'inertie des systèmes urbains qui fige largement la structure des villes pour les décennies prochaines, les travaux existants, tels que les exercices de prospective du MEEDDM, insistent sur quelques facteurs de différenciations et identifient quelques évolutions possibles.

D'abord, l'équilibre entre les grandes villes et les plus petites évolue en faveur des premières, et les petites agglomérations souffrent de pertes d'activité. On peut donc imaginer pour les prochaines décennies une France où les grandes villes gagnent en population et en activité économique, au détriment des petites villes. On assiste également à une mise en réseau régionale des villes.

S'ils se poursuivent, ces phénomènes sont de nature à amplifier la péri-urbanisation, la différenciation sociale et économique entre quartiers et, comme expliqué plus loin, la vulnérabilité au changement climatique.

Ensuite, au sein des agglomérations, il existe une tendance au polycentrisme, avec l'apparition de pôles d'emplois secondaires et l'intégration de villes périphériques dans les grandes agglomérations. La persistance de cette tendance et ses conséquences sur la structure urbaine restent toutefois à confirmer, et dépendront notamment de l'évolution des réseaux de transport.

Autre facteur de différenciation entre scénarios possibles, le développement actuel du périurbain pourrait tout aussi bien se poursuivre, sur la base d'un recours croissant aux véhicules individuels, ou se transformer en une re-densification des zones périurbaines, les distances parcourues finissant par saturer. Cette question est largement liée à celle du choix des modes de transport futurs, et notamment du choix entre un recours accru aux transports en commun – facteurs de densification – ou au contraire un développement des véhicules électriques. Ces véhicules permettraient en effet de combiner la péri-urbanisation avec une réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec comme conséquence une forte consommation d'électricité qu'il faudrait produire par des centrales nucléaires ou des centrales thermiques avec capture et séquestration du CO₂.

Enfin, ces questions dépendent largement de l'évolution des modes de vie (p.ex., le télétravail, l'individualisation du travail), des évolutions économiques (p.ex., le développement de l'e-commerce et des e-services), et des interactions avec les zones rurales (agricoles et naturelles).

L'évolution prévisible du climat au cours de ce siècle

L'évolution des villes va se produire avec un climat lui-même en évolution rapide. Les changements climatiques que l'on peut attendre au cours de ce siècle et au-delà ont été largement présentés dans les rapports précédents de l'ONERC, et ces aspects ne seront pas présentés ici en détail.

Une approche de l'évolution du climat des villes peut être faite à partir des projections climatiques internationales et nationales. Il n'est pas possible de prédire les émissions futures, et les projections

climatiques se basent donc sur des scénarios, c'est-à-dire des évolutions possibles des émissions mondiales à l'horizon de 2100. Dans les années 90, le GIEC a ainsi construit les scénarios d'émissions « SRES », dont par exemple le scénario A2 qui suppose une augmentation rapide de la population et de l'économie mondiales, l'absence de politique climatique, et une croissance forte des émissions de gaz à effet de serre. En se basant sur les résultats de deux modèles climatiques et de ce scénario d'émissions, Hallegatte et al. (2007) ont recherché les analogues climatiques de quelques grandes villes européennes pour la fin du XXI^{ème} siècle sur la base des températures et des précipitations. Avec cette méthodologie, et pour les scénarios présentés sur les Figures 4 et 5 (le modèle anglais et le modèle de Météo-France, respectivement), on constate qu'en 2100, Paris connaîtrait un climat comparable à celui de Cordoue actuellement, ou à celui de Bordeaux. Le climat de Marseille deviendrait proche de celui de Cordoue également, ou d'un climat grec. Cette approche nous permet d'imaginer plus aisément l'adaptation que doit envisager Paris pour faire face au climat qui l'attend. Cependant, cette approche a aussi le défaut de sa simplicité, puisque d'ici 2100, la ville connaîtra une évolution certaine, forcée par la démographie ou d'autres facteurs socioéconomiques, qui à son tour aura un rôle sur le microclimat de l'agglomération.

Figure 4 : Analogues climatiques en 2070, modèle du Hadley Centre, scénario SRES A2 (Source: Hallegatte, Ambrosi, Hourcade (2007))

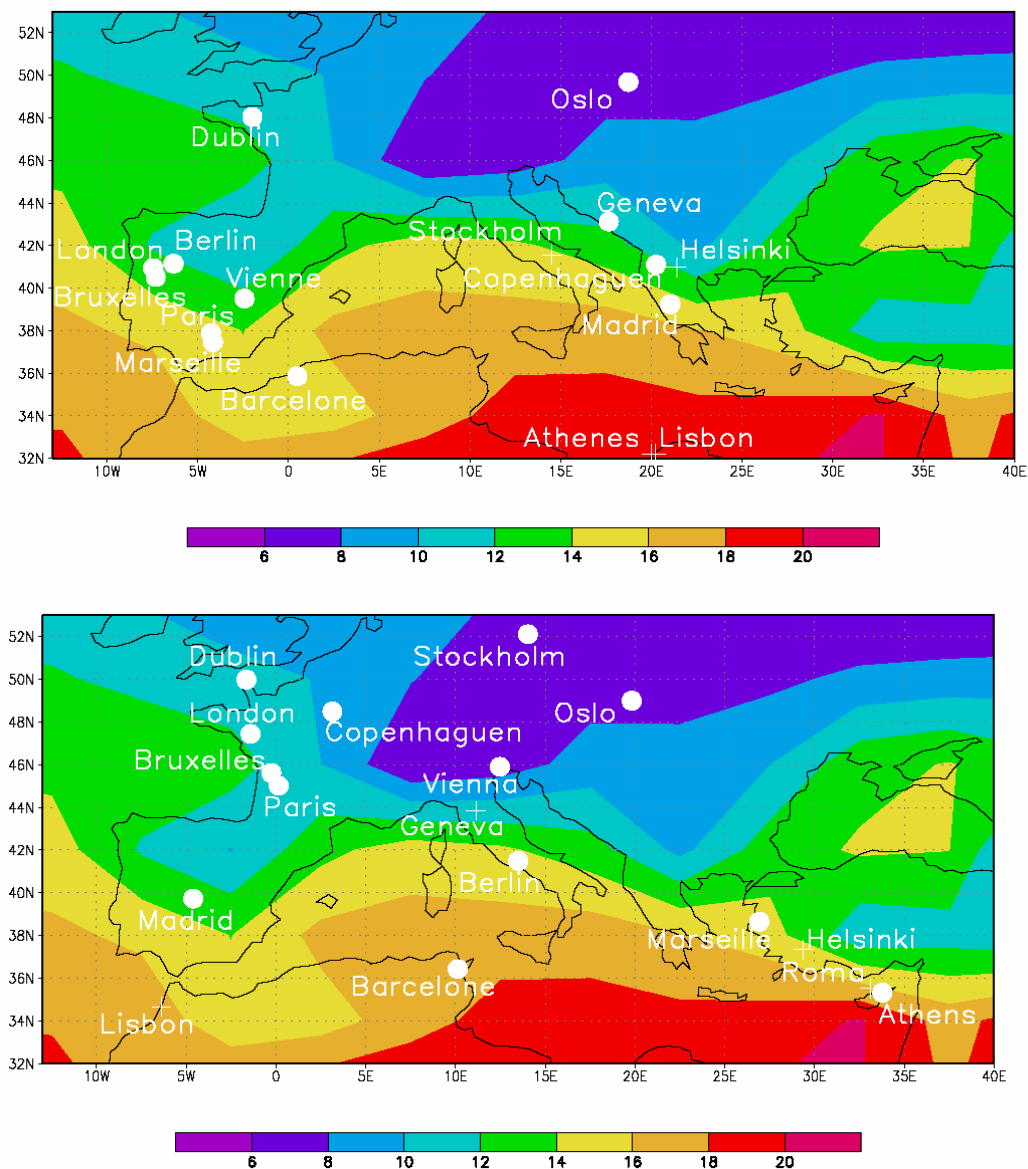


Figure 5 : Analogues climatiques en 2070, modèle de Météo-France, scénario SRES A2 (Source: Hallegatte, Ambrosi, Hourcade (2007))

Les villes et les risques liés au changement climatique

Vont être maintenant exposés brièvement les différents impacts que le changement climatique est susceptible d'avoir sur les milieux urbains. Ces impacts dépendent très fortement du contexte, en particulier de la zone géographique et de la manière dont fonctionnent la ville et la société considérées. Tout en commentant brièvement les différents impacts pouvant toucher les autres villes du monde, sera ici surtout mis l'accent sur les villes françaises.

Peu d'impacts du changement climatique sont spécifiquement urbains, et la plupart seront également ressentis dans les zones rurales. Cependant, certains de ces impacts seront particulièrement importants dans les zones urbaines, comme les canicules à cause de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Certains impacts sont identiques en zones urbaines et rurales, mais appellent des réponses spécifiques dans les villes. Par exemple, la gestion des risques naturels ne peut se conduire de manière identique dans les zones à haute densité de population et dans les zones à faible densité de population. La spécificité la plus marquante des impacts en zone urbaine est leur interdépendance. Parce que les villes sont des systèmes très intégrés et très dépendants des réseaux (eau, électricité, transport, communication), les impacts dans différents secteurs interagissent et doivent être considérés d'une manière holistique, l'approche secteur par secteur étant particulièrement inadaptée aux grandes agglomérations.

La plupart des chiffres et des données proviennent des travaux du GIEC (GIEC 2007), et des rapports « Changement climatique - Coûts des impacts et pistes d'adaptation » (ONERC 2009 i) et « L'évaluation des impacts du changement climatique, du coût des dommages et des mesures d'adaptation en France » (ONERC 2009 ii).

Il faut rappeler que les connaissances sur les futurs impacts du changement climatique sont limitées, et qu'il est tout à fait possible que des impacts non-anticipés apparaissent au cours de ce siècle, ou que les impacts soient moins importants que prévus.

Le microclimat urbain

Les villes sont le lieu d'un microclimat, notamment en raison de l'existence d'un « îlot de chaleur urbain » (ICU). Il désigne l'excès des températures de l'air observées régulièrement, près du sol, dans les zones urbaines en comparaison avec les zones rurales qui les entourent. Selon plusieurs études rassemblées par Oke (1987), les maxima d'intensité de l'ICU peuvent aller de 2°C pour une ville de 1000 habitants jusqu'à 12°C pour une ville de plusieurs millions d'habitants.

Par exemple, pendant la canicule de 2003, les différences de température ont atteint 8°C entre le centre de Paris et certaines zones rurales (Figure 6). En pratique, l'écart de température entre le centre ville et les zones rurales dépend des caractéristiques architecturales de la ville (comme son étendue, la densité et la hauteur des bâtiments) et des caractéristiques de l'espace rural pris comme référence. Les types d'urbanisation décrits précédemment ont donc une influence sur l'ICU.

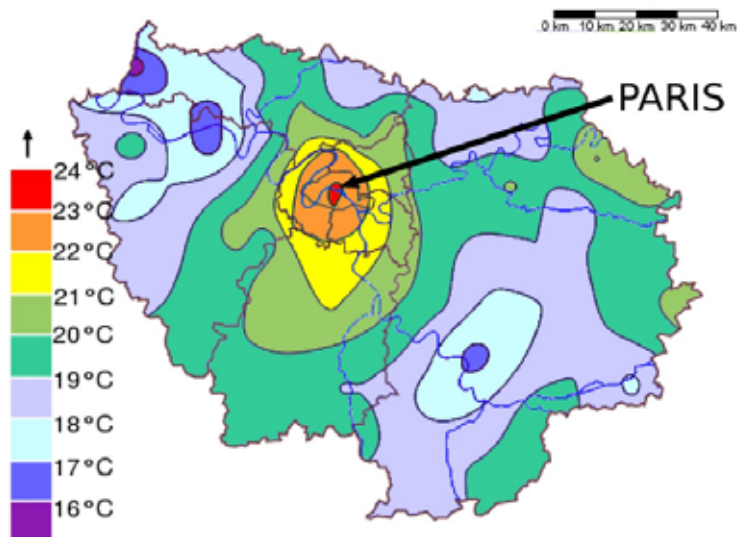


Figure 6 : Température minimale (de nuit) dans Paris et autour de Paris, pendant la canicule de 2003. On constate des différences allant jusqu'à 7°C, créées par l'effet d'îlot de chaleur urbain.
Source : V. Masson, G. Pigeon, A. Lemonsu, C. Marchadier CNRM, Météo-France

L'ICU a une variabilité journalière récurrente, son intensité est en général plus forte la nuit que le jour. Il s'amplifie ou se forme progressivement lors de la période de refroidissement nocturne en réponse à un taux de refroidissement plus faible dans les zones les plus urbanisées par rapport aux zones périphériques. Dans la majorité des cas, le maximum d'ICU semble se situer quelques heures après le coucher du soleil puis l'ICU diminue rapidement après le lever du soleil.

L'intensité de l'ICU diminue avec la vitesse du vent. On constate ainsi que l'ICU disparaît pour des vents supérieurs à 11 m/s. En présence d'un vent modéré (3 à 6 m s⁻¹), le champ de température prend la forme d'un panache étiré selon l'axe du vent.

L'intensité de l'ICU diminue lorsque la nébulosité augmente. Les nuages interviennent en modifiant le refroidissement radiatif nocturne pendant lequel se forme l'ICU. L'influence de la saison a été étudiée sur des villes du climat tempéré mais aussi d'autres types de climats (Mexico, Le Caire par exemple). Il est rapporté dans ces études que les ICU sont plus fréquents en été, et qu'ils sont plus faibles et moins fréquents en période pluvieuse. Cependant, l'intensité maximale des ICU est la même pendant toutes les saisons.

L'îlot de chaleur, mesuré comme la différence entre les températures de surface de l'air dans le cœur de la ville et dans les territoires ruraux alentours, vaut en moyenne 4 °C les nuits d'été à New York. Généralement, les plus grands écarts de température sont obtenus entre minuit et 5h du matin. La carte des températures de surface de l'air dans et autour de la ville à 6h du matin le 14 août 2002 (le matin de ce qui allait être un des jours les plus chauds de cet été là) met en évidence que la ville était plus chaude que les banlieues de plusieurs degrés et que la différence allait jusqu'à 8 °C avec les zones rurales à moins de 100 km de la ville.

La canicule de 2003 (voir Figure 8) a provoqué une surmortalité observée de 14 800 personnes en France entre le 1er et le 20 août, principalement des personnes âgées : au total, 82 % des décès attribuables à la vague de chaleur ont touché des personnes âgées de 75 ans et plus. Cette canicule n'est en soi pas attribuable au changement climatique car elle est possible dans un climat non modifié par l'homme.

Toutefois, la Figure 8(b) montre à quel point elle est exceptionnelle dans un climat non modifié. Le changement climatique l'a rendue plus probable et aura tendance à encore augmenter cette probabilité à l'avenir, jusqu'à devenir un événement récurrent (Figure 8(d)), correspondant à un été moyen à la fin du siècle d'après certains scénarios climatiques, en l'absence de politique mondiale de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

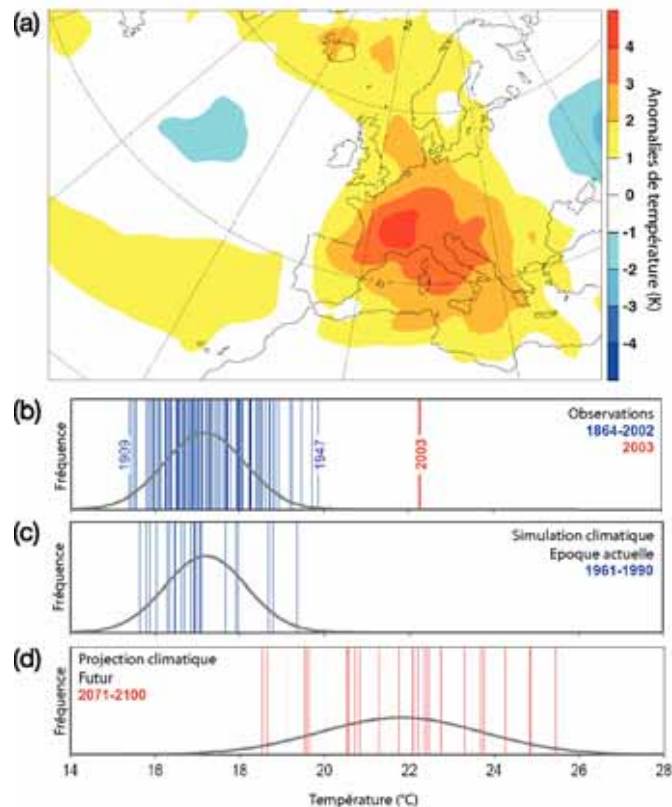


Figure 8: Caractéristiques de la vague de chaleur de l'été 2003 : (a) anomalie de température pour Juin, juillet et août par rapport à 1961-1990 ; (b-d) températures de juin, juillet, août en Suisse ; (b) observées entre 1864 et 2003 (c) simulées à l'aide d'un modèle climatique régional pour la période 1961-1990 ; (d) projetées pour la période 2071-2100 sous le scénario SRES A2. Les barres verticales dans les panneaux (b-d) représentent les températures moyennes de surface en été pour chaque année de la période considérée ; la distribution gaussienne adaptée est indiquée en noir.

Source: GIEC 2007.

Quel que soit le scénario d'émission, les projections des modèles climatiques mettent en évidence une augmentation des températures moyennes estivales et de la variabilité des températures d'une année à l'autre, tout ceci entraînant un risque accru de canicules l'été. Les villes y sont particulièrement vulnérables du fait de l'existence d'îlots de chaleur urbains. Le vieillissement de la population renforce évidemment la vulnérabilité, et augmente les risques sanitaires.

L'impact sur la santé dépend fortement des infrastructures en place, de l'urbanisme, du type d'habitat et des modes de vie. Ainsi, les températures et humidités à Paris pendant la canicule de 2003 étaient très proches de celles observées à Séville lors d'un été moyen, où ces conditions climatiques n'ont pas de conséquences sanitaires aussi graves. Ceci est notamment dû à un cadre bâti plus adapté aux fortes températures à Séville, et aux habitudes de la population (volets pour ne pas laisser rentrer la chaleur en pleine journée, inactivité aux heures de plus haute température,

habitude des personnes vulnérables de s'hydrater correctement et d'éviter les activités à risque, etc.).

L'effet bénéfique des modes d'habitat traditionnels dans la lutte contre les risques associés aux canicules a d'ailleurs été mis en évidence (Shashua-Bar et al. 2009), alors que ce type d'habitat est en général en régression, remplacé par un habitat moderne plus homogène sur l'ensemble de la planète et de la France.

Les politiques de réduction de la vulnérabilité devront donc comprendre une adaptation des constructions et des quartiers nouveaux, et – éventuellement – des bâtiments existants, à ce type d'événement, et la mise en place de plans d'alerte et de prévention.

Adapter l'habitat et l'urbanisme signifie, d'une part, favoriser un meilleur confort thermique dans les bâtiments et les rues (meilleure protection face à la pénétration de la chaleur) et, d'autre part, lutter contre la présence d'un îlot de chaleur urbain (mise en place de revêtements des rues et des toits réfléchissant le rayonnement solaire, végétalisation de la ville (Gill et al. 2007) etc.). Une partie de cette adaptation devra se faire à l'échelle du bâtiment (via le type et la position des surfaces vitrées, par exemple) ; une autre partie se fera à l'échelle de l'agglomération, par des choix d'urbanisme (largeur et orientation des rues, surface des parcs et jardins, etc.). Il faut noter que l'architecture et l'urbanisme étant très encadrés réglementairement, on ne peut attendre une adaptation spontanée des acteurs économiques et des ménages, et des modifications de normes, règlements et pratiques seront nécessaires. Les autorités municipales auront un rôle crucial à jouer dans ce domaine, en coordination avec les autres autorités administratives, nationales et régionales. Dans le monde académique, les questions liées au choix de l'adaptation de la ville au stress thermique sont actuellement un sujet de recherche très actif.

Extension des aires de répartition de maladies

En Europe, certaines études indiquent que le changement climatique peut être à l'origine de l'extension vers le nord de l'aire de répartition de plusieurs maladies, notamment la maladie de Lyme (une maladie bactérienne transmise par les piqûres de tiques) et la Leishmaniose (maladie parasitaire transmise par les moustiques et dont le chien constitue le réservoir principal), cette dernière maladie étant présente à l'heure actuelle dans la région méditerranéenne. De la même manière, du fait des changements de répartition d'espèces végétales, le changement climatique peut avoir un impact sur l'occurrence de certaines allergies causées par les pollens. Cependant, l'ensemble de ces résultats reste encore très incertain. La ré-émergence d'un paludisme endémique en Europe semble en tout état de cause très peu probable (celui-ci sévissait autrefois en Europe à grande échelle, et a été quasiment éradiqué du continent au cours du XX^{ème} siècle grâce aux progrès de la médecine, de la désinsectisation, et de l'assèchement des zones humides).

Il en va en revanche tout autrement ailleurs, et les pays en développement sont particulièrement vulnérables à une augmentation de l'aire d'extension de plusieurs maladies, notamment le paludisme. Cette extension peut impacter indirectement les pays européens en augmentant la probabilité d'importer localement ces maladies. Enfin, il faut également noter que les températures élevées peuvent avoir un impact sur la sécurité alimentaire, le risque de salmonellose étant par exemple sensible à la température.

Ces impacts n'ont pas de composante urbaine proprement dite, mais la concentration de population dans les villes y rend le risque plus important.

Diminution de l'accès aux ressources en eau

Le stress hydrique augmentera probablement en Europe centrale et méridionale, et notamment dans le sud de la France. Au niveau européen, le pourcentage des zones soumises à stress hydrique intense augmentera probablement de 19 à 35% vers les années 2070, et le nombre de personnes en danger de 16 à 44 millions (GIEC 2007)

Pour évaluer l'impact du changement climatique sur l'hydrologie de la Seine et de son bassin, une étude a été réalisée à partir de plusieurs scénarios de changement climatique et de deux modèles hydrologiques. Elle conclut que, selon toute probabilité, l'humidité du sol et les débits d'étiage devraient diminuer en été sous changement climatique. L'évolution des débits de crue est beaucoup moins certaine, les simulations montrant des cas d'augmentation comme de diminution, en lien avec une dispersion importante des changements de précipitation (positifs ou négatifs selon les simulations climatiques).

La qualité de l'eau est actuellement la préoccupation majeure des gestionnaires de l'eau dans le bassin de la Seine, du fait des importantes pressions exercées par les activités humaines. La diminution des débits estivaux est a priori néfaste sur cette qualité (d'un point de vue bio-géochimique, i.e. en ce qui concerne les teneurs en nutriments dont les nitrates, l'eutrophisation et les problèmes d'oxygénation).

De nombreux facteurs clés du système, peuvent modifier l'impact du changement climatique sur l'hydrologie et la qualité de la Seine. L'agriculture, notamment, continuera d'évoluer au cours des 50 prochaines années, en réponse au changement climatique, mais aussi selon sa propre dynamique socio-économique. Les modifications résultantes des cultures et des pratiques agricoles auront probablement des répercussions sur le fonctionnement hydrologique et bio-géochimique de l'hydro-système Seine, en modifiant notamment les bilans d'eau ainsi que le cycle de l'azote dans le sol et son lessivage vers les nappes. La modification des débits affectera certainement aussi la gestion des grands barrages réservoirs de la Seine, c'est à dire le volume et le calendrier des prélèvements et rejets aux cours d'eau qui alimentent ces ouvrages. Enfin, démographie, urbanisation, industrialisation et techniques de traitement de l'eau évolueront à l'horizon du changement climatique simulé, ce qui devrait limiter les rejets ponctuels dans les cours d'eau, et atténuer la dégradation de la qualité causée par la baisse des débits.

Encadré 4 : Influence du changement climatique sur l'hydrologie du bassin de la Seine (Ducharne et al. 2003)

Au-delà du problème quantitatif (diminution de la quantité d'eau accessible), se posera également un problème qualitatif : une baisse des ressources en eau diminue généralement aussi la qualité de l'eau, la dilution des polluants se faisant dans un volume moindre.

Cet impact n'est pas particulièrement urbain, mais sera ressenti dans les villes, et notamment dans les communes du sud de la France, déjà exposées à l'heure actuelle à un certain stress hydrique. Cet impact agira en accentuant la difficulté d'accès à l'eau, rendant son usage moins durable. Les politiques d'adaptation consisteront à diminuer les demandes en eau et les pollutions de la ressource.

Qualité de l'air

Le changement climatique peut provoquer une aggravation des pollutions locales, en particulier dans les villes où certaines concentrations de polluants sont importantes. En effet, certains polluants comme l'ozone sont créés par l'action de la chaleur et de la lumière du soleil sur certains gaz d'échappement. L'accroissement des plages de grand beau temps en été pourrait ainsi être favorable à une augmentation des épisodes de cette pollution, risque qui est à moduler suivant que l'on se place dans un contexte d'augmentation ou de diminution du trafic automobile, et des émissions plus ou moins grandes des véhicules en gaz d'échappement et des émissions de composés organiques volatiles.

Similairement aux impacts sur l'accès à la ressource en eau, le changement climatique agira ici en accentuant la pollution, et cet impact sera surtout ressenti dans les communes présentant déjà à l'heure actuelle une forte pollution à l'ozone. Toutefois, le changement climatique, en amenant une diminution des besoins en chauffage, peut aussi contribuer à réduire certaines émissions. Les principales politiques d'adaptation devront consister à essayer de réduire dès à présent la pollution (baisse du trafic routier, renouvellement du parc des véhicules anciens, création de Zones d'Action Prioritaires pour l'Air (ZAPA), baisse des émissions industrielles) et ses impacts sur les habitants (mise en place de dispositifs d'information du niveau de pollution, plans de communication adaptés, surveillance des personnes fragiles etc.).

Migrations et tensions créées par les impacts environnementaux

Il s'agit ici de l'impact indirect d'autres impacts du changement climatique n'intervenant pas forcément en France. Il peut s'agir de tensions au sein d'un pays ou entre pays, provoquées par les impacts environnementaux du changement climatique ou par des migrations importantes causées par l'augmentation du niveau de la mer, par exemple. Un cas particulièrement important dans les pays en développement est l'accélération de l'exode rural en raison d'une baisse de productivité de l'agriculture vivrière dans les campagnes. L'existence de ce type d'impact en France est peu probable, mais ces impacts ne peuvent malgré tout pas être exclus a priori.

Risques de catastrophes naturelles

En France, les catastrophes naturelles météorologiques les plus courantes sont les inondations, les tempêtes, et le « retrait-gonflement des argiles ». En ce qui concerne les inondations, il faut faire la différence entre les inondations côtières, qui sont susceptibles d'être accentuées à cause de la montée du niveau de la mer, et l'intérieur des terres, où le risque d'inondation va varier du fait du changement des régimes de précipitations et des débits des cours d'eau. Ici encore, les impacts ne sont pas sensibles uniquement en zones urbaines, mais la forte concentration de population et de patrimoine, ainsi que l'aspect très intégré de l'économie urbaine rendent ces risques particulièrement difficiles à gérer en contexte urbain. En raison de l'urbanisation croissante du territoire français, notamment dans les zones à risques, ces risques ont beaucoup augmenté dans les dernières décennies.

Submersion des côtes et inondations côtières

La montée du niveau de la mer aura d'une part, des conséquences en termes de pertes matérielles du fait de la lente submersion des côtes, et d'autre part, potentiellement des conséquences en termes de menaces sur des vies humaines du fait de l'augmentation associée du risque d'inondation côtière en cas de tempête.

A cause de la fonte des glaciers, de la perte progressive de glaces du Groenland et de l'Antarctique, et surtout de la dilatation thermique de l'eau, il est prévu que le niveau moyen des océans s'élève au cours des siècles à venir. L'ampleur de cette augmentation est difficile à déterminer, et a une forte probabilité d'être comprise entre 20 cm et 1 m d'ici à 2100, même si des projections plus pessimistes peuvent se trouver dans la littérature scientifique (GIEC 2007). A l'heure actuelle, on mesure déjà une augmentation de ce niveau de l'ordre de 3 mm par an.

Les impacts d'une telle élévation ne proviennent pas de l'évolution progressive, car celle-ci s'effectuera très lentement, mais plutôt de l'impact d'une telle augmentation sur les marées de tempête. En effet, lors d'une tempête côtière, le niveau local de la mer s'élève brusquement, d'une part à cause de l'abaissement local de la pression de l'atmosphère, et d'autre part parce que les vents de la tempête « chassent » l'eau de la mer sur la côte. Cette élévation brutale du niveau de la mer peut provoquer une inondation de la côte et avoir des conséquences graves. C'est par exemple ce qui a été observé à la Nouvelle-Orléans lors de l'ouragan Katrina d'août 2005, ou encore en Vendée et en Charente-Maritime lors de la tempête Xynthia de février 2010.

L'élévation permanente du niveau de la mer provoquée par le changement climatique conduira à une augmentation de l'aire géographique des submersions causées par ces marées de tempête et une augmentation de leur intensité et de leur occurrence dans les zones déjà à risque. Cet effet sera d'autant plus grand que le changement climatique peut être à l'origine d'une accélération de l'érosion des côtes, altérant ainsi les barrières naturelles existant face aux inondations côtières.

L'OCDE a effectué une étude estimant l'exposition des grandes villes portuaires (ayant en 2005 plus de 1 million d'habitants) aux inondations côtières à l'heure actuelle ainsi que dans les années 2070, en se fondant sur des scénarios de développement socio-économiques et de changement

climatique. L'analyse suggère qu'environ 40 millions de personnes (0,6 % de la population mondiale ou environ 1/10ème de la population des villes considérées) sont actuellement exposées en cas d'inondations côtières centennales. Pour les actifs, la valeur totale exposée en 2005 dans toutes les villes considérées est estimée à 3 000 milliards de dollars; correspondant à environ 5 % du PIB mondial en 2005, les États-Unis, le Japon et les Pays-Bas étant les pays avec les valeurs les plus élevées. Dans les années 2070, la population exposée totale pourrait plus que tripler en raison de l'effet combiné de l'élévation du niveau de la mer, de l'érosion, de la croissance démographique et de l'urbanisation.

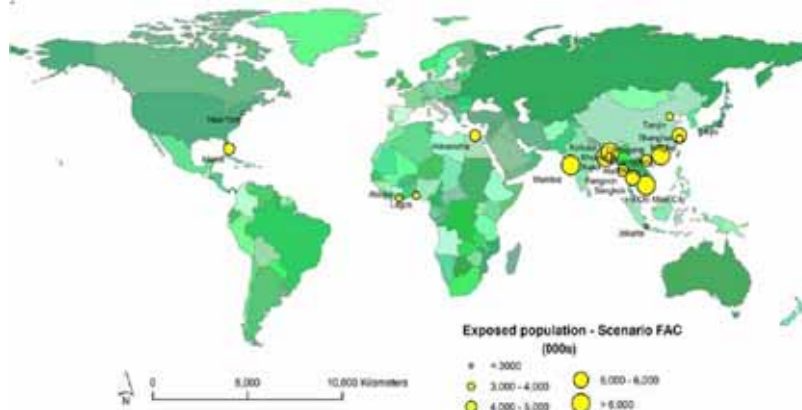


Figure 9 : 20 villes ayant la population la plus exposée dans les années 2070. Source : Nicholls et al. 2007

L'exposition des actifs ferait plus que décupler atteignant environ 9 % du PIB mondial projeté de cette période.

À l'échelle mondiale, la croissance démographique, la croissance socio-économique et l'urbanisation sont les facteurs les plus importants de l'augmentation globale de l'exposition aux risques, en particulier dans les pays en développement, car les zones proches du niveau de la mer y sont souvent urbanisées. Le changement climatique et l'érosion peuvent accélérer ce mouvement et aggraver considérablement la croissance de l'exposition aux risques.

Dans les pays riches, comme la France, la croissance démographique et économique est plus lente que dans les pays du sud, et le rôle du changement climatique et de la montée du niveau de la mer dans l'augmentation du risque d'inondation côtière est plus important, et domine même parfois les effets socio-économiques.

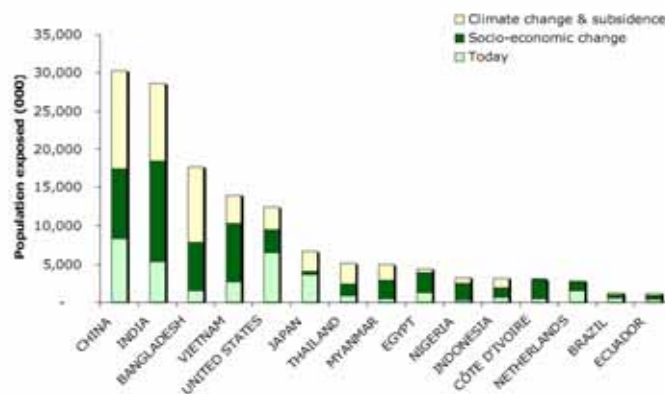


Figure 10 : Population exposée au risque d'inondation centennale dans les années 2070 : la population exposée à l'heure actuelle est indiquée, ainsi que l'augmentation due d'une part au changement climatique et à l'érosion et d'autre part aux changements socio-économiques. Source : Nicholls et al. 2007

Encadré 5 : Évolution de l'exposition au risque des grandes villes portuaires (Nicholls et al. 2007)

Ce sont les zones basses telles que les régions méditerranéennes, ou encore la Vendée, la Charente-Maritime, le Nord-Pas-de-Calais et la région Aquitaine qui sont le plus gravement menacées.

En guise d'illustration, la carte suivante présente le niveau de risque pour une partie de la région Languedoc-Roussillon. Pour une montée du niveau de 1m, correspondant à un scénario très pessimiste, les zones en rouge correspondent aux zones directement menacées de submersion permanente ; les zones en orange correspondent aux zones déjà menacées par les marées de tempêtes, et qui verront le risque augmenter ; les zones en jaunes sont les zones considérées comme sûres aujourd'hui, mais qui seront à risque avec un niveau moyen de la mer plus élevé d'un mètre. En bleu se trouvent les zones actuellement urbanisées, qui ont fortement cru au cours des dernières décennies, pour les raisons expliquées au début de ce chapitre. En particulier, en raison de la pénurie de foncier dans la région Languedoc-Roussillon, la pression pour développer des zones à risques y est très forte. Le rapport du Conseil Economique pour le Développement Durable (de Perthuis et al. 2010) propose une analyse des coûts économiques potentiels de la montée de la mer dans cette région, et présente des méthodes pour estimer les bénéfices de politiques d'adaptation possibles.

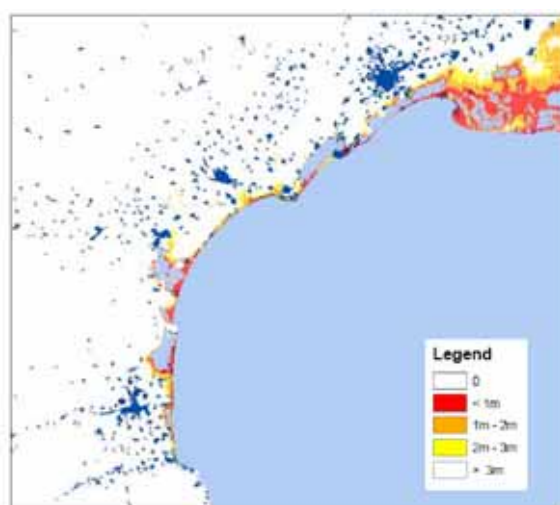


Figure 11 : Carte de la région Languedoc-Roussillon, avec l'urbanisation en bleu et l'altitude par rapport au niveau de la mer en jaune/orange/rouge. (Source : de Perthuis et al. 2010)

La lente submersion de certaines côtes du fait de la montée du niveau moyen de la mer peut être la source de pertes matérielles non négligeables. Ce phénomène ne doit pas être analysé seul, mais ajouté à celui d'érosion observé à l'heure actuelle et sur lequel le changement climatique peut également influencer. L'érosion est un phénomène naturel de recul des côtes observé partout dans le monde et qui, à certains endroits, s'aggrave sous diverses pressions, et notamment la pression des activités humaines.

En France, par exemple, d'après la base de données du consortium EuroSION, le quart du littoral métropolitain (27%) subit l'érosion et recule alors que 44% est stable et seulement 10% en extension. Le reste du littoral est constitué de côtes figées artificiellement (zones portuaires et digues) ou de côtes dont la dynamique n'est pas étudiée (respectivement 17% et 5% du linéaire côtier). Les côtes sableuses sont les plus affectées par l'érosion. L'accroissement du risque d'érosion côtière du fait du changement climatique est pratiquement certain au cours du XXIème siècle en France : l'élévation du niveau de la mer, le vent, la température, la pression atmosphérique, la houle peuvent influencer sur l'occurrence et la gravité des phénomènes d'érosion.

La vulnérabilité à cet impact provient de la situation géographique de la commune, mais également de son type de développement : il est essentiel de limiter la vulnérabilité, en évitant l'installation des populations et des biens dans les zones à risques et de les protéger lorsqu'elles y sont déjà installées, tout en évitant que ces protections ne justifient des installations nouvelles dans les zones à risques (ce qui aurait pour effet d'accroître la vulnérabilité).

Il convient d'insister sur le fait que les ouvrages de protection ne sont pas considérés comme la seule solution d'adaptation face au risque de submersion. En effet, s'ils jouent généralement bien leur rôle de protection localement, ils peuvent aggraver ou créer des problèmes latéralement (les solutions des uns deviennent les problèmes des autres). De plus, dans certains cas, la construction de protections peut entraîner une augmentation de la vulnérabilité. Cela se produit si, du fait d'un faux sentiment de sécurité causé par la protection, des installations nouvelles se développent dans les zones protégées : le risque dans ces zones n'étant jamais nul, cela peut conduire à de plus fortes pertes en cas d'aléa important, et donc au final à une vulnérabilité accrue. Il semble préférable de réfléchir à une politique de prévention qui limite l'installation des populations et des biens dans les zones à risques et protéger plutôt l'existant que les installations nouvelles. Il faut donc noter que des protections physiques (par exemple des digues) ne sont jamais suffisantes si elles ne sont pas intégrées dans une politique d'occupation des sols. En particulier, il est indispensable d'éviter l'urbanisation et le développement des zones inondables situées en dehors de la zone protégée.

Il faut également tenir compte du fait que les politiques de réduction des risques ont aussi des impacts potentiellement négatifs : par exemple, une gestion des sols restrictive peut conduire à une augmentation du prix des terrains, avec des conséquences sur le coût de la vie et sur l'accès à la propriété, voire à des conséquences en termes d'investissement dans la zone, les entreprises préférant privilégier les zones où les politiques sont moins strictes et les prix du foncier moins élevés. Ces conséquences sont complexes et indirectes, elles dépendent de très nombreux facteurs sur lesquels les décideurs locaux ont peu de prise (par exemple, la fiscalité nationale ou la situation économique).

Une étude de l'OCDE (Hallegatte et al., 2008) s'est intéressée à la vulnérabilité de la ville de Copenhague à la montée du niveau de la mer. Cette ville n'est aujourd'hui que très peu vulnérable à une inondation côtière grâce à la qualité de son système de défense. En l'absence de renforcement de ce système, son exposition au risque d'inondation augmentera cependant avec la montée du niveau de la mer. Les zones concernées sont limitées, mais incluent des lieux importants, par exemple le port et le centre historique. La construction d'un système renforcé a un coût estimé de quelques centaines de millions d'euros, mais des coûts additionnels aux simples coûts de construction doivent être pris en compte. Des coûts financiers, tout d'abord, comme les coûts pour adapter le fonctionnement du port, les coûts de l'entretien des digues, l'entretien des infrastructures de pompage et de drainage, etc. Des coûts non monétaires, également : considérations esthétiques, attractivité de la ville etc. Ces coûts indirects peuvent être de grande ampleur comparés aux coûts financiers directs.

Cette étude fait également des évaluations quantitatives de l'impact économique des inondations. En cas de rupture des digues, une augmentation de 2m du niveau de la mer au dessus de son niveau actuel (correspondant par exemple à une augmentation du niveau de la mer de 50cm du fait du changement climatique, à laquelle s'ajoute une tempête centennale) entraînerait, en sus des pertes matérielles, la perte d'environ 7500 emplois dans les trois mois suivant la catastrophe. Les secteurs les plus durement touchés seraient les petits commerces, hôtels et restaurants. Le temps passant, l'économie va se rétablir, notamment tirée par les reconstructions, mais il est estimé qu'il y aura toujours un déficit de 500 emplois par rapport à la situation sans catastrophe au bout d'un an. Ces chiffres agrégés ne prennent pas en compte le fait que les emplois créés ne demandent pas les mêmes qualifications que les emplois perdus, sous-estimant ainsi l'impact socio-économique de la catastrophe. De plus, ces résultats supposent que tous les coûts de reconstruction sont couverts par des assurances, et que les coûts de reconstruction ne diminuent pas la consommation des ménages (hypothèse vraisemblable pour le Danemark, pays pouvant bénéficier d'une large couverture par des compagnies d'assurance mais qui n'est plus valable dans de nombreux autres lieux).

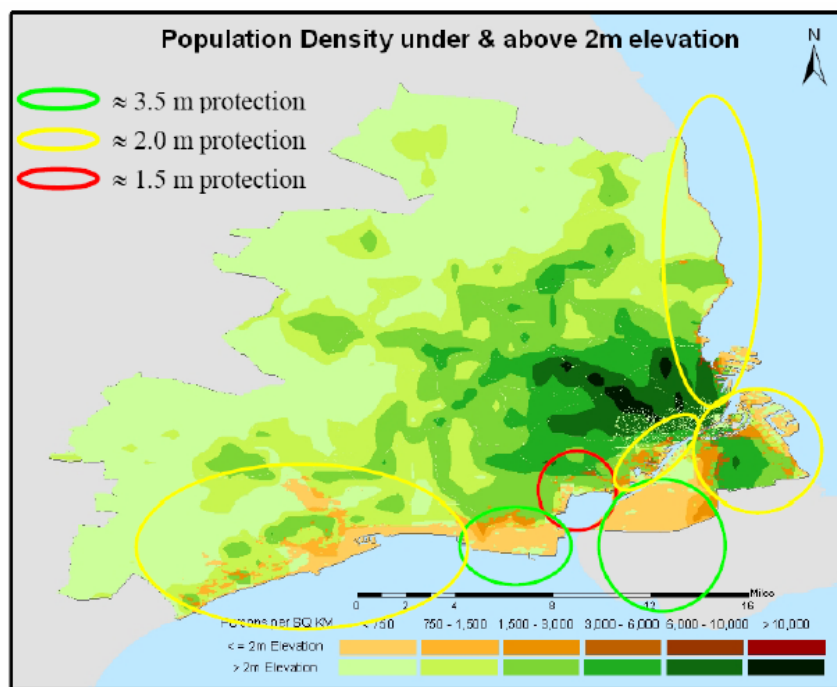


Figure 12 : Les couleurs représentent la densité de population à Copenhague, en vert pour les zones actuellement non inondables, en orange pour les zones actuellement inondables, qui sont dépendantes de protections et de digues. Les cercles représentent les niveaux de protection face aux inondations, à 1,5m (rouge, insuffisant aujourd'hui), 2m (jaune, suffisant aujourd'hui mais insuffisant en cas de montée du niveau de la mer) et 3,5m (suffisant). Source : Hallegatte et al. 2008

Encadré 6 : Vulnérabilité de Copenhague à la montée du niveau de la mer (Hallegatte et al. 2008)

Inondations dues à des crues et au ruissellement

Le changement climatique aura un impact marqué sur le débit des cours d'eau, par l'intermédiaire d'une variation du régime des pluies et de chutes de neige, et par l'intermédiaire de la réduction ou de la disparition des glaciers de montagne. Suivant la localisation géographique, le risque de crue des cours d'eau peut ainsi être accentué. Il est assez difficile de faire des projections sur l'évolution du risque d'inondation, et de nombreuses études locales sont en cours sur le sujet.

A ce risque de crue des cours d'eau, particulièrement élevé en milieu urbain, s'ajoute celui des inondations de ruissellement quand les réseaux de drainage des eaux de pluie sont dépassés par l'intensité des précipitations. Ce risque est particulièrement important car certaines projections climatiques incluent une augmentation des épisodes violents de précipitation. En outre, il convient d'ajouter le rôle de l'imperméabilisation des sols, qui réduit la capacité d'absorption directe du sol et augmente donc les débits que les systèmes de drainage doivent pouvoir absorber. Ce risque est particulièrement fort dans les zones où se produisent des épisodes intenses de précipitation, dans les régions tropicales (Mumbai, Miami, et Singapour où des investissements majeurs sont en cours, mais aussi les DOM-COM français) et les zones méditerranéennes (par exemple les zones touchées par les épisodes cévenols, comme le rappellent les inondations récentes de Draguignan).

Les politiques de réduction de la vulnérabilité face à ces inondations sont assez similaires à celles visant à faire face aux inondations côtières : le principal facteur de risque provient de l'extension mal contrôlée de l'urbanisation dans des zones inondables, et les ouvrages de protection, s'ils peuvent permettre de protéger l'existant, sont loin d'être toujours la meilleure solution (Trocherie et al. 2004). Il faut rappeler ici également que l'extension de l'urbanisation, en étendant les surfaces artificialisées, empêche l'infiltration de la pluie dans le sol et accroît les risques d'inondation ailleurs dans le même bassin versant. A ceci s'ajoute dans les zones urbaines, le dimensionnement des systèmes d'assainissement et de drainage, qui doivent pouvoir faire face aux précipitations les plus intenses.

Proportion des logements exposés en 2006

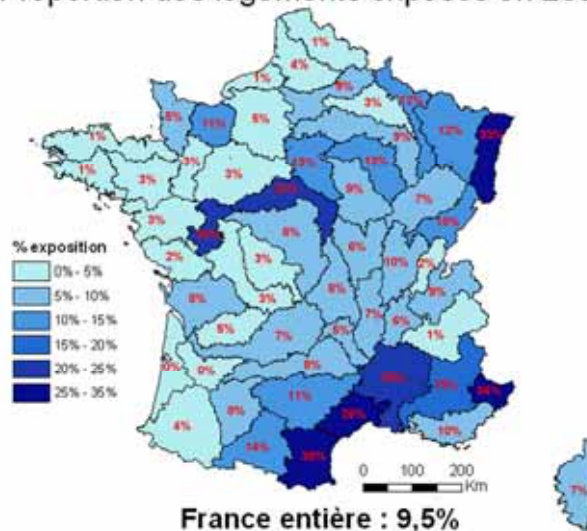


Figure 13 : Part des logements individuels exposés au risque d'inondation par bassin versant en France en 2006. Source : MRN 2010, d'après INSEE, 2006, et les AZI

« Les crues observées dans le département du Gard les 8 et 9 septembre 2002 ont été considérées par la mission d'inspection du ministère de l'Écologie et du Développement durable comme "un événement très grave, rare mais non exceptionnel". L'ampleur des dommages matériels (1,2 milliards d'euros de dégâts) est environ le double de celle d'événements passés du même type. Ce constat s'explique en bonne partie par l'importance des constructions datant de moins de trente ans en zone inondable (cas d'Aimargues et de Gallargues-le-Montueux) ou à l'arrière de digues qui ont été endommagées ou submergées par la crue (cas d'Aramon). Une estimation réalisée par la Direction régionale de l'environnement (DIREN) Languedoc-Roussillon à partir d'un atlas des zones inondables en 2001 et du recensement de la population de 1990 montre que, sur l'ensemble de sa région hormis la Lozère, 384 000 habitants, soit un habitant sur six, vivent en zone inondable, dont 321 000 dans les zones à risques fort à très fort (Risque fort à très fort : hauteur d'eau supérieure à 1 mètre et/ou vitesse forte pour la plus grande crue historique répertoriée). »

Encadré 7 : L'exemple du Gard (Trocherie et al. 2004)

Retrait-gonflement des argiles

Certains sols argileux peuvent gonfler et se tasser du fait de variations de teneur en eau. Lorsque, sous un bâtiment ou une infrastructure, le tassement n'est pas uniforme, quand par exemple le sol sous le bâtiment ne s'humidifie ou ne s'assèche pas au même rythme que le sol en dehors, des dégâts parfois importants peuvent être occasionnés à la construction, surtout si celle-ci a des fondations superficielles. Les (grands) mouvements de terrain dus au retrait-gonflement des argiles sont en général peu rapides et les victimes fort heureusement peu nombreuses dans la plupart des cas. En revanche, ils sont très destructeurs car les aménagements y sont sensibles. Les dommages aux biens sont souvent considérables et irréversibles, ce qui nécessite de démolir les constructions.

Depuis 1989, ce sont ainsi près de 15 000 communes françaises réparties dans 89 départements qui ont été reconnues en état de catastrophe naturelle vis-à-vis de ce phénomène. Les maisons individuelles sont particulièrement vulnérables à ce phénomène, en raison notamment de leurs fondations superficielles. D'après la Caisse Centrale de Réassurance, si en 2003, la totalité des communes françaises qui avaient demandé un arrêté catastrophe naturelle avaient été retenues, le

risque financier global aurait pu atteindre 3,5 Mds €, soit davantage que le coût cumulé total de la sécheresse pour le marché français et pour la période 1989-2002, qui s'est élevé à 3 Mds €.

L'augmentation de l'intensité et de la fréquence des sécheresses, la hausse des températures, et les précipitations intenses favorisent le retrait-gonflement des argiles, et le changement climatique annoncé pourrait provoquer la conjonction de ces phénomènes. D'après les différentes études et recherches, l'accroissement du risque de retrait-gonflement des argiles du fait du changement climatique semble pratiquement certain au cours du XXI^{ème} siècle pour la France.

Suivant la nature des sols, certaines zones géographiques sont davantage affectées que d'autres. Ce sont les communes déjà touchées par ce phénomène, et donc davantage composées de sols argileux, qui sont sensibles à ces impacts du changement climatique. La diminution de la vulnérabilité face à ce phénomène passe par l'application plus stricte des règles de construction actuelles pour les bâtiments neufs, et le développement d'outils d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments existants.

Tempêtes

Pour les tempêtes, telles que celle de 1999, les résultats scientifiques les plus récents suggèrent que leur intensité ne devrait pas (ou peu) augmenter. Ainsi, les dégâts liés aux vents forts ne devraient pas être modifiés. En revanche, la montée du niveau moyen de la mer pourrait rendre les mêmes tempêtes plus destructrices, en raison d'inondations côtières plus importantes (voir plus haut).

Autres types de catastrophes

Divers autres aléas sont susceptibles d'évoluer du fait du changement climatique: feux de forêt, avalanches, mouvement de terrain hors érosion et gonflements, risque d'accident et/ou de sur-accident technologique dû à un risque naturel. L'impact du changement climatique sur ces aléas est cependant mal connu.

Le cas des feux de forêts est intéressant pour les zones urbaines, car une forte péri-urbanisation a lieu actuellement dans le sud de la France, avec comme résultat une augmentation du nombre d'habitations situées au contact direct avec la forêt. La population est donc globalement plus vulnérable aux feux que dans le passé, et cette tendance semble se poursuivre. Les conséquences en zones urbaines peuvent être illustrées par les événements de Californie ou d'Australie (CRED 2010). Ainsi, les feux d'Australie en 2009 ont affecté près de 10 000 personnes, et ont causé plus de 180 morts et des dommages économiques de 1,3 milliards de dollars. Mais c'est à Los Angeles que les conséquences sont les plus importantes : les feux ont causé des pertes de 2 milliards de dollars en 2008, et 8 morts et 2,5 milliards de dollars en 2007. Dans ce cas, c'est l'imbrication entre la forêt et l'urbanisation qui rend ces événements si dangereux et difficiles à gérer pour les services de secours.

Il n'est toutefois pas évident de dire si le nombre de feux de forêt augmentera à l'avenir. Des températures plus élevées et des sécheresses plus fréquentes sont évidemment des facteurs amplificateurs, comme le montre les travaux communs de Météo-France, de l'Inventaire Forestier National et de l'Office National des Forêts (voir CGEDD, Août 2010). La modification de la végétation pourrait augmenter le niveau de risque dans certaines régions (avec l'extension de la zone à végétation Méditerranéenne) et le diminuer dans d'autres. En tout état de cause, la diminution de la vulnérabilité face à ces possibles impacts passe a priori par une réduction de la vulnérabilité actuelle à ces mêmes phénomènes (stratégie sans regret).

Risques sur certaines activités économiques

Variation de la consommation énergétique

En raison des modifications de température engendrées par le changement climatique, les consommations énergétiques de chauffage et de climatisation vont très certainement varier. Ces changements ne sont pas concentrés dans les zones urbaines, mais l'essentiel de la population vivant aujourd'hui en ville, c'est bien les modifications urbaines qui doivent principalement être prises en compte dans le dimensionnement et la gestion des infrastructures énergétiques. Aussi, des phénomènes urbains, et notamment l'ICU, interagissent avec le climat régional pour déterminer l'évolution des consommations d'énergie.

Les demandes en chauffage hivernal sont susceptibles de baisser, et les demandes en air conditionné d'augmenter. Selon certains scénarios climatiques, il est ainsi projeté que, sur le pourtour méditerranéen, vers 2050, chaque année, en moyenne, 2 ou 3 semaines de moins nécessiteront du chauffage, et 2 à 5 semaines de plus nécessiteront de l'air conditionné. En conséquence, les pics de demande d'électricité risquent de se déplacer à certains endroits, passant de l'hiver à l'été.

Ceci risque de se produire dans un contexte d'accès difficile à l'électricité l'été (et donc de possibles renchérissements, ou de possibles coupures). En effet, la production électrique est notamment très dépendante de la ressource en eau : une augmentation de la température des cours d'eau et des lacs pourrait affecter la source froide des centrales nucléaires et thermiques classiques, et la diminution de la réserve en eau des barrages en été (due à la combinaison de phénomènes climatiques tels que la baisse de la durée de l'enneigement, l'assèchement des mares, des cours d'eau et des lacs, l'évolution des débits, la multiplication des épisodes de sécheresses, etc.) devrait agir sur la production hydraulique. L'évolution des demandes en eau en dehors du secteur énergétique pourrait amplifier ce phénomène en multipliant les conflits d'usage, notamment avec l'agriculture et le tourisme. Les évolutions climatiques anticipées devraient également avoir un impact sur le potentiel de production des autres énergies renouvelables.

Si l'impact sur la production électrique est encore entouré d'incertitudes, celui sur l'évolution de la consommation énergétique est relativement certain, surtout dans les communes du sud du territoire. La réduction de cette vulnérabilité passe par les mêmes mesures que la réduction de la vulnérabilité face au stress thermique dont il a été question plus haut : mise en place autant que possible d'un urbanisme et d'un cadre bâti adaptés à la hausse des températures.

Impact sur le tourisme

Le tourisme est un secteur important pour de nombreuses villes françaises, et justifie également un certain nombre d'infrastructures comme les structures d'hébergement (hôtels, campings), de transport (réseaux ferrés, gares, routes et autoroutes, etc.), et énergétiques. Une modification future de la demande touristique dans une région peut donc avoir des conséquences importantes sur les choix actuels d'infrastructures, et sur l'activité économique, dans les villes comme dans les zones rurales.

Or, l'attractivité d'une destination touristique est le résultat de nombreux facteurs, et nombre d'entre eux sont liés au climat. Certains y sont liés directement : nombre de jours d'ensoleillement et température moyenne en été, chutes de neige en hiver pour les stations de ski etc. D'autres y sont liés indirectement : quantité et qualité de l'eau disponible, espaces naturels et aspect des paysages aux différentes saisons pour le tourisme de nature etc.

En 2005/2006, la Direction du tourisme a fait réaliser une étude exploratoire sur les potentiels impacts du changement climatique sur le tourisme en France (Dubois et Ceron 2006, INSEE 2008, ONERC 2009). Cette étude concluait sur la vulnérabilité de nombreuses branches d'activité en France. L'une des branches les plus vulnérables est celle du ski et des sports d'hiver, notamment en moyenne montagne. Mais le tourisme d'été peut aussi être victime de la diminution de la ressource en eau : les habitudes des touristes comme les infrastructures qu'ils utilisent (hébergement, espaces verts, équipements de loisirs tels que piscines, golfs, etc.) engendrent en effet une importante consommation d'eau, surtout pendant la saison estivale où la ressource est rare et demandée par d'autres usages (irrigation, etc.). Le changement climatique a aussi un effet potentiel sur le tourisme par le biais de son impact sur les écosystèmes : le stress hydrique et les feux de forêt qui peuvent l'accompagner sont susceptibles d'engendrer des évolutions conséquentes de la végétation et des paysages.

L'inconfort thermique provoqué par l'augmentation des températures d'été en zone urbaine peut aussi avoir une forte influence sur l'activité touristique, notamment sur le pourtour méditerranéen et dans les grandes villes, où les températures sont encore accrues par les ICU. Cet inconfort peut entraîner une variation de la fréquentation touristique globale (qui peut être positive au nord et à l'ouest de la France, et dans les régions montagneuses en été du fait de leur fraîcheur) et une redistribution de la fréquentation touristique au cours du temps (augmentation du tourisme au printemps et en automne par exemple).

Il n'est enfin pas exclu que l'exposition aux risques sanitaires développés plus haut puisse se traduire par des redistributions de fréquentation en fonction des lieux, des saisons, des segments de clientèle (personnes âgées, par exemple).

Les impacts du changement climatique sur le tourisme sont ainsi très variés, et les politiques de réduction de la vulnérabilité dépendent de l'impact considéré. Cependant, pour partie, ces politiques reviennent souvent à réduire la vulnérabilité présente du secteur : la capacité d'adaptation des écosystèmes peut être améliorée en réduisant les stress actuels d'origine humaine, les conséquences de la diminution de la ressource en eau seront moindres si la demande globale en eau est dès à présent réduite, etc.

Changement des flux migratoires français

Une autre conséquence du changement climatique peut provenir de la modification des flux migratoires français. En effet, jusqu'à présent le sud de la France était globalement plus attractif que le nord (Baccaïni 2007), et on observe une lente migration de la population du nord du pays vers le sud du pays. Cette tendance peut être modifiée, notamment en ce qui concerne les personnes âgées, du fait de l'inconfort thermique des fortes chaleurs du sud que le changement climatique est susceptible d'amplifier. Cela peut entraîner de multiples conséquences à long terme sur les économies locales. Ainsi, les projections démographiques pour les départements et villes françaises pourraient avoir à prendre en compte l'impact du changement climatique sur l'attractivité, et donc sur les migrations. Des villes au climat recherché et actuellement en forte croissance, comme Montpellier, pourraient voir leur attractivité réduite, nécessitant des investissements pour compenser cette perte (climatisation des transports en commun, évolutions urbanistique et architecturale, etc.).

Les politiques de limitation de la vulnérabilité face à cet impact sont les mêmes que celles ayant pour but de diminuer les effets sanitaires du stress thermique.

Diffusion des pertes économiques d'un secteur aux autres et rôle spécifique des réseaux (énergie, eau, communication, transports)

Les villes étant des systèmes très intégrés, via des liens complexes et de nature étendue et variée, tout impact touchant une partie de la ville peut toucher tout le reste de manière indirecte. Par exemple, une baisse du tourisme signifie généralement une baisse de l'activité de nombreux autres secteurs économiques (par exemple les services aux entreprises ou l'immobilier). De la même manière, une inondation peut être grave par les dégâts directs qu'elle cause (routes, habitations, usines détruites), mais également par ses impacts indirects (la rupture temporaire de voies de communication ou de réseau électrique provoquée par l'inondation peut avoir un coût économique très fort, et toucher des zones qui n'ont pas été directement inondées).

Le cas des réseaux est évidemment particulièrement important en ville : réseaux de transport, de gestion des eaux (eau potable et assainissement), énergétique (électricité, réseaux de chaleur ou de froid), de communication. Une ville moderne ne peut fonctionner dans son ensemble que si chacun de ces réseaux fonctionne parfaitement. Une interruption ou une baisse de performance des transports publics ou d'électricité peut facilement paralyser ou handicaper l'ensemble de l'activité économique (ci-joint l'étude sur l'impact du changement climatique sur le métro de Boston).

Une étude a été menée pour étudier les effets du changement climatique sur la performance du métro de Boston. La méthodologie inclut les changements projetés de l'usage des sols, de la démographie et des conditions climatiques pour explorer les impacts de l'augmentation du risque d'inondations entraînée par le changement climatique. Cette étude concluait à un doublement des retards de fonctionnement, avec des conséquences sur l'ensemble de l'activité économique dans la

ville et sur l'attractivité de la zone pour les entreprises et les populations. Ces conséquences potentielles justifient une action d'adaptation sur les lignes principales du métro.

Encadré 8 : Impact du changement climatique sur le métro de Boston (Suarez et al. 2005)

Ainsi, une approche purement sectorielle est totalement inadaptée à l'analyse des impacts en milieu urbain, et des études systémiques sont indispensables. Elles montrent l'importance de ces effets indirects et le besoin de les prendre en compte.

Dans le cas de catastrophes naturelles, les effets indirects sont particulièrement importants. Ces impacts indirects dépendent d'une part de quels secteurs ont été le plus touchés par les destructions directes, et d'autre part des caractéristiques des réseaux d'approvisionnement.

Par exemple, le secteur électrique joue un rôle majeur pour l'ensemble de l'économie et sa vulnérabilité est cruciale. Lors de la grande coupure électrique de Los Angeles de 2001, la moitié des entreprises affectées ont été obligées de réduire leur activité. Environ 15% des entreprises le firent du fait de l'impossibilité de mener à bien leur activité, et 14% du fait que les clients ne pouvaient plus se déplacer. Il a été évalué que le coût total de la coupure est de l'ordre de deux fois le coût de ses effets directs.

Dans l'évaluation de la vulnérabilité, il est également essentiel de recenser les risques pour les points névralgiques tels que les hôpitaux (car les risques liés aux déplacements et à l'évacuation des patients sont importants), les services de secours (certaines casernes de pompier étant situées en zone inondable ce qui peut paralyser la réponse d'urgence) et les centres de décisions.

Diverses caractéristiques locales permettent de diminuer ces effets indirects (Kroll et al. 1990, Webb et al. 2002) : la diversification de l'économie, un réseau de transport redondant, une fermeture très brève des services municipaux (limitant par exemple fortement les conséquences du séisme de Loma Prieta -Californie, Etats-Unis, en 1989- sur l'économie locale).

Les conséquences d'une crue de la Seine se feraient ressentir loin des zones réellement inondées. Les réseaux de transport d'électricité, de télécommunications (réseaux téléphoniques fixes et mobiles) et de transport en communs qui approvisionnent toute la ville sont en effet très vulnérables en cas de crue. Ainsi, ce sont par exemple 335 000 foyers et 780 sites raccordés au réseau haute tension qui sont en zone de fragilité d'alimentation électrique en cas de crue équivalente à celle de 1910. De même, pour les transports en commun, les lignes de métro inondées provoqueraient des réductions d'accessibilité dans des arrondissements et communes non inondables. Ici encore, l'analyse montre que les zones affectées (et nécessitant des actions spécifiques) vont au-delà de la zone touchée physiquement, et qu'une approche qui ne s'occupe que de l'impact direct pourrait manquer une grande part des conséquences de la crue.

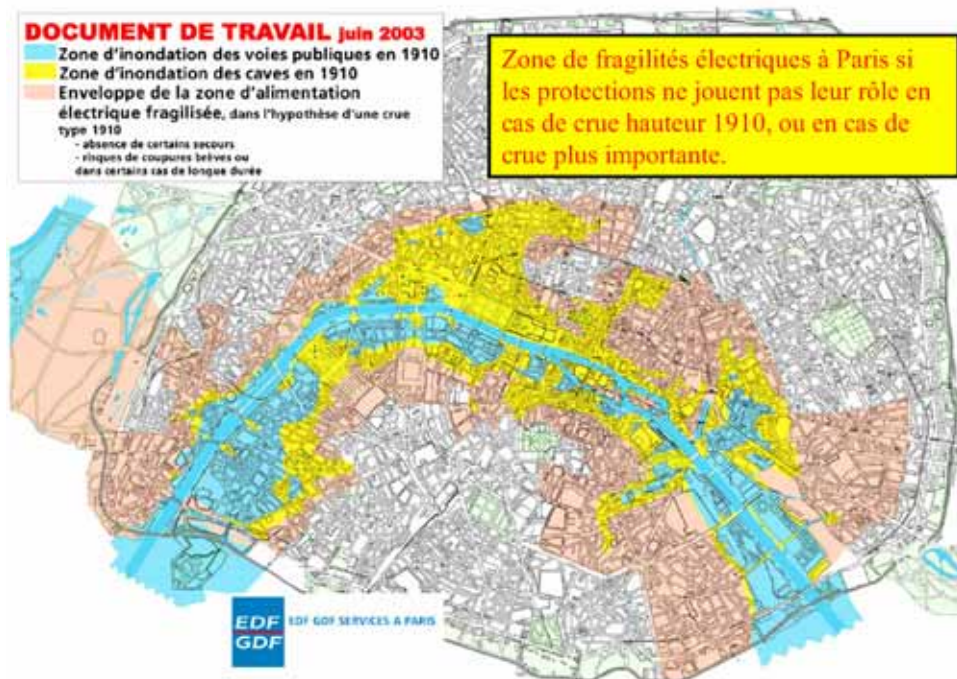


Figure 14 : Zone de fragilités électriques à Paris si les protections ne jouent pas leur rôle en cas de crue hauteur 1910, ou en cas de crue plus importante. Source : Préfecture de Police, secrétariat général de la zone de défense de Paris, "Le risque inondations en Île de France"

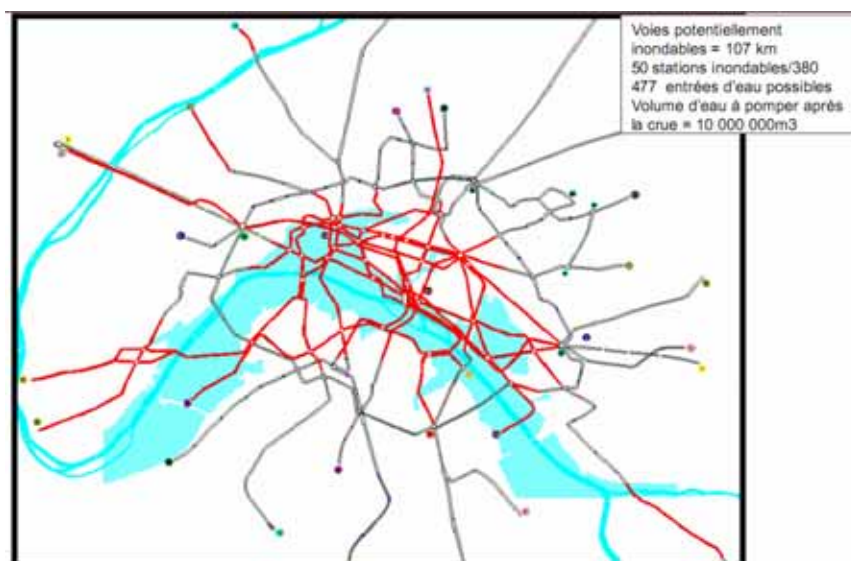


Figure 15 : Vulnérabilité du réseau de métro parisien en cas de crue hauteur 1910. Source : Préfecture de Police, secrétariat général de la zone de défense de Paris, "Le risque inondations en Île de France"

Encadré 9 : Conséquences d'une inondation de la Seine sur l'électricité et les transports en commun à Paris (Préfecture de Police 2009)

Le CEPRI et l'UMR CITERES, centre de recherche de l'université de Tours et du CNRS, ont évalué la vulnérabilité de l'agglomération de Tours aux inondations. Une analyse particulièrement intéressante concerne l'accessibilité moyenne de différentes zones de l'agglomération, avant et pendant l'inondation. Le résultat montre que certaines zones qui ne sont pas touchées directement par l'inondation perdent en accessibilité, en raison de la coupure de certaines connections routières. Ces zones peuvent donc subir des pertes économiques indirectes, sans être inondées. La prise en compte de ces effets indirects est cruciale dans l'analyse des risques et la construction de stratégies de prévention, mais aussi dans la conception de plan d'urgence en cas d'inondation.

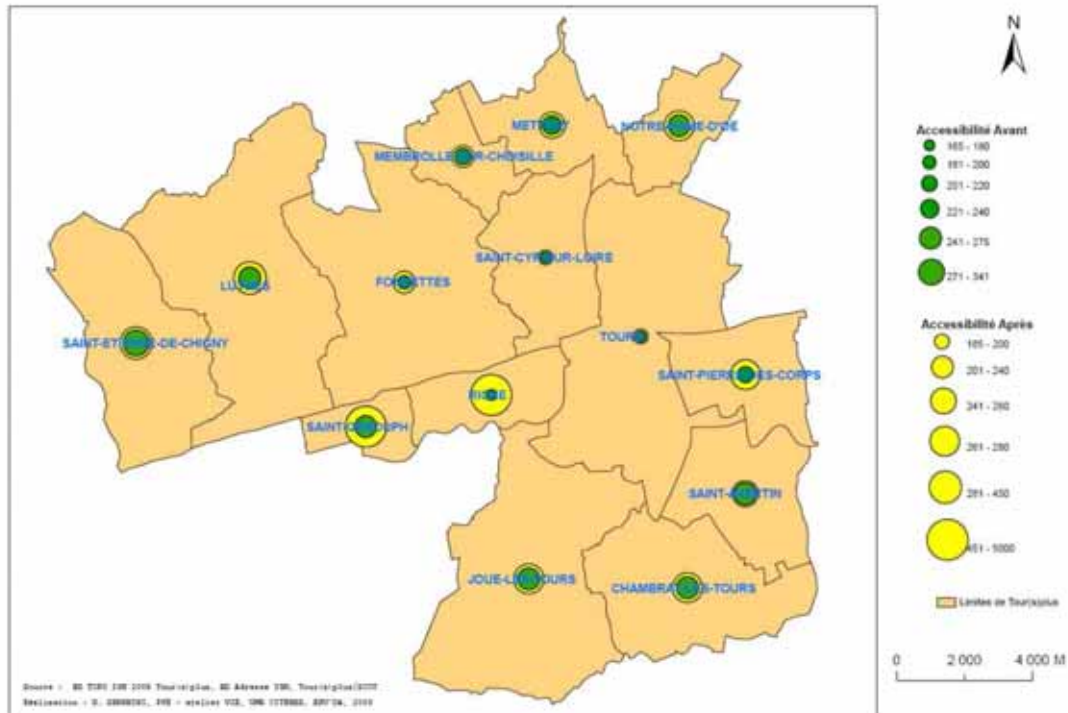


Figure 16 : Changement de l'accessibilité en raison d'une crue dans l'agglomération de Tours. Plus le disque est grand, plus l'accessibilité est faible. Le disque vert représente l'accessibilité avant la crue ; le disque jaune pendant la crue. L'augmentation du diamètre du disque représente donc la perte d'accessibilité.

Encadré 10 : Conséquences d'une inondation de la Loire sur les transports à Tours (CEPRI et CITERES 2009)

En zone urbaine, un problème particulier dans la gestion des risques naturels concerne l'évacuation en cas de danger imminent. Dans les villes où le changement climatique fait augmenter les aléas et dans celles où la population protégée par des ouvrages devient plus grande, une attention particulière devrait être portée à cette question. Ceci est particulièrement vrai dans les zones inondables protégées, car les ruptures de digues sont particulièrement dangereuses pour les populations.

Le cas de la Nouvelle Orléans et du cyclone Katrina permet d'illustrer ces difficultés. Tout d'abord, les infrastructures de transport peuvent se révéler insuffisantes pour l'évacuation rapide de la population, nécessitant d'anticiper plus finement l'évacuation, et donc un risque plus élevé d'évacuation inutile en cas de fausse alerte. Les zones à très forte densité, et donc les grands centres urbains, sont bien entendu particulièrement difficiles à évacuer. Ensuite, une attention particulière doit être portée aux catégories vulnérables, souvent concentrées dans certains quartiers. Ces populations peuvent manquer d'information ou de moyens de déplacement, ou être vulnérables aux risques de cambriolage et de pillage. Les personnes à mobilité réduite, les personnes âgées et les malades ne peuvent souvent pas quitter leur domicile sans un soutien extérieur. Finalement, l'insuffisante conscience du risque, évidente dans les zones rarement affectées, est un facteur crucial de risque, mis en évidence dans le cas de la tempête Xynthia.

Une catastrophe naturelle provoque des pertes matérielles, mais également des pertes indirectes du fait du choc économique causé et de la rupture des axes de transport et de communication. L'évaluation de ces pertes indirectes est actuellement l'objet de nombreux travaux de recherche. Il est impossible de reproduire tous les mécanismes socio-économiques en jeu, mais ces travaux tentent d'inclure le plus grand nombre d'effets indirects possibles. Souvent, ces travaux se concentrent sur le rôle des infrastructures de transport, d'électricité ou d'approvisionnement en eau. Toutes ces études concluent que les coûts indirects sont responsables d'une part importante des coûts totaux des catastrophes naturelles. Voici les résultats de quelques unes de ces études, portant sur des inondations, des séismes ou encore des coupures d'approvisionnement en électricité.

Lors du séisme de Northridge, près de Los Angeles, en 1994, les pertes indirectes se sont élevées à 25 ou 30% des pertes totales. Du fait du séisme, en 1994, un chômage agrégé (Sungbin Cho et al. 2001) de 69.000 personnes/an a été provoqué par l'interruption du fonctionnement des entreprises. Environ la moitié de ce chômage a été subi hors de la zone qui a subi les pertes matérielles. Les coupures de chaînes d'approvisionnement (Tierney, 1998) causées par le tremblement de terre furent à l'origine de la majorité des interruptions de l'activité économique, devant les interruptions causées par les destructions directes. Environ un commerce sur quatre fut affecté par des problèmes de livraison de marchandises ou de services dus au séisme, et en moyenne, tous les commerces furent fermés pendant deux jours suivant celui-ci. Les dommages directs causés aux bâtiments ne furent qu'une des causes de fermeture, invoquée dans seulement 32% des cas.

De la même manière, les pertes économiques indirectes en Louisiane après l'ouragan Katrina ont été estimées (Hallegatte 2008) à 42 milliards de dollars, à comparer à 107 milliards de dollars de destructions directes. Le modèle utilisé montre que les pertes indirectes augmentent de manière non linéaire par rapport aux pertes directes, suggérant l'existence d'un seuil dans la capacité d'adaptation du système économique. Dans le cas de la Louisiane, les pertes indirectes restent négligeables pour des destructions directes inférieures à 50 milliards de dollars, mais augmentent ensuite très rapidement pour atteindre 200 milliards de dollars pour des destructions directes de cette même valeur.

Encadré 11 : Evaluation des pertes indirectes après des catastrophes

Combinaison d'impacts sectoriels

Il faut garder à l'esprit que tous les impacts sectoriels cités ne doivent pas être pris en compte séparément les uns des autres : le changement climatique apportera une combinaison de l'ensemble de ces impacts, probablement en parallèle. Cette combinaison pourra créer des amplifications, par exemple si une diminution des ressources moyennes en eau se produit en parallèle d'une augmentation de la fréquence des canicules, ou si une réduction de la fréquentation touristique se produit alors que la demande d'investissement dans des protections côtières augmente. L'impact total sur une économie régionale peut ainsi être nettement plus élevé que la somme des impacts sectoriels.

Le changement climatique n'étant pas le seul changement auquel les villes doivent se préparer, il faut également tenir compte d'autres facteurs. Ainsi, l'adaptation aux impacts du changement climatique devra se faire en parallèle de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ce qui créera des synergies, mais aussi des conflits. Ces conflits peuvent avoir lieu sur les politiques, quand une action participe à l'adaptation mais augmente les émissions (ou l'inverse), ou sur les ressources, quand investir dans l'atténuation et dans l'adaptation en même temps dépasse les capacités d'investissement totales.

Au-delà des aspects environnementaux, il est possible que la population française, et donc celle des villes, décroisse significativement dans la seconde moitié du XXI^{ème} ce qui représenterait un choc important sur les dynamiques urbaines. Les exemples est-allemands – où la décroissance des villes est un phénomène généralisé – montrent qu'il est très difficile de gérer une ville en diminution de population. Il faudra donc peut-être gérer les problématiques spécifiques du changement climatique dans un contexte très différent du contexte actuel. De plus, ces évolutions démographiques sont

susceptibles d'augmenter la vulnérabilité, en raison du vieillissement de la population qui la rend moins résistante aux fortes températures et plus difficile à évacuer en cas de danger imminent (par exemple, un risque d'inondation).

Ces conjonctions ont des conséquences importantes. Ainsi, même si chaque impact sectoriel discuté dans ce rapport peut être géré et contrôlé s'il apparaît séparément, la gestion d'une combinaison d'impacts simultanés dans de multiples secteurs, en parallèle d'autres défis urbains comme la diminution de la population, pourrait s'avérer nettement plus difficile à mettre en œuvre, et buter sur les limites des capacités des collectivités (en termes de capacité d'investissement financier, de technique, et de compétence, ou d'attractivité). Aujourd'hui, il n'existe pas d'analyse exhaustive des impacts du changement climatique sur une ville ou une région, et il reste difficile de juger de la difficulté à faire face aux impacts. Des travaux scientifiques sont en cours sur ces questions (voir Chapitre 3), et leurs résultats devraient aider à évaluer l'ampleur des risques que le changement climatique fait peser sur les villes françaises.

Principaux déterminants du risque et pistes pour l'adaptation

Résumons tout d'abord les principaux facteurs de vulnérabilité : urbanisme et bâti non adaptés (stress thermique, consommation énergétique), ouvrages de protection non adaptés et extension de l'urbanisation dans des zones à risques (inondations), pollution importante et usage non durable de la ressource en eau (pollution, diminution de la ressource en eau, et impact sur le tourisme), mauvaise protection des ressources naturelles sensibles, normes de construction non respectées (retrait-gonflement des argiles), faible diversification de l'économie et vulnérabilité aux impacts sur les réseaux (impacts économiques indirects).

De nombreuses mesures visant à réduire la vulnérabilité au changement climatique cherchent d'abord à réduire la vulnérabilité au climat actuel et à sa variabilité (notamment aux événements extrêmes actuels) : être adapté au changement climatique, c'est d'abord être adapté à la situation présente. Le changement climatique agit en grande partie en amplifiant des problèmes déjà existants, et mis à part les événements extrêmes les plus marquants, le changement climatique est rarement le principal facteur de pression sur la durabilité. On peut donc concevoir des mesures d'adaptation au changement climatique en modifiant à la marge les mesures destinées à réduire les risques existants (par exemple, en mettant en place des digues plus hautes en zones urbaines côtières). D'autres mesures peuvent toutefois devenir nécessaires quand le changement de climat devient important. Dans ce cas, la revue des vulnérabilités existantes devient insuffisante pour construire une stratégie d'adaptation et des mesures spécifiques doivent être mises en place pour faire face à des impacts inédits.

Sur le court terme, il est donc utile de s'interroger en premier lieu sur l'origine et l'évolution de la vulnérabilité actuelle. L'augmentation du risque observé actuellement et qui explique l'augmentation des pertes liées aux catastrophes naturelles a des causes précises, liées aux évolutions socio-économiques actuelles :

- migration des populations vers le sud, où les risques sont plus importants ;
- pénurie de foncier conduisant à l'urbanisation des zones inondables, amplifiée par l'augmentation du nombre de ménages et le développement de la maison individuelle forte consommatrice de surface au sol ;
- inégalités spatiales au sein des agglomérations et ségrégation sociale, qui concentrent les difficultés dans certains quartiers, et peuvent pousser les catégories les plus fragiles vers les zones à risques ;
- coût des politiques de réduction des risques, évident dans le cas des politiques de construction d'infrastructures de protection, mais également dans la plupart des autres cas : comme par exemple les contraintes sur les nouvelles constructions, qui présentent un coût économique et politique non négligeable (notamment au niveau local de la commune) ;
- Faible mobilisation politique et citoyenne, sauf dans les quelques années suivant une catastrophe.

- Perte de réflexe de limitation des risques (comme le fait de ne pas habiter le rez-de-chaussée dans les zones inondables) et faible conscience du risque (respect insuffisant des conseils en cas d'alerte) malgré les développements récents (la carte de vigilance de Météo-France, par exemple).

Pour contrôler l'augmentation actuelle du risque et participer à l'adaptation au changement climatique, il faut donc d'abord s'attaquer à ces problèmes. Ensuite, les mesures doivent être amendées pour tenir compte du changement climatique.

Quelques pistes pour l'adaptation sont développées ci-dessous. Il s'agit principalement d'investissements et de modification des normes et des réglementations. Comme il est rappelé dans le rapport du CEDD sur l'économie de l'adaptation (de Perthuis et al. 2010), la production et la fourniture d'informations peuvent également jouer un rôle important. N'étant pas spécifiques au cas urbain, ces questions ne sont pas abordées ici.

En outre, il existe rarement une option « optimale » d'adaptation. Bien souvent, la stratégie d'adaptation la plus appropriée dépend de choix politiques et sociaux, et de la vision qu'une région ou une ville se fait de son futur.

Enfin, les coûts d'adaptation sont relativement moins élevés lorsque les politiques sont anticipées : il est moins cher de bâtir un ouvrage de protection surdimensionné, que d'avoir à le redimensionner ultérieurement, il est moins cher de rendre une zone non urbanisable, que d'avoir à relocaliser une zone déjà habitée etc. Un arbitrage doit ainsi être fait entre des politiques tardives, donc chères, mais effectuées avec un sentiment de nécessité, et une politique effectuée très tôt, meilleure marché, mais effectuée alors qu'aucun sentiment d'urgence n'est là et nécessitant donc un investissement politique important.

Les pistes pour l'adaptation proposées ici doivent donc être considérées comme faisant partie de la « boîte à outils » de l'adaptation, le choix des mesures restant une décision politique méritant un large débat public.

Les politiques urbaines d'adaptation peuvent s'organiser en quatre grandes catégories : les modifications de l'occupation des sols et la planification urbaine (par exemple pour éviter les développements nouveaux dans les zones inondables) ; les investissements directs et notamment dans les ouvrages de protection et les infrastructures de gestion de l'eau ; l'adaptation du cadre bâti, par action directe (investissement) ou indirecte (incitation fiscale et réglementaire) ; l'augmentation de la résilience de la zone (par la diversification économique ou des outils d'aide aux ménages et aux entreprises en cas d'impacts).

Occupation du sol et urbanisation

De nombreuses villes s'étant historiquement implantées près de cours d'eau, ou près de la mer, les centres-villes de nombreuses agglomérations actuelles sont souvent voisins de zones inondables. Si les quartiers les plus anciens sont en général situés hors des zones à risques, l'extension récente des villes a créé une forte pression foncière sur ces zones, conduisant une proportion grandissante de la population et de l'économie dans une situation risquée. C'est un schéma classique, que l'on retrouve dans toutes les villes du monde, de la Nouvelle Orléans à Shanghai, en passant par Paris. En France, ce mécanisme d'urbanisation progressive de zones de plus en plus risquées est amplifié par la baisse de densité de l'habitat, liée à l'augmentation de l'habitat en maison individuelle : chaque ménage occupant plus de surface qu'auparavant, le foncier devient plus vite rare et cher, poussant ainsi les arrivants suivants à s'installer dans des zones moins sûres. C'est ce qui explique en partie que l'habitat en zone inondable ait explosé en France au cours des cinquante dernières années : entre 1999 et 2006, il a ainsi été mesuré une hausse de 7% du nombre de logements situés en zone inondable, c'est-à-dire près de 100 000 logements de plus, sur un panel de 424 communes de plus de 10 000 habitants soumises à un risque majeur d'inondation (Laporte 2009). Dans certaines zones, ce mécanisme est amplifié par la présence d'aménités qui attirent des habitants dans les zones à risques, comme la vue sur la mer ou la proximité d'une rivière (voir l'encadré suivant).

<p>La Nouvelle-Orléans a été fondée en 1718 et est devenue au début du XIXe siècle la plus grande ville du sud des États-Unis. Parce que la zone protégée par les digues naturelles était très petite, la plus grande partie de la ville s'est développée sur des marécages, artificiellement séchés à l'aide de pompes, canaux de drainage et digues artificielles. Au début du XXe siècle, l'utilisation de pompes</p>
--

électriques plus fiables et le développement des digues permirent un développement accéléré de la ville. Depuis lors, cependant, la Nouvelle-Orléans a été inondée quatre fois en dépit de son système de protection, en 1915, 1947, 1965 et en 2005. En 1915, c'était un ouragan de catégorie 4 qui touchait la ville en débordant le système de protection le long de la côte du lac Pontchartrain. Le niveau de l'eau atteint 4 mètres dans certains districts, et il fallut 4 jours pour pomper l'eau hors de la ville. À la suite de cet événement, les stations de pompage furent améliorées et des digues furent élevées le long des canaux de drainage. En 1947, la ville fut touchée par un ouragan de catégorie 3 et les digues le long du lac Pontchartrain cédèrent. 75 kilomètres carrés furent inondés avec une hauteur d'eau pouvant atteindre 1,80 mètre, et 15 000 personnes durent être évacuées. Comme en 1915, des améliorations majeures furent apportées au système de protection au lendemain de la catastrophe, avec l'extension et le relèvement des digues. En 1965, toutefois, l'ouragan Betsy (catégorie 3) inonda à nouveau de la ville. Environ 13 000 maisons furent inondées, laissant 60 000 sans-abri, 53 morts et plus de 1 milliard de dollars de pertes. Cet événement conduisit à l'adoption du Flood Control Act de 1965 par le Congrès américain et à un plan ambitieux pour protéger la Nouvelle-Orléans. Ce plan était censé être pleinement mis en œuvre en 13 ans. Confrontée à des difficultés, y compris des conflits avec la protection de l'environnement, le plan fût mis en œuvre très lentement, et enfin révisé dans le "plan haut niveau", mis en œuvre lentement dans le milieu des années 80 et considéré comme achevé entre 60 et 90 pour cent lorsque Katrina a frappé en 2005. L'échec complet du système de protection de 2005 démontre que la construction et l'entretien n'ont pas été adéquatement supervisés et surveillés. Ce qui est frappant dans cette série de catastrophes est la mise en œuvre systématique de mises à niveau ambitieuses de protections après chaque incident, mais l'absence d'action à long terme sur la gestion des risques.

Encadré 12 : La gestion des inondations de la Nouvelle Orléans (Hallegatte 2010)

L'une des premières dimensions d'un plan d'adaptation et de gestion de risque concerne donc à maîtriser l'occupation du sol, pour limiter les développements dans les zones où le risque d'inondation est trop élevé (c'est-à-dire pour réduire l'enjeu, tel que défini dans l'introduction).

Il est toutefois impossible d'interdire toute nouvelle construction en zone inondable, et le risque zéro n'existe pas. De plus, l'impact de restrictions trop importantes sur la construction aurait comme conséquence une augmentation des prix du foncier, problématique pour la population, et notamment les catégories les moins aisées. Il faut donc trouver des solutions intermédiaires pour les zones où une inondation est possible mais exceptionnelle. Dans ces zones, des constructions respectant certaines contraintes permettent de limiter les risques (en réduisant la vulnérabilité, telle que définie en introduction) : éviter les maisons de plein pied qui ne permettent pas de se réfugier à l'étage en cas de crue rapide, disposer les réseaux (électrique par exemple) de la maison en hauteur pour qu'ils ne soient pas touchés en cas d'inondation, prévoir des matériaux plus résistants à l'eau, voire forcer la construction sur pilotis ou rendre l'évacuation obligatoire en cas d'alerte.

En règle générale, favoriser une densité plus importante permet de concentrer les développements dans les zones les plus sûres, et donc d'éviter des constructions en zones à risques. Les règles d'urbanisme en zones sûres ont donc un impact sur le risque d'inondation, montrant ainsi l'intérêt d'une approche systémique de la gestion des risques et de l'aménagement du territoire.

Les règles d'urbanisme ne concernent évidemment pas seulement les zones inondables : elles influencent aussi l'imperméabilisation du sol, par exemple, ce qui modifie les risques d'inondation.

Plusieurs études ont mesuré que l'existence d'un risque de catastrophe naturelle entraîne une baisse du prix des terrains, toutes choses étant égales par ailleurs. Par exemple, à Istanbul, les prix immobiliers en 2000 étaient plus faibles près de la ligne de faille de la mer de Marmara que loin de cette ligne. En 1995, cette différence de prix n'était pas observée : il est probable que les ménages sont devenus conscients du risque sismique associé à la faille à la suite du séisme de Kocaeli de 1999.

Un autre exemple est la Caroline du Nord, aux Etats-Unis : il y est obligatoire de signaler le risque d'inondation, de manière à ce que les acheteurs soient avertis du risque avant d'acquérir une propriété. Il a été mesuré que le risque d'inondation était reflété dans les prix, avec une diminution du prix des propriétés de 7,3% en moyenne, qui correspond d'ailleurs à la somme actualisée des primes d'assurance contre les inondations. Des études ont également été menées à la suite de l'ouragan Floyd de septembre 1999, qui a affecté 2 millions de personnes et fait 6 milliards de dollars de dégâts. La plupart des habitations n'avaient pas d'assurance inondation avant l'ouragan, et celui-

ci a favorisé la prise de conscience des risques naturels, notamment du risque d'inondation : les habitations en zones inondables ont ainsi vu une réduction de leur valeur de 4% à 12%. La conséquence de ce phénomène est que l'on peut observer une concentration des ménages à bas revenus dans les zones les plus exposées : en effet, ceux-ci habitent de préférence dans les zones où les prix immobiliers sont les moins élevés, vont avoir plus tendance à habiter dans des zones à risques que les ménages plus aisés. Cela a par exemple été observé à Bogota : en moyenne, les ménages pauvres vivent dans des lieux soumis à un risque sismique deux fois plus élevé que les ménages les plus riches. Ce phénomène n'a cependant lieu que *toutes choses étant égales par ailleurs* c'est-à-dire en l'absence de tout autre facteur modifiant l'attractivité des lieux : dans les villes côtières, par exemple, on observe parfois plutôt une concentration des ménages les plus riches sur le front de mer, pourtant zone à risques, mais ceci est dû à l'attrait intrinsèque de l'habitat en front de mer qui l'emporte sur les risques.

Encadré 13 : Les zones à risques ont tendance à être habitées par les ménages les plus pauvres (Hall et Deichmann 2010)

Les stratégies de limitation de l'étalement urbain visant à obtenir un espace urbain contigu ont été employées dans de nombreux pays pour obtenir des communautés urbaines agréables, équitables, et écologiques. Ce confinement urbain peut cependant avoir une conséquence involontaire grave : augmenter la vulnérabilité aux catastrophes naturelles, car il peut inciter à rendre attrayants pour le développement résidentiel et commercial des sites particulièrement dangereux en augmentant la valeur des terres. Cela est d'autant plus vrai que, lorsque les terrains vacants à développer commencent à être rares, les terrains situés en zone à risques peuvent être les biens vacants uniquement disponibles et étant donné que les contraintes de construction pour faire face aux risques de catastrophe naturelle sont généralement capitalisées en valeur foncière, les terres dangereuses peuvent être les moins chères des terres disponibles, toutes choses égales par ailleurs. Ce problème peut être contré si les programmes pour contenir l'étalement urbain sont accompagnés de plans complets et intégrés pour réduire la vulnérabilité aux risques naturels. Un exemple peut être donné par Sydney, en Australie, qui, à cause d'un programme de confinement urbain, a connu une pression croissante sur les zones de risque d'inondation. La consolidation urbaine a été introduite par le plan de la région de Sydney de 1970-2000 et ses mises à jour ultérieures et par les politiques connexes qui fournissent des incitations à la réouverture du développement des zones à densités élevées. Ce programme de consolidation et la haute valeur des terres ont contribué à une augmentation substantielle de l'occupation des zones inondables, occupation que les politiques gouvernementales ont permises en laissant la décision des choix d'aménagement de ces zones aux décideurs locaux.

Encadré 14 : Lien entre risques naturels, planification urbaine, et accès au logement à Sydney (Burby et al. 2001, Burby et al. 2006)

Infrastructures de protection et autres investissements directs

Comme déjà mentionné, les infrastructures de protection – comme les digues – sont importantes dans la prévention des risques, et donc dans l'adaptation au changement climatique. En particulier, des digues sont indispensables pour protéger à un coût relativement faible les zones déjà densément peuplées et urbanisées. Cependant, la mise en place d'une digue implique (i) une maintenance régulière, en l'absence de laquelle une digue peut augmenter la vulnérabilité et conduire à des pertes humaines dramatiques ; (ii) un plan d'aménagement qui délimite clairement les zones protégées, pour éviter que la digue n'attire des investissements et des populations en zones à risques ; (iii) un système d'alerte et d'évacuation, car une digue peut toujours se rompre ou être dépassée par l'intensité d'un événement naturel.

La construction d'une digue doit donc être considérée seulement comme une composante d'un plan de gestion de risque plus large, incluant la maintenance de la digue, des restrictions de construction dans la zone non protégée, et un système d'alerte et d'évacuation.

De plus, l'approche par la protection n'est pas forcément la plus adaptée, et il est crucial de tenir compte de ses impacts négatifs. D'abord, les protections conduisent à une artificialisation des côtes ou des lits de rivières, avec des conséquences sur les paysages et la biodiversité. Par exemple, les digues et autres protections contre les inondations côtières peuvent dans certains cas contribuer à l'épuisement des stocks de poissons en détériorant leur écosystème (Clark 1998), 90% des espèces de poissons dépendant des zones côtières à un moment ou à un autre de leur vie (cet impact secondaire induit aussi des pertes monétaires du fait de son impact sur le secteur de la pêche). Aussi, l'attractivité des zones artificialisées peut être largement réduite, avec un effet sur les activités récréatives et touristiques. Finalement, la protection d'une zone peut augmenter les risques sur une autre portion de côte, ou en aval d'une rivière. Il faut donc prendre garde à ne pas simplement transférer le risque, et travailler à une échelle spatiale suffisante pour prendre en compte tous les effets de la protection.

Les digues ne sont pas les seuls investissements potentiellement rendus nécessaires par le changement climatique. La mise à niveau des systèmes de gestion des eaux – et notamment de drainage et d'assainissement – sera également nécessaire, en particulier dans les zones soumises à de fortes précipitations (le Sud de la France en fait partie). D'autres infrastructures peuvent demander des investissements directs : rehaussement de routes ou autres infrastructures de transport, déplacement et/ou enfouissement de lignes électrique, etc.

Adaptation du cadre bâti aux fortes températures

La modification des conditions climatiques appellera probablement une modification de l'urbanisme et de l'architecture. Dans de nombreuses villes du sud de l'Europe et du Maghreb, l'urbanisme et les bâtiments traditionnels sont adaptés aux hautes températures : ruelles étroites et ombragées qui gardent la fraîcheur, patios, etc. Des études récentes tendent d'ailleurs à démontrer scientifiquement l'effet bénéfique des modes d'habitat traditionnels dans la lutte contre les risques associés aux canicules (par exemple Shashua-Bar et al. 2009).

L'augmentation observée des risques et le changement climatique peut pousser à utiliser ces savoir-faire, et à les exporter dans d'autres régions du monde : ainsi, les pratiques traditionnelles que l'on trouve en Espagne ou en Afrique du Nord pourraient se révéler utiles pour la France à l'horizon de la fin de ce siècle.

On constate d'ailleurs assez souvent que dans les pays chauds les extensions modernes des villes sont plus sensibles au stress thermique : immeubles construits dans les années 1970, tours de bureaux climatisées, larges avenues pour permettre le trafic automobile. Cette « perte » du savoir-faire traditionnel a souvent eu une origine culturelle, ainsi qu'économique : nécessité de permettre le passage des automobiles, méthodes de construction standardisées servant à construire les bâtiments modernes moins chères que les méthodes traditionnelles, etc. Il n'est donc pas *a priori* évident d'utiliser ces techniques traditionnelles.

Pour répondre à la consultation du Grand Paris de l'agglomération parisienne (<http://www.legrandparis.culture.gouv.fr/>), une équipe variée rassemblant des architectes-urbanistes (Ateliers Lion, François Leclercq, Seura architectes), des paysagistes (Atelier Alfred Peter), des chercheurs en sciences sociales (Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés) et en météorologie (Météo-France, CNRS) et des spécialistes des questions énergétiques (Transsolar) a été constituée. Ensemble, ils ont pu élaborer des projections de l'urbanisation de la région Ile de France pour 2030 selon de nombreux critères parmi lesquels figurait la préoccupation du microclimat urbain. Ainsi, deux simulations numériques des écoulements atmosphériques pendant la canicule de 2003 ont été réalisées. La première considérait l'état actuel de l'occupation du sol et la seconde un nouveau scénario d'aménagement.

Dans ce projet, les actions concernent une augmentation de la surface des forêts (30% supplémentaire) autour de l'agglomération, une augmentation de la fraction de végétation dans les zones périurbaines peu denses, et une modification des revêtements de surface dans les zones périurbaines et le centre de Paris. Les résultats montrent pour ce scénario d'aménagement une

atténuation des températures nocturnes de ce cas de canicule de 2 à 3°C en comparaison avec la situation actuelle d'occupation des sols (Figure 17). Ainsi, cette étude montre que l'on peut réduire l'impact d'une canicule même en modifiant l'usage des sols à une distance raisonnable de la ville où la pression foncière est moins forte.

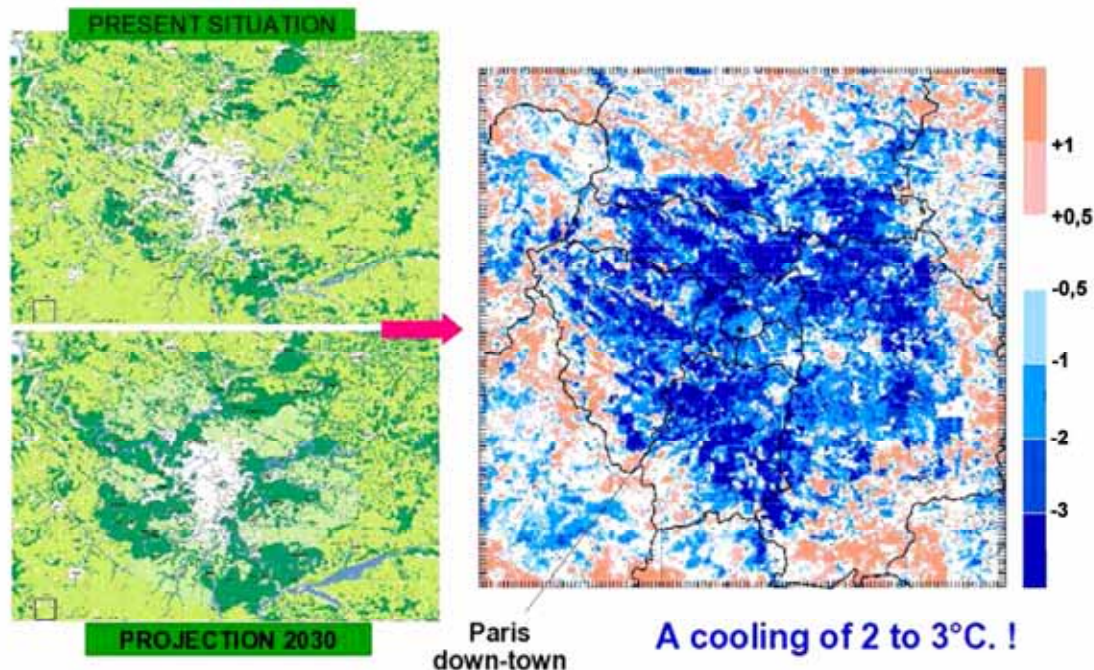


Figure 17 : Différence de température la nuit entre deux simulations de l'épisode de la canicule de 2003. La simulation de référence est réalisée avec les caractéristiques actuelles de l'occupation du sol de la région Ile de France, l'autre est réalisée avec un scénario d'expansion des forêts ceinturant Paris et l'utilisation de matériaux réfléchissants pour les toits (étude menée en partenariat avec les ateliers Lion, Peters et Transsolar dans le cadre du Grand Pari de l'agglomération parisienne [Groupe Descartes]).

Encadré 15 : Impact d'une modification du cadre bâti pour réduire la vulnérabilité aux canicules – Application sur Paris Ile de France

Aujourd'hui, l'adaptation du cadre bâti pose des questions inédites en raison du coût de cette adaptation (probablement plusieurs centaines de milliards d'euros pour la région Ile-de-France par exemple) et du temps nécessaire pour qu'une transformation soit significative et ait un impact visible. Il faut donc s'interroger sur le choix entre modifier les normes pour les nouveaux bâtiments seulement ou imposer une rénovation aux bâtiments existants. En cas de rénovation, le rythme de rénovation est essentiel : plus l'adaptation est faite rapidement, plus elle est coûteuse (et pose des problèmes de main d'œuvre et de qualification) ; il faut donc sans doute commencer le plus tôt possible, pour pouvoir faire cette transformation à un rythme suffisamment lent pour être faisable économiquement.

Si cette adaptation est faite correctement, elle produirait également des co-bénéfices intéressants : rénovation accélérée de l'habitat en mauvais état, réduction des consommations d'énergie liées au chauffage, amélioration de la qualité de vie des habitants.

Augmentation de la résilience urbaine

Les villes sont susceptibles d'avoir à faire face à de nombreux chocs liés au changement climatique, que ce soient des événements extrêmes comme les tempêtes ou des pertes d'activité liées à un changement des flux touristiques. En plus des stratégies visant à réduire la vulnérabilité à chacun de ces chocs (adaptation du bâti, modification des infrastructures, etc.), il est possible de chercher à augmenter la résilience globale de la zone.

Ceci peut se faire par la diversification de l'économie locale. Par exemple, une ville dépendante de l'activité touristique ou de la pêche peut chercher à créer des activités additionnelles qui n'ont pas les mêmes vulnérabilités que les activités existantes, afin de limiter le risque que toutes les activités locales soient touchées par un même choc, en même temps. Aussi, les villes étant très vulnérables à l'interruption des services en réseau (transport, communication, énergie), travailler sur la redondance de ces réseaux peut être intéressant.

Les villes peuvent également mettre en place des outils spécifiques visant à aider les habitants et les entreprises locales à faire face aux chocs, qu'ils soient ponctuels ou étalés dans le temps. Il peut s'agir d'institutions apportant de l'information sur les impacts locaux attendus du changement climatique aux décideurs locaux, ou de systèmes d'entraide ou d'assurance.

L'une des forces des stratégies qui visent à augmenter la résilience est qu'elles apportent des bénéfices qui peuvent aller bien au-delà de l'adaptation au changement climatique, en réduisant la vulnérabilité générale d'une région.

Conclusion : La réduction de la vulnérabilité en pratique

Les conclusions principales de ce chapitre sont de plusieurs ordres.

D'abord, les villes ont des vulnérabilités particulières au changement climatique, mais ces vulnérabilités sont souvent une amplification de problématiques existantes (par exemple, les inondations). Ceci suggère de commencer par la mise en place de mesures d'adaptation sans regret, qui permettent d'améliorer la situation existante des villes et de générer des co-bénéfices intéressants, tout en réduisant la vulnérabilité future au changement climatique.

D'autres mesures peuvent toutefois devenir nécessaires quand le changement du climat devient important ou quand la prise en compte du long terme devient nécessaire. Dans ce cas, la revue des vulnérabilités existantes devient insuffisante pour construire une stratégie d'adaptation et des mesures spécifiques doivent être mises en place pour faire face à des impacts potentiellement inédits. C'est par exemple le cas pour les grandes opérations d'aménagement qui créent des irréversibilités sur le long terme. Pour ces politiques d'anticipation et de préparation, la prise en compte de l'incertitude sur les changements climatiques futurs est indispensable, et une coordination entre acteurs est nécessaire.

Ensuite, la vulnérabilité actuelle des villes s'explique par des évolutions socio-économiques et démographiques défavorables (migration vers les zones à risques, pénurie de foncier, surconsommation en eau, etc.), auxquelles il faut apporter des réponses spécifiques : plutôt que de seulement rechercher à réduire les risques, il faut considérer les facteurs explicatifs de l'augmentation des risques, et s'attaquer à leurs causes originelles.

Enfin, l'une des spécificités des villes est leur fonctionnement en tant que système, qui impose de concevoir les stratégies d'adaptation de manière intégrée en tenant compte des impacts combinés dans différents secteurs et différentes zones, et d'autres objectifs politiques et économiques (Bulkeley et al. 2005) (réduction des émissions, mais aussi réduction des inégalités spatiales et développement économique).

Dans le choix d'une politique de réduction de la vulnérabilité, il est donc nécessaire de travailler dans un cadre extrêmement large, tenant compte de multiples éléments et objectifs. L'adaptation des territoires ne peut être faite qu'au cas par cas pour chaque territoire, en fonction des effets secondaires des mesures, positifs ou négatifs, de leurs coûts et des choix politiques locaux.

Il est particulièrement important de considérer les interactions entre politiques d'adaptation et politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (Hamin et Gurran 2009). En effet, ces deux ensembles de politiques utilisent a priori les mêmes instruments (par exemple les politiques d'usage des sols, les infrastructures de transport, les normes de construction etc.) et doivent donc être définis de manière cohérente. Par exemple, diminuer les besoins en chauffage ou en climatisation des bâtiments ou améliorer la planification des déplacements sont des mesures

d'adaptation efficaces, car elles aident à réduire l'effet d'ICU et la demande énergétique. Ce sont également des politiques efficaces de réduction des émissions de gaz à effet de serre. En revanche, un développement à grande échelle de la climatisation, s'il réduit la vulnérabilité au stress thermique, augmente les consommations d'énergie et va à l'encontre des politiques de réduction des émissions. De la même manière, augmenter le nombre de parcs en ville peut être efficace pour diminuer l'effet d'ICU, mais réduit la densité de la ville, augmentant possiblement les distances à parcourir par les habitants, donc augmentant possiblement les trajets en voiture et la consommation d'énergie. Tandis que les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont définis au niveau global de manière indépendante des politiques d'adaptation, au niveau local, il est utile de planifier ces deux types de politiques conjointement.

Enfin, les politiques d'adaptation peuvent aussi présenter des effets secondaires positifs dans le sens où elles sont souvent sans regret, c'est-à-dire réduisent la vulnérabilité actuelle des villes aux aléas climatiques, et sont donc bénéfiques quelle que soit l'amplitude du changement climatique. Une manière efficace et progressive de commencer à réduire la vulnérabilité au changement climatique consiste donc à prendre en compte le changement climatique dans toutes les actions qui ont une influence sur le niveau des risques naturels actuel et sur la gestion durable des ressources, pour éviter de devoir réinvestir inutilement dans un avenir plus ou moins proche. Ces mesures sans regret ne seront cependant pas suffisantes à elles seules, et il sera nécessaire de mettre en place des actions spécifiques au changement climatique pour faire face à des conditions nettement différentes de celles pour lesquelles nos villes ont été conçues.

Il reste aujourd'hui impossible d'évaluer le coût du changement climatique pour les villes, ou d'estimer les montants qu'il faudra investir dans l'adaptation. Il apparaît toutefois clairement dans la littérature scientifique que des politiques d'adaptation adéquates mises en place d'une manière suffisamment anticipée seraient à même de limiter de manière extrêmement importante l'impact total du changement climatique.

Chapitre 2 Les villes aujourd'hui, laboratoire d'adaptation au changement climatique

Auteur principal : Benjamin Garnaud (IDDRI)

Contributeurs (ordre alphabétique) : Raphaël Billé (IDDRI), Tania Daccarett (Sciences Po-IDDRI), Yohan Demasse (ENPC-IDDRI), Martine Duquette (UQAM-IDDRI), Oscar Gentil (ENPC-IDDRI), Stéphane Hallegatte (CIRED-Météo-France), Benoit Lefèvre (IDDRI), Alexandre Magnan (IDDRI), Vincent Vigié (CIRED)

Introduction : l'adaptation, un processus en devenir

Le premier chapitre de ce rapport a présenté les principaux impacts attendus du changement climatique sur les villes, et les vulnérabilités qu'elles présentent face à l'évolution du climat. Ce second chapitre porte sur l'adaptation des villes au changement climatique. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit l'adaptation comme un ajustement dans les systèmes naturels ou humains en réponse à un stimulus climatique (présent ou anticipé) ou à ses effets, et qui a pour but d'en modérer les conséquences négatives ou de tirer bénéfice des opportunités.

L'adaptation au changement climatique est un sujet relativement nouveau, bien qu'il soit apparu dans les discours scientifiques et politiques dès le début des années 1990 en même temps que la réduction des émissions. La Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (1992) souligne le besoin de s'adapter autant que celui de réduire les émissions. En pratique cependant, la prise en compte de l'adaptation a pris du retard par rapport à l'atténuation car elle était vue comme une façon d'éviter de s'engager à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le changement de siècle a vu un changement d'approche, conséquence d'une prise de conscience du caractère inéluctable d'une évolution, au moins partielle, du climat. L'adaptation est passée du stade d'option à celui de nécessité.

Cette nécessité d'agir ne pouvait cependant pas se fonder sur une science de l'adaptation mûre et applicable, car celle-ci naissait à peine et reste encore relativement jeune. Il fut donc décider d'apprendre en essayant, c'est-à-dire de lancer un effort global de mise en œuvre de l'adaptation qui s'est principalement traduit par le financement de petits projets dans le cadre de la coopération pour le développement. Une partie conséquente de l'adaptation est donc mise en œuvre dans les pays en développement, principalement dans les domaines de l'agriculture, de la gestion de l'eau et des zones côtières. Les pays développés ont tout de même été rattrapés par cet effort mondial de mise en œuvre et c'est principalement dans les villes que s'y concentrent les initiatives d'adaptation.

L'objectif de ce chapitre est double. Il s'agit d'abord de faire un état des lieux de cette mise en œuvre dans les villes et de répondre à la question : « que font les villes en matière d'adaptation aujourd'hui ? ».

Il s'agit ensuite de tirer de cet état des lieux un certain nombre de tendances, de points positifs ou de manques qu'il est utile de mettre en avant pour répondre, au moins en partie, à la question : « comment mettre en œuvre une politique d'adaptation dans les villes ? ».

Pour cela, est dressé tout d'abord un panorama de l'adaptation dans les villes françaises, puis examinées les initiatives d'adaptation de villes internationales pertinentes pour les cas français. L'examen de ces initiatives françaises et étrangères montre, d'une part, qu'elles sont encore relativement rares et dans un stade initial et, d'autre part, que l'identification de leviers et de barrières à la mise en place de stratégies d'adaptation est un enjeu majeur de leur avenir. Il montre aussi que de nombreuses politiques et mesures de la ville qui ne sont pas labellisées « adaptation » participent de fait à l'effort d'adaptation, ou peuvent participer à cet effort si elles prennent en compte le changement du climat, ou au contraire contribuent à une « mal-adaptation ». L'intégration de ces mesures dans une stratégie d'adaptation urbaine est, elle aussi, un enjeu majeur d'une adaptation urbaine réussie. La fin de ce chapitre reprend les principales leçons tirées de chacune des analyses précédentes et propose un cadre de pensée pour la conception de stratégies d'adaptation urbaines.

Les deux types de villes, françaises et étrangères, n'ont pas reçu le même traitement. L'étude des villes françaises a été faite dans un souci de dresser le panorama le plus précis possible des démarches entreprises. Notre approche des villes internationales a été plutôt guidée par un souci de reproductibilité : nous avons sélectionné des villes dont l'expérience peut être utilisable par les villes françaises. La méthodologie est cependant la même : les données proviennent des publications existantes (cf. annexe 6) et d'une série d'entretiens menés auprès des acteurs locaux dans le cadre de cette étude (voir liste des personnes interviewées en annexe3). Elles ont été récoltées entre juin et août 2010, et le chapitre n'intègre donc pas d'évolutions ultérieures. Etant données les conditions de réalisation de l'étude, nous avons souvent fonctionné à dire d'experts. Nous assumons toutefois l'unique responsabilité des résultats présentés ici, y compris les éventuelles erreurs ou omissions. Par ailleurs, les points de vue exprimés dans ce chapitre sont ceux des auteurs uniquement, et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique.

Pratiques actuelles d'adaptation dans les villes françaises

Cette première partie dresse un panorama de la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes françaises. Au-delà d'un simple catalogue d'initiatives, l'objectif est de mettre en exergue les principales caractéristiques des démarches d'adaptation urbaines. L'un des principaux constats est que la mise en œuvre débute à peine dans les villes françaises : la volonté d'adaptation au changement climatique est encore limitée et elle ne considère qu'un nombre restreint d'impacts du changement climatique.

Quels cadres pour l'adaptation dans les villes ?

L'adaptation au changement climatique est un sujet récent en France, et les villes n'échappent pas à la règle. Les entretiens menés montrent que les quelques initiatives qui s'y développent sont volontaires et se font principalement dans le cadre de Plans Climat -Energie Territoriaux (PCET) et/ou d'Agendas 21 locaux. A l'heure actuelle, 200 PCET sont engagés en France, dont 4 dans les départements et régions d'outre-mer.

Pour soutenir les collectivités locales désireuses d'élaborer un PCET, l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a produit en 2009 un guide méthodologique *Construire et mettre en œuvre un Plan Climat-Énergie Territorial* qui précise qu'un PCET devrait avoir deux volets complémentaires et indispensables : un volet atténuation (la réduction des émissions de gaz à effet de serre) et un volet adaptation (qu'il définit comme la réduction de la vulnérabilité du territoire au changement climatique). Cependant, la plupart des PCET développés jusqu'à présent mettent surtout l'accent sur l'atténuation, et l'adaptation est souvent laissée de côté, certaines se limitant à un paragraphe général et peu opérationnel. La loi Grenelle II impose cependant désormais un volet adaptation dans les PCET (article L.229-26, II, 2° du Code de l'environnement adopté dans le cadre de la Loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010). Seuls quelques rares cas (notamment la ville de Paris et le Grand Lyon) présentent un chapitre dédié à l'adaptation proposant des pistes d'action concrètes.

Les villes peuvent aussi intégrer leur démarche d'adaptation dans leur Agenda 21. Initiative à la fois plus ancienne et plus large, parce que visant l'ensemble des aspects du développement durable, les Agendas 21 locaux sont plus nombreux que les PCET. Actuellement, plus de 550 collectivités territoriales (19 régions, 40 départements, 107 réseaux intercommunaux et 266 communes, dont 39 des villes de plus de 50000 habitants) se sont engagées dans l'élaboration d'un Agenda 21. Ces Agendas 21 n'incluent donc pas automatiquement de PCET, et des villes qui n'ont pas de PCET peuvent théoriquement entamer des réflexions et prendre des mesures en matière d'adaptation au changement climatique dans le cadre de leur Agenda 21. La Communauté Urbaine de Lyon (Grand Lyon), dont le PCET comporte déjà une partie adaptation ambitieuse, considère par exemple que l'adaptation devrait être traitée de manière transversale dans les différents volets de son Agenda 21.

Enfin, les actions d'adaptation au changement climatique qui se font en dehors des cadres proposés par les PCET ou les Agendas 21 sont minoritaires, et sont surtout des initiatives à l'échelle d'un quartier et non pas d'une ville entière. C'est le cas par exemple du quartier Luciline à Rouen.

Au final, il est encore difficile d'avoir une vision exhaustive de l'état des lieux de l'adaptation dans les villes françaises : celles qui ont entamé des démarches sont encore plus l'exception que la règle, en sont à un stade liminaire et les informations sont encore peu diffusées. Un premier bilan montre cependant que, malgré une très grande jeunesse du sujet, des initiatives émergent. Les analyses qui suivent sont basées sur l'étude des villes suivantes : Béthune, Communauté Urbaine de Bordeaux, Communauté Urbaine de Dunkerque, Agglomération de Grenoble, Grand Lyon, Paris, Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique, Mulhouse Alsace Agglomération, Nanterre, Nantes Métropole, Communauté Urbaine de Poitiers, Le Port (La Réunion), Rennes, Rouen. Parmi celles-ci une attention particulière est portée sur le Grand Lyon, Paris et le quartier Luciline de Rouen qui sont un peu plus avancés dans leurs démarches d'adaptation (cf. encadrés 1, 2 et 3).

Le Grand Lyon a démarré en 2004 un Plan Climat Territorial dans le cadre de son Agenda 21 local, qui ne traitait pas d'adaptation. Sous l'influence d'une association spécialisée dans le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (Hespul, <http://www.hespul.org/>), et d'un réseau européen d'autorités locales engagées dans la protection du climat global (Climate Alliance, <http://klimabuendnis.org/>), le Grand Lyon a été amené à intégrer les enjeux d'adaptation dans son développement.

Le lien s'est fait à travers un projet européen, AMICA (<http://www.hespul.org/Programme-AMICA.html>), dont le but est d'identifier les synergies possibles et d'éviter les conflits entre mesures d'atténuation et mesures d'adaptation. Dans le cadre de ce projet, le Grand Lyon a été

amené à choisir un risque lié au changement climatique : ce fût le stress thermique lié aux îlots de chaleur, qui a en particulier permis de montrer certaines contradictions entre mesures de réduction des émissions qui poussent à densifier la ville et mesures d'adaptation qui recommandent au contraire des villes moins denses pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbains (ICU).

La fin du projet AMICA en 2007 a conduit le Grand Lyon à poursuivre le travail en l'incorporant dans différents aspects de son Agenda 21.

Quelques actions mises en œuvre sont :

- Cartographie d'ICU. Modélisation très approfondie des quartiers qui risquent de souffrir d'ICU. Volonté d'utiliser des cartes satellitaires pour la suite.
- Intégration de la thématique dans le SCOT et le PLU (travail exploratoire).
- Mise en place d'un réseau de collaboration : Grenoble, Lyon, Saint-Étienne.
- Plantation d'arbres, choix des essences en fonction des résistances.
- Perméabilisation des sols.
- Toitures végétalisées.

Encadré16 : le Grand Lyon

Le plan d'adaptation de la ville de Paris est intégré à son Plan Climat-Energie Territorial et date de 2007. Il propose des actions pour faire face aux risques de canicule et de crue de la Seine, que la ville a identifiés comme les deux principaux risques climatiques après les conséquences de la canicule de 2003 (surmortalité de 127% dans la capitale) et des inondations de 1910.

La ville propose trois mesures pour faire face au risque canicule :

- L'activation du Plan Canicule de Paris ;
- L'adaptation des bâtiments pour améliorer le confort d'été (maîtriser le recours à la climatisation et développer une filière professionnelle dédiée) ;
- La prolongation du programme de végétalisation de la capitale.

La gestion du risque inondation passe par une révision du Plan de Prévention des Risques d'Inondation.

Encadré17 : la ville de Paris

L'origine de ce projet est la volonté de la ville de Rouen de rénover le quartier Luciline, ancien quartier industriel des bords de Seine. Elle confie la réalisation du projet à Rouen Seine Aménagement (RSA, <http://www.rouen-seine.fr/>), société d'économie mixte regroupant capitaux privés (banques) et publics (mairie de Rouen et agglomération de Rouen). Souhaitant intégrer une dimension géothermique dans le projet, RSA est allé chercher des financements auprès du réseau européen *Future Cities* (<http://www.future-cities.eu/fr.html>). En contrepartie, le projet a dû intégrer un volet d'adaptation dont les principales actions sont :

- Valorisation des eaux dans l'espace public (rendre visible la rivière Luciline qui est actuellement souterraine, création de fossés de récupération d'eau de pluie) ;
- Végétalisation du quartier.

Ces deux éléments visent à réduire les températures du quartier et augmenter les surfaces perméables, et donc de faire face aux risques de stress thermique et d'inondations

Impacts pris en compte

Nous nous intéressons dans cette partie à l'objet d'adaptation, c'est-à-dire aux impacts du climat auxquels les villes cherchent à répondre dans leur approche. Comme le premier chapitre l'a montré, les impacts potentiels du changement climatique sur les villes sont nombreux. Toutes les villes ne font cependant pas face aux mêmes risques. On constate à travers les cas étudiés qu'elles n'en examinent qu'un nombre restreint en fonction de ceux auxquels elles se considèrent plus vulnérables.

Aucune étude détaillée de vulnérabilité au changement climatique au niveau des villes n'est apparue au cours de notre enquête. Ces dernières utilisent plutôt la connaissance disponible sur les risques climatiques actuels pour cibler leur adaptation. Cette connaissance provient pour l'essentiel des événements passés, des données historiques et de l'avis des experts locaux. Les principaux risques considérés par les villes sont les différentes formes de stress thermique (vagues de chaleur, îlots de chaleurs, canicules), les inondations (qui peuvent provenir du ruissellement, de la saturation de nappes phréatiques, de crues de cours d'eau, ou de la mer en cas de tempêtes), les sécheresses et les tempêtes ou les cyclones. Les villes prennent parfois en compte des combinaisons de ces risques qui en créent de nouveaux : c'est le cas du retrait-gonflement des sols argileux, de l'érosion ou encore des glissements de terrain, décrits dans le premier chapitre.

Aucune des villes étudiées ne semble faire une distinction claire entre les changements climatiques progressifs (augmentation des températures moyennes ou élévation du niveau de la mer, par exemple) et les événements extrêmes (tempêtes, vagues de chaleurs, sécheresses). En réalité, elles ne cherchent à s'adapter qu'aux événements extrêmes et éventuellement à l'évolution de leur intensité et de leur occurrence, et ne se penchent pas encore sur les enjeux spécifiques des changements de long terme. Souvent même, elles estiment s'adapter au changement climatique en diminuant leur vulnérabilité aux événements extrêmes. Deux explications sont avancées. La première est qu'une ville préparée à résister à un événement extrême se considère aussi préparée à subir des changements progressifs. La seconde est la croyance générale que l'adaptation à un climat qui change progressivement se fait spontanément, et qu'il n'y a donc pas besoin de la préparer. Selon cette croyance, les citoyens s'adaptent automatiquement aux changements progressifs, et voient leur rôle limité à la planification d'une adaptation aux événements extrêmes et à leur évolution.

Le constat d'ensemble est donc que les villes adoptent une vision relativement limitée des impacts du changement climatique, ne prenant pas en compte d'éventuels impacts positifs et ont fortement tendance à se concentrer sur des événements climatiques passés et emblématiques sans véritablement considérer leur évolution future.

Scénarios et données climatiques utilisés

Adapter une ville au changement climatique demande de connaître les projections climatiques pour les décennies à venir. L'étude montre cependant que les villes font un usage limité des données climatiques : elles ne basent pas la définition de mesures d'adaptation sur des projections climatiques, mais plutôt sur des tendances, faute de disposer aujourd'hui d'un outil interactif (cependant en cours de définition dans le cadre du projet de recherche DRIAS, présenté en Annexe 1). Le Grand Lyon publie ainsi des cartes d'évolution des températures en France, mais se base sur des augmentations de température comprises entre 2 et 6°C et une plus grande

variabilité des précipitations. Il arrive aussi que les cabinets de conseil simplifient les informations climatiques qu'ils fournissent aux municipalités en n'en retenant que les grandes lignes, par exemple un réchauffement de 2°C et une élévation du niveau de la mer d'un mètre à l'horizon 2100.

Les données climatiques sont finalement rarement utilisées de façon précise et n'ont qu'un rôle d'aiguilleur. Les villes utilisent plutôt les données passées d'événements extrêmes, tablant éventuellement sur une augmentation de l'occurrence de ces événements sous l'effet du changement climatique. Paris ou Grenoble, qui cherchent à s'adapter au stress thermique, se basent ainsi sur les données de la canicule de 2003 ; la ville de Rouen adapte son quartier de Luciline en le préparant à une inondation semblable à celle de 1910, et Paris ajoute une marge de 25% à la hauteur de l'inondation de 1910. Il est ici intéressant de noter que, d'après le projet RexHyss de l'Agence Nationale de la Recherche conduit par le laboratoire Sisyphe, il est plus probable que le risque d'inondation baisse plutôt que n'augmente à Paris. Cependant, la marge d'incertitude sur ce résultat est suffisante pour justifier une telle politique de prévention des inondations.

Etant donné que les mesures d'adaptation proposées par les villes sont souvent « sans regrets », il n'est pas nécessaire qu'elles aient une compréhension précise des évolutions climatiques pour les mettre en œuvre. Qu'elles n'utilisent pas de données climatiques plus précises n'est donc pas forcément un problème dans un premier temps. Par exemple, les villes qui s'adaptent au risque de stress thermique en renforçant leur plan canicule (comme Paris) ou en cherchant à limiter le phénomène d'ICU (comme le Grand Lyon) n'ont pas besoin de savoir si l'augmentation de température estivale dans le centre ville sera de +2,5 ou +3°C en 2100. Il leur suffit de savoir que le risque augmentera avec l'élévation des températures.

Domaines et secteurs concernés

L'étude des démarches d'adaptation des villes françaises montre qu'elles adoptent plutôt une approche par risques plutôt que par secteurs ou domaines. Un des éléments déclencheurs de leur prise en compte de l'adaptation est un sentiment de vulnérabilité face à un événement extrême, généralement l'inondation ou le phénomène d'îlots de chaleur. Par conséquent, les villes réfléchissent à une batterie de mesures pour réduire leur vulnérabilité à ce risque, plutôt qu'à adapter des secteurs à l'ensemble des impacts du changement climatique. Le tableau 1 liste les risques auxquels cherchent à s'adapter cinq villes françaises et des mesures d'adaptation qu'elles proposent. Il montre que les deux principaux risques sont invariablement le stress thermique (canicule, îlots de chaleur urbain) et les inondations (côtières ou fluviales).

Etant deux des compétences principales des villes et des communautés urbaines, l'eau et la prévention des risques sont les domaines transversaux les plus traités dans les plans d'adaptation des villes. Il arrive d'ailleurs que la gestion du projet d'adaptation au changement climatique soit confiée à la direction de l'eau ou à celle des risques (c'est le cas par exemple à Nantes Métropole).

Pour ce qui est des secteurs en tant que tels, l'action des autorités urbaines est limitée par leurs compétences. Le secteur sur lequel elles ont le plus de prise est sans aucun doute celui de l'urbanisme et du cadre bâti. Les villes se préoccupent souvent d'adaptation au moment de réviser leur Plan Local d'Urbanisme (PLU) ou leur Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT), de choisir les matériaux utilisés pour les voiries, d'aménager les espaces verts et d'installer les systèmes de gestion d'eaux pluviales. Le Grand Lyon construit ainsi son PCET en lien direct avec son SCOT, et l'Agence d'Urbanisme de Lyon est en charge de la cohérence entre PCET, SCOT et PLU. La

perspective de construire ou d'aménager « pour longtemps » est un des facteurs de prise en compte des impacts du changement climatique. En outre, les villes jouent aussi un rôle de modèle auprès des particuliers et des entreprises de construction en réalisant des bâtiments publics adaptés au changement climatique (en termes de confort d'été, de qualité de l'air et de résistance aux inondations par exemple).

Il arrive par ailleurs que les villes, comme Nantes Métropole, mentionnent l'importance des partenariats entre territoires et centres de recherche dans leur plan d'adaptation. On trouve aussi des propositions d'intégration des enjeux climatiques dans les formations professionnelles, en particulier dans le secteur du bâtiment. Les villes insistent enfin sur la nécessité de communiquer leur plan d'adaptation une fois établi, par exemple en utilisant les moyens utilisés pour le volet atténuation de leur plan climat. Mais, malgré la reconnaissance de cette nécessité, la pratique montre que leur communication sur les actions d'adaptation qu'elles mettent en œuvre ou les stratégies qu'elles adoptent est encore limitée.

	Communauté urbaine de Dunkerque	Grand Lyon	Nantes Métropole	Paris	Quartier Luciline (Rouen)
Inondations	<ul style="list-style-type: none"> Diagnostic de l'état des ouvrages de protection de la mer Travaux d'entretien de ces ouvrages Modélisation des scénarios de ruptures et de franchissements de digues et atlas de zones inondables Meilleure gestion des zones humides, tampon en cas de submersion 	<ul style="list-style-type: none"> Perméabilisation des sols 	<ul style="list-style-type: none"> Modélisation de la Loire 	<ul style="list-style-type: none"> Révision du PPRI 	<ul style="list-style-type: none"> Création de fossés de récupération d'eau de pluie Séparation eaux pluviales / eaux usées Augmentation des surfaces perméables Analyse du débit de la rivière Luciline
Stress thermique	<ul style="list-style-type: none"> Valorisation de l'eau et de la végétation en centre ville 	<ul style="list-style-type: none"> Modélisation et cartographie d'ICU, et mesures de température par satellite Espaces verts Toitures végétalisées Utilisation de l'eau pour rafraîchir sur les berges du Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> Valorisation des espaces verts Toitures végétalisées 	<ul style="list-style-type: none"> Activation du Plan Canicule de Paris Adaptation des bâtiments pour améliorer le confort d'été (maîtriser le recours à la climatisation, développer une filière professionnelle dédiée) Prolongation du programme de végétalisation 	<ul style="list-style-type: none"> Végétalisation de la ville Valorisation de l'eau en tant qu'élément climatiseur
Ecosystèmes		<ul style="list-style-type: none"> Choix d'espèces adaptées au climat futur 			

Tableau 1 : Risques considérés et mesures proposées dans les plans d'adaptation de cinq villes françaises

NB : Les informations disponibles sur les impacts anticipés, les risques considérés et les actions proposées par les villes sont lacunaires. Ce tableau ne doit donc pas être lu comme une liste exhaustive des démarches engagées par les villes citées, mais comme une liste d'exemples de quelques actions qu'elles entreprennent ou qu'elles envisagent.

Les actions d'adaptation

S'adapter au changement climatique recouvre une grande diversité d'actions potentielles, depuis la discussion préliminaire à la construction d'infrastructures, en passant par la création d'un cadre institutionnel d'action ou l'information et l'éducation. Tout comme le « développement urbain », l'adaptation d'une ville au changement climatique n'a pas de contours précis. Il est donc intéressant de se pencher sur ce que les villes proposent en termes d'action dans les plans d'adaptation qu'elles mettent en place. On peut classer ces « actions » d'adaptation suivant leur type ou suivant les risques ou les impacts auxquels elles s'adressent. On peut distinguer cinq types d'actions : renforcement des connaissances, information du public, élaboration de stratégies, aspects institutionnels et réglementaires, investissements physiques. Ces types d'actions sont complémentaires et les villes en proposent généralement plusieurs pour faire face à un risque. Le Tableau 2 propose des actions d'adaptation suivant cette matrice type/risques.

Risques	Renforcement des connaissances	Information	Stratégies	Aspects institutionnels et réglementaires	Investissements physiques
Stress thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie des îlots de chaleur urbains • Identification des populations les plus vulnérables • Liste des espèces menacées • Identification des nouvelles pathologies potentielles 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion des risques et des comportements à adopter 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan Canicule 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptation des institutions pour agir selon le Plan Canicule 	<ul style="list-style-type: none"> • Végétalisation des villes • Augmentation du nombre de points d'eau dans la ville • Construction de bâtiments aérés
Inondations	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie des zones inondables • Modélisation du comportement des fleuves 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion de l'information sur les zones à risque • Diffusion de l'information sur les comportements à adopter 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix de matériaux et d'essences végétales pour l'aménagement urbain • Amélioration de la gestion des eaux de pluies 	<ul style="list-style-type: none"> • Révision des PPRI • Interdictions de construction dans les zones à risque 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de matériaux perméables • Déminéralisation de la ville • Développement de systèmes de gestion d'eau de pluie • Constructions sur pilotis
Cyclones et tempêtes	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes au niveau régional 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion de l'information sur les comportements à adopter 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan Orsec 		
Sécheresse	<ul style="list-style-type: none"> • Liste des espèces menacées • Amélioration de la connaissance des débits des cours d'eau et du volume des aquifères • Cartographie des zones à risque de retrait gonflement des argiles (RGA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Incitation à l'utilisation rationnelle des ressources en eau • Diffusion de l'information sur les zones à risque de RGA • Diffusion de l'information sur les comportements à adopter 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix de matériaux et d'essences végétales pour l'aménagement urbain 	<ul style="list-style-type: none"> • Normes de construction en zone de RGA 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'essences végétales résistantes à la sécheresse • Développement de systèmes de gestion d'eau de pluie
Multirisque	<ul style="list-style-type: none"> • Concours et projets de prospective • Descente d'échelle des modèles climatiques • Suivi des zones humides 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de réseaux de partage d'expériences • Sensibilisation • Formation et sensibilisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de l'adaptation comme critère d'orientation stratégique • Coopération internationale avec des villes en développement sur des projets d'adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusion du critère adaptation au changement climatique dans les SCOT et PLU • Création d'une direction chargée de l'adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> • Préservation des zones humides

Tableau 2 : Exemples d'actions d'adaptation (proposées ou potentielles) par type et par risque

Caractéristiques des démarches d'adaptation

Nous avons vu que les villes françaises entreprennent principalement leurs actions d'adaptation au sein d'un plan, qu'il prenne la forme d'un PCET ou d'un Agenda 21. Pour simplifier la lecture, ces démarches sont nommées ici « plans d'adaptation », bien qu'il soit légitime de considérer qu'ils n'en ont pas encore l'ambition. L'étude de ces plans d'adaptation fait ressortir un certain nombre de caractéristiques communes qu'il est utile de présenter pour cerner plus en détail ce qu'ils recouvrent. Sont évoqués ici les acteurs qui prennent part à leur conception, l'échelle spatiale et l'horizon temporel considérés, le mode de financement auquel les villes ont recours, les outils qu'elles utilisent, l'évaluation des actions et enfin l'effort consacré à la communication de leur démarche.

Les acteurs impliqués

L'élaboration des plans d'adaptation est souvent voulue comme une démarche participative. La Communauté Urbaine de Bordeaux, Rouen, le Grand Lyon ou la Communauté Urbaine de Dunkerque insistent ainsi sur l'importance de la concertation, que ce soit pour identifier les actions à mener ou pour informer et sensibiliser les parties prenantes. La supervision du projet lui-même est confiée à une direction de l'autorité municipale, et une partie au moins de sa réalisation est déléguée à des consultants. C'est majoritairement la direction en charge du PCET ou de l'Agenda 21 qui se voit confier l'adaptation, mais il arrive cependant que ce soit une autre direction, comme à Nantes où le volet adaptation est géré par la direction de la prévention des risques. Le cabinet de consultants apporte une expertise en matière climatique et en matière d'adaptation, et il guide aussi souvent les chefs de projets sur la marche à suivre (rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage). A Nantes, il a participé à l'élaboration de l'outil de diagnostic de vulnérabilité

La consultation des parties-prenantes fait appel aux chambres consulaires (chambres des métiers et chambres de commerce et de l'industrie) qui servent de relais entre le secteur privé et la ville, ainsi qu'à d'autres échelons territoriaux (en particulier les communes avoisinantes, le département, la région) et à des entreprises, des ONG et des citoyens.

Dans certains cas, un co-financeur du plan d'adaptation participe au projet en tant que membre du comité de pilotage. Ce peut être par exemple la Région ou l'ADEME. Dans certains cas aussi, les réseaux desquels les villes font partie participent au projet dans une forme assez souple, qui peut relever du partage d'information, de recommandations, ou simplement d'incitations. La Figure 18 reprend ces différents acteurs selon qu'ils ont un rôle de support, qu'ils sont au cœur du projet, ou qu'ils participent à la consultation.

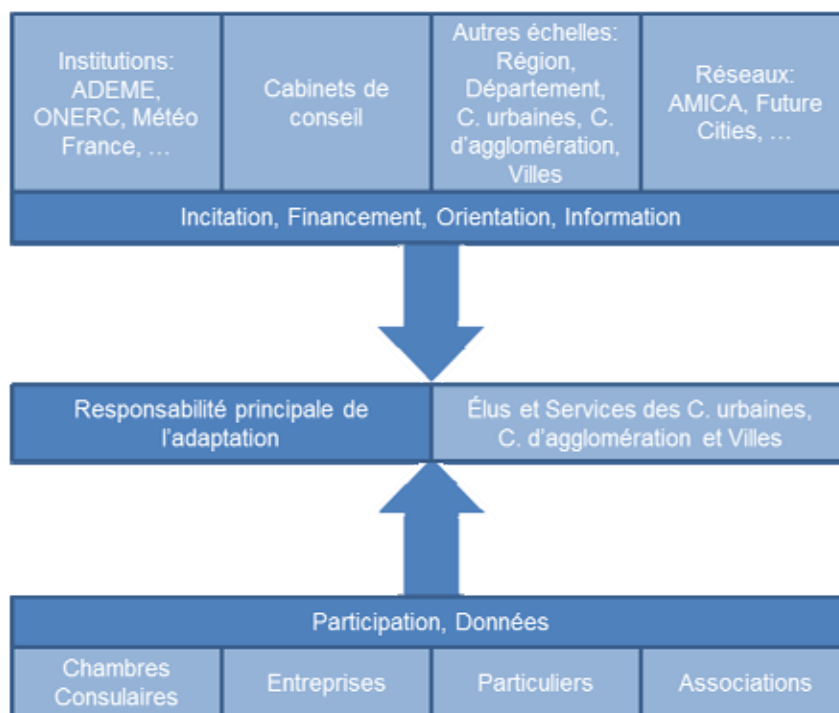


Figure 18 : Acteurs engagés dans l'adaptation des villes aux impacts du changement climatique

Échelles de temps et d'espace

La question de l'échelle est inhérente à la mise en œuvre de l'adaptation au changement climatique. Les objets que l'on adapte ont toujours des imbrications spatiales complexes, et il est souvent difficile de conjuguer la volonté de subsidiarité, c'est-à-dire de préférence pour l'échelle la plus pertinente, et la volonté de coordination. Dans le cas des villes, le problème est récurrent : les autorités municipales ne sont pas seules compétentes sur l'ensemble des dimensions de leur territoire. Elles font tout de même le choix de couvrir l'ensemble de la ville ou de l'agglomération dans leur plan d'adaptation. Il arrive que certains quartiers soient utilisés comme zones pilotes pour une partie du projet. Rouen fait à ce titre figure de cas particulier, puisque seul le quartier Luciline est concerné par le projet d'adaptation.

De nombreuses villes se rassemblent pour élaborer leurs plans d'adaptation, profitant de la structure fournie par les Etablissements publics de coopération intercommunale (EPCI). Ces regroupements se font pour deux raisons principales : permettre des économies d'échelle (mettre en place un plan d'adaptation demande des investissements financiers ou en ressources humaines aisément partageables, surtout entre voisins faisant face aux mêmes risques climatiques) et assurer une certaine cohérence territoriale (la configuration de nombreuses villes en agglomération rend sous-optimale la prise en compte de l'adaptation par une seule ville sans implication de ses voisines).

Les villes étudiées ne ressentent pas le besoin de définir des horizons temporels pour leur démarche d'adaptation ; Bordeaux et Nantes semblent vouloir faire exception en prévoyant d'étudier les impacts et leur vulnérabilité à l'horizon 2050 et 2030 respectivement.

En général, la partie la plus « chronophage » de la mise en place d'un plan d'adaptation est l'étape du diagnostic et de la collecte de données. Le projet AMICA a par exemple été le premier projet lié à l'adaptation dans le Grand Lyon et consistait principalement en une phase de diagnostic et une

autre de réflexion et de proposition d'idées ; il a duré deux ans (2006-2008). De façon comparable, le projet Luciline a mis plus d'un an et demi pour terminer son étape de diagnostic. L'inclusion du plan d'adaptation dans un Agenda 21 ou un PCET ne change pas la donne : les premières réflexions et les premiers diagnostics durent environ un an. Les PCET et les Agendas 21 sont cependant des démarches vouées à durer et évoluer avec des évaluations et réajustements périodiques. Cette échelle de temps se retrouve d'ailleurs au niveau national : les travaux du groupe interministériel sur l'évaluation des futurs dommages du changement climatique en France ont duré deux ans, et il faudra plus d'un an pour élaborer le plan national d'adaptation français en tenant compte de la concertation avec l'ensemble des parties prenantes.

Outils utilisés et moyens mis en œuvre

Financement

Le financement des études et de la mise en place du projet d'adaptation provient principalement de la collectivité territoriale. Dans les cas où l'initiative est liée à l'inclusion dans un projet plus large, comme à Lyon (projet AMICA), une partie du financement provient de l'institution en charge dudit projet, mais ce soutien reste souvent proportionnellement minoritaire dans le budget total. Le projet d'adaptation du quartier de Luciline à Rouen fait exception : l'aide financière du Fonds européen de développement régional (FEDER), obtenue grâce à leur participation au réseau « *Future Cities* », a été déterminante pour que le concessionnaire, Rouen Seine Aménagement, puisse le mettre en place. La Communauté Urbaine de Dunkerque bénéficie aussi de l'aide du FEDER ainsi que du Fonds Régional d'Aide à la Maîtrise de l'Energie et de l'Environnement (FRAMEE). Nantes Métropole a accès à un financement de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR)

Les coûts des projets d'adaptation sont très variables suivant leur teneur. Les étapes initiales (réflexion, collecte de données, préparation) demandent surtout un investissement en temps, mais des diagnostics plus détaillés nécessitant une expertise technique, voire des travaux de modélisation ad hoc, sont plus coûteux. La mise en œuvre concrète des plans d'adaptation n'étant pas très avancée, il est encore difficile d'avoir une estimation des véritables coûts de cette étape. Par ailleurs, l'intégration de l'adaptation dans des cadres plus larges (PCET ou Agendas 21) ne nous permet pas de donner un coût précis des volets adaptation mais il semble que quelques dizaines de milliers d'euros soient la norme pour les projets d'adaptation que l'on trouve actuellement dans les villes françaises. Les actions d'information, de réglementation ou d'ajustement de politiques et de mesures seront vraisemblablement peu coûteuses, mais la construction d'infrastructures dédiées le sera plus. Il est à ce sujet remarquable qu'on ne trouve pas d'évaluation des coûts de l'adaptation dans les plans d'adaptation présentés par les villes.

Outils

Des outils ont été développés au niveau international pour aider les acteurs à mettre en place des stratégies d'adaptation. On trouve ainsi des guides méthodologiques, des bases de données de projets d'adaptation, des services climatiques. Les villes qui mettent en place des plans d'adaptation n'utilisent pas ce type d'outils pour l'élaboration de leur plan d'adaptation. Par exemple le Grand Lyon n'a pas fait d'étude de vulnérabilité comprenant l'ensemble des risques, la Communauté Urbaine de Dunkerque a limité cette étude à une synthèse des documents existants au niveau local. Ce constat s'explique en partie par l'absence de tels outils en France, ou en français. L'ADEME est en phase d'élaboration d'un outil de diagnostic des vulnérabilités au niveau urbain, reliant les aléas climatiques aux facteurs de sensibilités socio-économiques et aux leviers d'action institutionnels.

Evaluations

L'évaluation est une phase clé de la gestion d'un projet, et les projets d'adaptation des villes ne font pas exception. L'adaptation n'étant, dans l'état actuel des connaissances, pas mesurable directement, il est par conséquent difficile d'évaluer l'avancement ou la réussite d'une action d'adaptation. Les PCET et les Agendas 21 dans lesquels s'inscrivent beaucoup de plans d'adaptation prévoient des évaluations des actions entreprises. Mais si ces dernières sont relativement simples pour les mesures d'atténuation (pour lesquelles les tonnes de carbone

évitées constituent une unité de mesure fiable), elles sont rarement prévues ou plus complexes en matière d'adaptation. Pour mesurer les progrès en matière d'îlots de chaleur, Rouen réfléchit à mesurer la température du quartier Luciline à l'aide de thermomètres, et le Grand Lyon prévoit d'utiliser des données satellitaires. Il serait aussi possible de comptabiliser les surfaces de toitures végétalisées (îlots de chaleur) ou de surfaces perméabilisées (inondations). Ces indicateurs ne sont pas des mesures directes de l'adaptation au changement climatique, mais proposent des approximations réalistes.

Communication

La communication est un élément important des PCET et des Agendas 21. Comme ils servent de support à la plupart des plans d'adaptation, ces derniers bénéficient d'un cadre de communication existant (forums, groupes de travail, diffusions par courrier électronique, débats publics etc.). Pourtant, pour le moment, les villes communiquent relativement peu autour de leurs plans ou projets d'adaptation. Ce constat s'explique par la relative jeunesse du sujet et l'état d'avancement encore faible des travaux en la matière. Ainsi, certaines villes (comme Nantes Métropole) prévoient un volet communication dans leur plan d'adaptation mais ne l'ont pas encore mis en place. Les villes qui communiquent autour de leur plan d'adaptation, comme le Grand Lyon, se limitent à des communications ciblées auprès des professionnels, principalement à travers des colloques ou quelques publications.

Expériences internationales : tour d'horizon

Quelques villes étrangères ont commencé à mettre en place des plans d'adaptation au changement climatique dès le début des années 2000, quelques années avant les villes françaises présentées précédemment. Leur nombre et leur relative expérience en la matière permettent de retenir un certain nombre de points potentiellement bénéfiques pour les villes françaises.

À l'international, les expériences de mise en œuvre de l'adaptation commencent à se multiplier, principalement à travers des initiatives locales dans les pays développés et dans le cadre de la coopération dans les pays en développement. Les références aux cas dans ce chapitre ont été sélectionnées selon divers critères : villes pionnières, villes citées en exemple dans des études sur l'adaptation, villes situées sur différents continents ou présentant des caractéristiques intéressantes. L'exhaustivité est donc mise de côté – sans que ne le soit pour autant la représentativité – au profit d'une maximisation de l'utilité de l'information. Huit villes ont ainsi été étudiées : Chicago (États-Unis), Durban (Afrique du Sud), Keene (États-Unis), Londres (Royaume Uni), New York (États-Unis), Port Philip (Australie), Rotterdam (Pays-Bas), Toronto (Canada). Les villes de pays en développement sont sous-représentées car, d'une part, leurs caractéristiques urbaines sont généralement très différentes de celles des villes françaises et, d'autre part, les déclencheurs de l'adaptation, et donc les déterminants des formes d'adaptation, y sont spécifiques (c'est principalement l'aide au développement qui y est à l'origine de démarches d'adaptation).

Quelle forme prend l'adaptation au changement climatique?

Des cadres d'action multiples

On retrouve des plans d'adaptation dans une pluralité de documents : plans climat, plans de développement durable, plans d'adaptation à part entière, plans sectoriels, etc. Les plans climat combinent l'adaptation à l'impératif de l'atténuation. L'atténuation du changement climatique est inscrite à l'agenda depuis une plus longue période et la nécessité de diminuer les émissions de gaz à effet de serre est davantage incluse dans les politiques des villes. Rotterdam avait ainsi initié ses démarches de réduction des émissions avant de prendre en compte l'adaptation. Les villes de l'échantillon évoquent plusieurs raisons pour inclure l'adaptation et l'atténuation dans un même document.

C'est premièrement pour attirer l'attention de manière égale sur les deux éléments. Les acteurs comprennent habituellement mieux les actions à entreprendre pour diminuer leurs émissions de gaz à effets de serre et il est plus facile de mettre en place des indicateurs de suivi pour le volet atténuation que pour le volet adaptation. En incluant l'adaptation dans le même plan, ils sont amenés à prendre en considération cette autre facette des actions qu'ils doivent mettre en œuvre au sein d'une ville sur la question du changement climatique. Chicago a été amenée à prendre en compte l'adaptation par des scientifiques avec lesquels la ville s'était associée pour réfléchir à sa stratégie d'atténuation, et qui l'ont poussée à intégrer les enjeux d'adaptation dès le début.

Ensuite, le fait d'inclure l'adaptation au sein d'un plan d'atténuation permet de souligner leurs interrelations et leur caractère indissociable. Comme il a été indiqué dans le premier chapitre, certains antagonismes peuvent exister entre les actions de mitigation et celles d'adaptation (l'installation de climatisation dans les foyers pour personnes âgées afin de s'adapter aux épisodes de chaleur extrême contribue par exemple à augmenter les émissions de gaz à effet de serre). Les villes font le pari qu'en faisant un plan climat, la vision sera plus globale et permettra d'éviter ces antagonismes. C'est aussi l'un des objectifs de l'intégration des considérations climatiques au sein d'un plan de développement durable. Ainsi, quoique la ville de Keene ait initié une stratégie d'atténuation, suivie d'un plan d'adaptation, elle en est aujourd'hui à intégrer les objectifs globaux de résilience de la ville au sein d'un plan intégré de développement. De cette façon, la prise en compte de l'importance de l'adaptation au changement climatique se fera de façon plus transversale au sein des différents secteurs de la ville.

Les plans d'atténuation étant apparus avant que ne soit soulevée l'importance pour les villes de s'adapter au changement inévitable du climat, certaines villes ont préféré créer un nouveau document pour l'adaptation plutôt que de l'intégrer à ces plans préexistants. L'atténuation et l'adaptation, quoique faisant partie d'une stratégie globale, existent donc dans des documents parallèles. Pour certaines villes comme celle de Port Phillip (Victoria, Australie), cela permet également de donner à chacun leur propre importance.

La forme que prend la démarche d'adaptation peut aussi être influencée par son niveau d'acceptabilité dans la population : dans une ville peu sensibilisée au changement climatique, les plans plus larges de développement de la ville peuvent être un moyen efficace pour intégrer cette problématique. C'est le pari qu'a fait la ville de New York en intégrant les questions d'atténuation et d'adaptation dans un plan de développement durable (PlaNYC). Ces plans de développement durable commencent à voir le jour ou sont en projet mais, pour l'instant, la forme la plus courante de démarche d'adaptation est un plan lui étant dédié. La ville de Keene, qui a déjà des plans d'atténuation et d'adaptation distincts, prévoit de les rassembler dans un plan de développement plus large.

Le processus d'adaptation

Les initiatives ayant débuté à des moments différents, la volonté politique, les ressources allouées et les barrières rencontrées sont certains éléments pouvant expliquer pourquoi les villes citées en exemple dans ce rapport n'en sont pas toutes à un même stade d'avancement dans leur stratégie d'adaptation. Cependant, on peut identifier un enchaînement similaire d'étape: l'établissement d'un diagnostic de vulnérabilité, suivie de la rédaction d'un plan d'adaptation et de la mise en œuvre.

L'établissement d'un diagnostic de vulnérabilité

Pour s'adapter au changement climatique, encore faut-il identifier les contours de ce à quoi il faut s'adapter et quoi adapter. À partir des données climatiques nationales et des scénarios d'évolution de concentration de gaz à effet de serre, certains instituts et centres de recherche établissent des projections climatiques sur un avenir plus ou moins rapproché. Il reste cependant à déterminer la vulnérabilité face à ces aléas. L'augmentation des précipitations peut n'affecter que faiblement une ville ou encore être entrevue positivement par elle, alors que pour une autre, cela peut représenter un véritable défi à surmonter. L'établissement d'un diagnostic de vulnérabilité est donc l'étape préliminaire et incontournable du développement d'une stratégie d'adaptation effective.

Les villes de l'échantillon se focalisent généralement sur l'exposition aux impacts pour établir ce diagnostic. Leur but est d'appréhender les impacts de la modification du climat sur la ville, en partant généralement de certains aléas qu'elles identifient comme clé. A cette fin, les autorités municipales rassemblent autour de la table des responsables des différents secteurs de la ville, la plupart du temps au sein du domaine public, et leur demandent de réfléchir aux conséquences éventuelles de ces aléas sur leurs secteurs. La somme des projections climatiques et de l'expertise des acteurs ainsi impliqués permettent à la ville de mettre en place une stratégie d'adaptation.

La mise en place d'une stratégie d'adaptation

Il ne suffit pas de connaître son niveau de vulnérabilité au changement climatique pour s'adapter. L'établissement d'orientations, d'objectifs et de cibles à atteindre permet de transférer les considérations globales en actions concrètes à mettre en œuvre et ce de manière concertée à l'échelle de la ville.

Cette étape doit s'accompagner d'une hiérarchisation des risques et des vulnérabilités, nécessaire pour effectuer des priorités d'actions. La méthode pour cette dernière étape diffère de ville en ville.

Dans la ville de **Durban**, elle s'est faite suivant les priorités politiques, l'urgence des risques et les chances de succès des mesures. Elle a, entre autres, mis l'accent sur des mesures de :

- réduction des fuites d'eau dans les réseaux municipaux pour faire face à la diminution de la ressource en eau.
- création d'espaces naturels dans la ville, fournissant des services éco-systémiques utiles à l'adaptation (rafraîchissement, prévention de l'érosion, stockage et filtrage de l'eau) pour faire face à l'augmentation de la température et des précipitations intenses
- promotion d'agriculture locale pour faire face à des risques attendus sur la sécurité alimentaires.

Pour la ville de **Londres**, une matrice a été établie suivant les probabilités d'occurrence du risque et son ampleur anticipée (cf. figure 19). Les mesures ont également été classées selon qu'elles soient « sans regret » (qui serait justifiable sans changement climatique), « à faible regret » (dont les coûts sont faibles mais les bénéfices anticipés grands), « gagnant-gagnant » (qui contribuent à l'adaptation mais ont également d'autres bénéfices) et « flexibles » (capables de gérer les incertitudes associées aux impacts du changement climatique).

Quant à la ville de **Toronto**, la priorité d'action à court terme a été accordée aux mesures déjà en place mais qui nécessitent des modifications, et qui ont souvent déjà un budget approuvé. Les mesures nouvelles sont considérées tout aussi importantes, mais seront implantées ensuite (vraisemblablement à partir de 2011) et sur un plus long horizon. Ces mesures nouvelles sont celles qui dépassent le cadre des mesures strictement sans regret, et qui concerne en particulier les infrastructures à longue durée de vie ainsi que la planification et l'aménagement à long-terme (l'agrandissement des zones à risques, la redéfinition de l'utilisation des rez-de-chaussée dans ces zones à risques, la protection ou le déplacement d'infrastructures de transport vulnérables etc.).

Des exemples de mesures d'adaptation proposées par les villes de l'échantillon sont présentés en encadré 19.

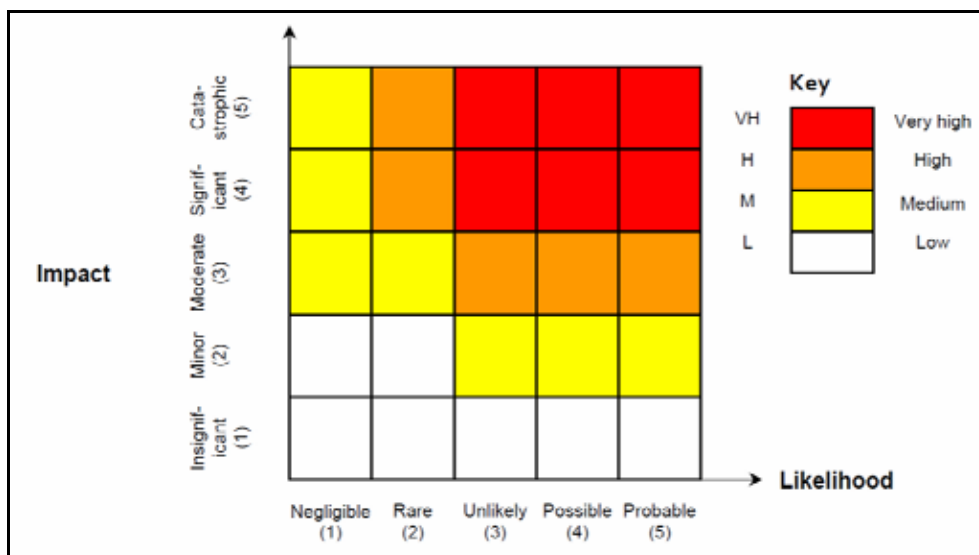


Figure 19 : Matrice utilisée par Londres pour prioriser les risques liés au changement climatique, en fonction d'une part de la probabilité de l'aléa (*likelihood*) et d'autre part de ses conséquences (*impact*).

Source : City of London, 2010 – Rising to the challenge, the City of London climate change adaptation strategy (2010 Update).

Les villes de l'échantillon proposent de nombreuses mesures d'adaptation, qu'elles aient commencé à les mettre en œuvre ou qu'elles prévoient de le faire. Nous en présentons ici quelques exemples, classés par domaines ou secteurs. Les publications citées en annexe 6 sont nettement plus complètes en matière d'actions proposées par les différentes villes.

Infrastructures :

- Utilisation de matériaux perméables dans les rues
- Création d'itinéraires bis pour les transports
- Construction d'aménagements pour lutter contre l'érosion côtière liée à l'élévation du niveau de la mer (rechargement en sable, épis, digues, végétalisation des dunes)
- Remplacement progressif des matériaux des routes et des voies ferrées par des matériaux plus perméables et adaptés à la chaleur
- Protection, adaptation ou déplacement des infrastructures de transport particulièrement vulnérables (tunnels, ponts, entrées de souterrain ...)

Eau :

- Installation de barils de récolte d'eau de pluie
- Augmentation de la capacité des réseaux de drainage, d'égouts et de rétention
- Augmentation des capacités de stockage pour faire face aux sécheresses

Urbanisme et cadre bâti :

- Définition des bandes côtières inconstructibles en fonction de la hausse prévue du niveau de la mer.
- Mise à disposition de « zones fraîches » pour les habitants
- Isolation et aération des bâtiments publics
- Identification de zones inondables à 200 ans, et limitation des constructions dans ces zones

Biodiversité :

- Plantation d'espèces végétales adaptées au futur climat
- Végétalisation des toits
- Augmentation des surfaces d'espaces verts
- Protection des zones humides pour renforcer leur utilité lors d'événements extrêmes

Energie :

- Enterrement des lignes électriques pour en limiter la vulnérabilité aux tempêtes et vagues de froid
- Gestion de la demande en énergie pendant les pics liés aux périodes de forte chaleur

Santé :

- Information du public sur les comportements à adopter pour se protéger des vecteurs de nouvelles maladies (moustiques, tiques)
- Mise en place et adaptation des systèmes d'alerte en matière de qualité de l'air

Gestion des déchets :

- Conception des usines de traitement des déchets de façon à ce qu'elles puissent fonctionner pendant les périodes de forte chaleur

Encadré 19 : Exemples de mesures d'adaptation proposées par les villes de l'échantillon

La mise en œuvre

Il ne suffit évidemment pas de définir une stratégie pour qu'elle soit automatiquement mise en œuvre. Cependant, comme l'adaptation est un processus dynamique, qui implique à la fois des solutions techniques, des modifications administratives et surtout l'intégration de considérations climatiques dans les actions quotidiennes des différentes parties-prenantes, il est parfois difficile de dire de façon précise quel niveau de mise en œuvre a été atteint. Les villes étudiées ici commencent généralement cette étape de mise en œuvre (Keene ou Toronto par exemple). Chicago a quelques années d'avance puisqu'elle a sorti en 2010 un premier rapport d'étape après les deux premières années de mise en pratique du plan d'adaptation.

Cet enchaînement d'étapes n'est cependant pas linéaire. La catégorisation utilisée ne sert qu'à décrire de manière globale le processus suivi par les différentes villes. Chaque étape peut en chevaucher une autre et des retours aux étapes précédentes sont possibles et courants. Le développement des connaissances et les nouvelles données produites sur le climat doivent permettre aux villes de revoir leur diagnostic de vulnérabilité. Quant au plan d'adaptation, certaines villes ont prévu de le réajuster après un certain nombre d'années ou encore, ont identifié des facteurs qui impliqueraient sa réévaluation.

C'est ainsi que **Londres** a identifié quatre facteurs, dont l'occurrence entraînerait automatiquement une réactualisation de sa stratégie:

- la publication de nouvelles projections climatiques ou de nouveaux scénarios d'élévation du niveau de la mer ;
- un événement climatique significatif sur Londres ;
- l'élection d'un nouveau maire ;
- une évaluation du gouvernement britannique.

La mise en œuvre de mesures peut également débuter, en partie, avant que ne soit publié un plan à l'échelle de la ville, et contribuer alors à augmenter l'acceptabilité des mesures. Cela peut également permettre d'identifier des vulnérabilités préalablement non prises en compte ou de souligner l'effectivité de certaines mesures proposées dans le plan. Ainsi, une boucle de rétroaction peut s'enclencher et permettre de revoir chaque étape selon les nouvelles connaissances développées.

Risques considérés et secteurs mobilisés

Les plans d'adaptation des villes internationales se distinguent de ceux des villes françaises par le fait qu'ils prennent en compte de nombreux impacts et secteurs. Ce constat témoigne du caractère plus avancé de la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes étrangères sélectionnées – rappelons qu'elles ont été choisies pour cette raison – par rapport à leurs consœurs françaises. Le tableau 3 liste les impacts et les secteurs considérés par les huit villes de l'échantillon.

La comparaison des tableaux 1 et 3 montre bien que les villes internationales étudiées ont pris de l'avance sur les villes françaises. Le nombre de risques considérés est beaucoup plus élevés (toutes les villes prennent en compte une dizaine de risques, alors que les villes françaises se limitent pour le moment au stress thermique et aux inondations). Certains risques sont moins représentés : soit parce qu'ils sont très dépendants de la localisation de la ville (érosion côtière ou

affaissement du sol), ou bien parce qu'ils concernent des enjeux vus comme plus nationaux (migrations, sécurité alimentaire). A contrario, les risques d'inondations et de stress thermique sont constamment pris en compte, ce qui témoigne d'un lien fort avec le changement climatique dans la perception des acteurs. Les impacts économiques, eux aussi pris en compte par toutes les villes, semblent être une catégorie floue qui comprend l'ensemble des impacts du changement climatiques sur les activités économiques du territoire de la ville. Ce peut être l'impact de changements progressifs qui remettent en cause les modèles actuels (de tourisme par exemple), les impacts directs ou indirects des événements extrêmes sur les activités économiques (sur la logistique, les processus de production, la disponibilité des matières premières, etc.).

Impacts anticipés

	Chicago	Durban	Keene	Londres	New York	Port Phillip	Rotterdam	Toronto
Eau - disponibilité		X	X	X	X	X	X	X
Eau - qualité	X	X			X ¹	X	X	X
Inondations	X	X	X	X	X	X	X	X
Maladies	X	X	X	X	X	X		X
Diminution de la production agricole / insécurité alimentaire		X	X	X				
Érosion côtière		X			X	X		
Stress thermique	X	X	X	X	X	X	X	X
Sensibilité des infrastructures	X	X	X	X	X	X		X
Assurances			X	X	X	X		
Impacts économiques	X	X	X	X	X	X	X	X
Écosystèmes	X	X	X	X	X		X	X
Hausse des demandes de services d'urgence / sécurité	X	X	X		X	X		
Augmentation des tempêtes / événements extrêmes	X	X	X	X	X	X		X
Affaissement du sol				X			X	
Migration								X
Hausse de la demande en énergie	X	X	X	X	X	X	X	X

Secteurs mobilisés

Infrastructures (dont transports, activités aéroportuaires et portuaires, infrastructures énergétiques)	X	X	X	X	X	X	X	X
Urbanisme et cadre bâti	X	X	X	X	X	X	X	X
Santé	X	X	X	X		X		X
Énergie	X	X	X	X		X		X
Biodiversité / environnement naturel	X	X	X	X	X	X	X	X

¹ La ville de New York a souligné que la qualité de l'eau pouvait dans certains cas s'améliorer ; l'augmentation des températures peut améliorer la qualité de l'eau pour la baignade, en diminuant la quantité d'organismes pathogènes présents près de certaines plages.

Eau	X	X	X	X	X	X	X	X
Services d'urgence	X	X	X	X		X		
Agriculture/alimentation		X	X					
Tourisme		X						
Recherche et développement							X	
Gestion des déchets				X				

Tableau 3 : Impacts anticipés et risques considérés dans les plans d'adaptation de huit villes internationales

Caractéristiques des stratégies d'adaptation existantes

Malgré leurs spécificités, les stratégies d'adaptation existantes partagent, outre un processus de mise en œuvre similaire, un certain nombre de caractéristiques. Ces dernières sont essentielles pour situer l'émergence des initiatives d'adaptation des villes ainsi que pour en comprendre les différentes facettes.

Les acteurs impliqués

Les acteurs impliqués dans l'élaboration de la stratégie d'adaptation, de même que dans sa mise en œuvre, diffèrent selon les villes étudiées. Cela peut s'expliquer par des différences d'implication de la société civile, des liens préexistants avec certains milieux, du mandat confié à certains départements ou équipes et de leurs ressources, ou encore de la présence d'un leadership. Le responsable du projet est généralement le département de l'environnement, mais la rédaction d'un plan d'adaptation fait appel à plusieurs acteurs. La ville de Keene était l'une des villes pilotes du *Climate Resilient Communities program* de l'ICLEI – Local Governments for Sustainability, et a ainsi bénéficié de son support pour la mise en place de son plan d'adaptation. La ville de Toronto, quant à elle, a fait appel au Clean Air Partnership (CAP), une organisation non gouvernementale (ONG), qui avait contribué à mettre la question de l'adaptation à l'ordre du jour de la ville. Des consultants sont également mis à contribution, comme ce fut le cas d'*Acclimatise* dans la stratégie de la ville de Londres. Ces différents acteurs peuvent contribuer au développement d'une expertise et fournir des ressources externes à des villes qui n'en ont pas toujours beaucoup pour développer leur stratégie.

Administration municipale

L'administration municipale est bien évidemment impliquée dans la réalisation et la mise en œuvre de l'adaptation. Les différents rapports réalisés sur les stratégies des villes et de leur processus d'élaboration font bien ressortir l'importance d'avoir des employés permanents affectés à la question de l'adaptation. On peut séparer ce constat en deux impératifs : avoir des employés dont le mandat est de veiller à la réalisation des objectifs d'adaptation, et identifier des personnes ressources au sein de chaque département ou secteur chargées de participer aux réunions interdépartementales. Par ailleurs, il apparaît que le département de l'environnement n'est pas toujours le mieux placé pour gérer un projet d'adaptation. L'adaptation d'une ville au changement climatique n'est pas seulement une problématique environnementale: on voit bien que les secteurs mobilisés sont très divers. En outre, les départements de l'environnement sont rarement les plus puissants et l'étude révèle qu'ils rechignent à empiéter sur les prérogatives d'autres départements. Il serait, au dire de beaucoup, bien plus efficace de confier dans un premier temps la tâche de l'adaptation à un département plus puissant et plus technique, étant entendu qu'à terme la question doit être traitée par l'ensemble des services et des acteurs de la ville.

Recherche

La communauté scientifique et les chercheurs sont des acteurs essentiels dans l'identification des risques et l'établissement d'un diagnostic de vulnérabilité. En produisant des données régionales et locales, et en les expliquant aux acteurs chargés de la prise de décision, ils favorisent le transfert de connaissance et la prise en compte de l'impératif de l'adaptation. Cette étape est essentielle dans la démarche et fait de ces acteurs des partenaires de premier plan avec les gouvernements locaux. Certaines villes choisissent d'ailleurs d'agir suite à la réception de données scientifiques soulevant des risques potentiels, en mettant en place des canaux d'échanges avec des milieux de recherche. New York a à cet effet mis en place le New York City Panel on Climate Change (NPCC), un regroupement de scientifiques et d'experts de différents domaines chargés de développer des projections climatiques pour la ville et de soutenir les instances municipales dans leur démarche d'adaptation.

Société civile

Des organisations non gouvernementales, comme le Clean Air Partnership (CAP) à Toronto, peuvent également inciter les villes à inclure cette question dans leurs priorités. Lors de la première consultation pour un plan climat organisée par la ville de Toronto, le CAP a ainsi insisté sur la nécessité de prendre en compte l'adaptation et a été déterminant dans le choix de la ville d'intégrer ce volet.

Dans certaines villes, des partenariats de parties-prenantes ont vu le jour et ont formé des acteurs clés du projet d'adaptation. Un exemple marquant est le London Climate Change Partnership (LCCP), constitué d'une trentaine d'organisations de la région de Londres sensibilisées à l'importance de faire de l'adaptation au changement climatique une question de premier ordre dans la gestion de la ville et de ses activités. Le LCCP, quoique indépendant du gouvernement local, est un partenaire de premier ordre de ce dernier. Les liens entre l'administration de la ville et les acteurs de toutes provenances – communauté scientifique, experts de divers domaines, organisations non gouvernementales, etc. – sont donc monnaie courante dans les villes de l'échantillon dans le cadre de leur projet d'adaptation.

Les citoyens sont également des acteurs impliqués dans les stratégies d'adaptation au niveau des villes. Non seulement ils peuvent faire pression sur les autorités, suite à un événement climatique marquant ou en étant sensibilisés aux problématiques du changement climatique, mais ils sont également inclus dans la démarche par des consultations publiques au moment de l'élaboration du plan d'adaptation et bien évidemment dans la mise en œuvre. Toutes les villes n'incluent cependant pas une étape de consultation publique sur la question de l'adaptation ; les consultations publiques ralentissent l'adoption d'un plan et impliquent des efforts supplémentaires pour joindre le public et lui donner la chance de s'exprimer. Cependant, plusieurs villes les considèrent comme un élément essentiel de la réussite de l'adaptation. La ville de Port Phillip souligne ainsi leur importance à la fois pour prendre le pouls de la population, la sensibiliser et l'informer de la manière dont elle peut elle-même agir.

Échelles de temps et d'espace

Le processus d'élaboration d'un plan d'adaptation prend du temps. De moins d'un an pour les plus rapides (la ville de Keene, par exemple, avait prévu douze mois pour ce processus et l'a achevé en huit) à plusieurs années pour les plans plus larges (quatre ou cinq ans pour Durban, Londres, New York, Port Phillip, Toronto). La taille de la ville et les ressources mises à disposition jouent un rôle important.

Sans que ne soient nécessairement mises en place des dates précises d'atteintes d'objectifs - Rotterdam fait à ce sujet figure d'exception puisqu'elle s'est fixé l'objectif de 2025 pour être à l'épreuve du climat -, les villes différencient tout de même les actions qu'elles comptent mettre en œuvre selon leur temporalité. La méthode généralement utilisée consiste à classer les objectifs et cibles à atteindre à court, moyen ou long terme. La ville de Toronto a choisi de séparer son adaptation en deux temps : à court terme, se concentrer sur l'intégration des considérations liées

au changement climatique dans les instruments existants (plan canicule, plan de gestion des eaux de ruissellement, etc.), et à plus long terme, travailler sur une adaptation plus globale de la ville. Cette phase de plus long terme débute actuellement et n'a pas vocation à s'arrêter. L'échéancier des actions à mener peut également dépendre de la hiérarchisation des risques et vulnérabilités.

L'échelle spatiale privilégiée par les villes pour mettre en place leur projet d'adaptation est généralement l'ensemble de leur circonscription. La mise en œuvre du plan d'action peut cependant inclure un certain nombre de projets-pilotes à l'échelle d'un arrondissement ou d'un quartier (c'est le cas des projets de verdissement à Chicago ou à New York *Greening the Bronx*).

La coopération entre villes d'une même région est par ailleurs essentielle dans la mesure où les actions d'une ville ne sont jamais isolées : les choix d'une ville pour son adaptation peuvent avoir des répercussions sur ses voisines. L'un des exemples les plus frappants est probablement la ville de Port Phillip, située dans une baie. Faisant face aux risques anticipés d'une élévation du niveau de la mer, d'inondations et d'érosion, la ville pourrait choisir de mettre en place des digues. Il va sans dire que cette décision influencerait significativement sur la dizaine de municipalités situées autour de la baie – incluant la ville de Melbourne. La coopération et le dialogue sont donc privilégiés pour favoriser l'adaptation de chacune.

Outils utilisés et moyens mis en œuvre

Données scientifiques utilisées

Les données utilisées par les villes pour évaluer leurs risques sont issues de scénarios climatiques internationaux ou de projections nationales. Le KNMI (Institut météorologique royal des Pays-Bas), par exemple, a produit quatre scénarios climatiques différents à partir des projections du GIEC, qu'utilisent aujourd'hui les villes néerlandaises. Aux États-Unis, c'est la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) qui se charge de fournir les données concernant le climat.

Les villes utilisent ces scénarios ainsi que certains travaux de descente d'échelle qui permettent de produire des données plus localisées. Il en est ainsi de New York, qui travaille en étroite collaboration avec les nombreux scientifiques et centres de recherche présents dans la ville et qui sont intégrés à la démarche à travers le NPCC, et de Chicago, qui a conduit une évaluation régionale des vulnérabilités liées au changement climatique, en particulier des cartographies d'ICU futurs.

Diffusion de l'information, communication et sensibilisation

Comme le mentionne la ville de Chicago, son plan d'adaptation n'est pas qu'un plan pour l'administration de la ville, mais un plan pour toute la ville. La diffusion de l'information et la sensibilisation de tous les acteurs sont décrites comme des étapes cruciales pour la réussite de la démarche et sont généralement prises en compte dans les stratégies d'adaptation des villes étudiées ici. La sensibilisation à la question de l'adaptation peut se faire notamment par les consultations publiques, la distribution de dépliants et la diffusion de l'information par les médias. Cette question de sensibilisation est d'ailleurs la raison qu'ont invoquée plusieurs villes pour tenir des consultations publiques : la population et les différents acteurs n'ont, d'après elles, pas nécessairement d'éléments nouveaux à apporter à la stratégie, mais cela permet de les informer du processus et des actions à entreprendre. Elles avancent que ce dialogue permet de faire prendre conscience aux acteurs de la variété d'actions possibles à mettre en œuvre à tous les niveaux pour faciliter l'adaptation et la résilience. Pour certains, l'adaptation semble être un défi de taille que seule l'administration municipale, avec ses ressources de tous ordres, peut relever. Mais les citoyens ont aussi un rôle à jouer : Keene informe ses habitants sur les façons de se protéger des moustiques et des tiques et ainsi réduire leur vulnérabilité à des maladies nouvelles ; Chicago demande aux habitants disposant de jardins d'installer des barils de récolte d'eau de pluie ; Durban propose des mesures individuelles de réduction de consommation d'eau pour faire face à la diminution attendue de la ressource.

Financement

Comme toute autre action à mettre en œuvre, l'adaptation a des coûts. Convaincre les parties prenantes d'investir pour s'adapter à des risques futurs (parfois lointains) et incertains est difficile. Les difficultés économiques des dernières années ne favorisent pas non plus les dépenses dans quelque domaine que ce soit. Plusieurs villes sont ainsi allées chercher une aide financière externe, auprès de fondations (comme la fondation Rockefeller pour Chicago, New York, Toronto) ou de subventions internationales ou nationales. Ces dernières émettent parfois des conditions, comme le respect d'un échéancier, ou demandent une contrepartie, comme la rédaction d'un compte-rendu sur le processus d'élaboration (comme ce fut le cas à Chicago). Ce dernier permet à d'autres villes qui n'auraient pas eu la chance de bénéficier d'un tel financement de pouvoir tout de même profiter de l'expérience et des leçons apprises par la ville financée.

De façon plus générale, les efforts de recherche et la création de cadres nouveaux qu'ont consentis les villes pionnières sont souvent réutilisables par d'autres villes, ce qui abaisse leurs futurs coûts d'entrée dans les processus d'adaptation. Certains outils et méthodologies ainsi développés sont aujourd'hui disponibles gratuitement et accessibles facilement, permettant aux villes qui le souhaiteraient d'en bénéficier : Chicago, New York, Toronto et Londres ont ainsi rendu publics les diagnostics de vulnérabilité et les méthodes de priorisation des risques qu'elles ont utilisés, et chacun peut les utiliser ou s'en inspirer. Elles ont aussi diffusé les leçons principales qu'elles retirent de leur expérience. Quant à la mise en œuvre de l'adaptation, elle ne nécessite pas toujours des investissements lourds : c'est le cas par exemple des mesures d'intégration de considérations climatiques dans le fonctionnement courant de la ville, qui représentent finalement une proportion importante des actions d'adaptation préconisées. Notons ici que le coût des projets d'adaptation étudiés ici n'est pas représentatif des vrais coûts de l'adaptation, qu'on ne sait pas encore calculer. Ceci s'explique par le fait que toutes les villes étudiées commencent par mettre en place des actions sans-regret, à coût nul voire négatif. Dans ce contexte, les économies potentielles sur les coûts d'entrée sont relativement importantes.

Processus de suivi, d'évaluation et d'ajustements

La relative nouveauté des plans d'action mis en place par les villes rend encore difficile l'évaluation des stratégies d'adaptation qu'elles adoptent. L'étude montre qu'elles tentent de mettre en place des indicateurs de suivi et d'évaluation afin d'ajuster ces plans d'action en fonction de résultats intermédiaires ou de données changeantes. On retrouve cependant les mêmes difficultés d'évaluation que pour les villes françaises : mesurer directement les progrès d'une ville en matière d'adaptation est encore impossible, surtout parce que l'adaptation est un concept qu'on maîtrise mal. De façon semblable donc, les villes internationales choisissent d'évaluer l'atteinte d'objectifs plus physiques tels que les volumes de stockage d'eau et les surfaces de toits verts supplémentaires dans le cas de Rotterdam. Certaines villes, comme Chicago, instaurent des comités d'évaluation externes travaillant sur une base continue (voir encadré 20), de manière à s'assurer que les indicateurs initialement développés sont toujours suivis (de tels indicateurs sont par exemple la surface perméabilisée, le nombre d' « allées vertes », la surface de toitures végétalisées, la surface de canopée, etc.). Certaines villes établissent aussi des partenariats avec la communauté scientifique afin de mettre à jour leurs objectifs en fonction des données climatiques nouvelles. Mais de tels processus d'évaluation et d'amélioration continues font plutôt figure d'exception : les villes étudiées se contentent plutôt de redéfinir les objectifs au moment d'un nouvel événement climatique ou après un certain nombre d'années.

La ville de Chicago a anticipé dans son plan climat les défis associés à l'évaluation et au suivi des objectifs. C'est pourquoi elle a créé le *Green Ribbon Committee* (GRC), une équipe de parties-prenantes du secteur privé et de la communauté, chargée de s'assurer que les différents départements mettent en place les objectifs qu'ils se sont fixés dans leurs plans trimestriels. En tant qu'équipe indépendante de l'administration de la ville, elle s'assure que cette dernière soit redevable de ses intentions de s'adapter au changement climatique, et ce de manière transparente : ses rapports sont publics.

Le GRC évalue donc les progrès des départements de la ville, les questionne

sur l'état de leur avancement et formule des recommandations d'ajustements ou d'améliorations. Son rapport est transmis au maire, puis à l'équipe chargée de la mise en œuvre du CCAP (le Département de l'environnement, le Global Philanthropy Partnership et la Civic Consulting Alliance, ainsi que d'autres groupes stratégiques de différents secteurs) qui les inclut éventuellement dans les plans des différents départements.

Ainsi, plutôt que de réviser son plan climat tous les quatre ou cinq ans, comme le font plusieurs villes, Chicago a choisi de s'inscrire dans un processus continu d'évaluation et d'amélioration afin de s'assurer que les différentes équipes intègrent effectivement l'adaptation – et l'atténuation – au changement climatique dans leurs actions courantes et progressent dans leur adaptation. Le mandat du GRC était initialement d'un an seulement; il a été renouvelé une première fois et les intentions de la ville de Chicago semblent être de répéter l'opération lorsque son mandat viendra à terme en 2011.

Encadré 20 : le Green Ribbon Committee de Chicago, un processus continu d'évaluation et d'amélioration

Leviers et barrières à l'adaptation : regards croisés

Le début de ce chapitre a permis de faire un état des lieux de l'adaptation au changement climatique dans les villes françaises puis dans les villes internationales. Il en ressort un constat global : contrairement à ce qu'une certaine résonance internationale peut faire penser, la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes en est encore à un stade exploratoire. Les villes françaises ne font pas exception et on peut même considérer qu'une poignée d'initiatives mises à part, l'adaptation urbaine y demeure embryonnaire. Elles sont principalement au stade du diagnostic : identifier les aléas climatiques qui auront des conséquences sur leurs différents secteurs. Le développement des connaissances sur les risques et la manière de s'y préparer et d'y faire face débutent à peine. Certes, certaines actions sont identifiées comme pouvant concourir à l'adaptation – telles que le verdissement et l'utilisation de matériaux perméables pour faciliter l'infiltration plutôt que le ruissellement des eaux pluviales – et peuvent être mises en œuvre. Mais il ne s'agit pas là encore de stratégies globales et transversales d'adaptation, le facteur changement climatique lui-même n'étant pas toujours pris en compte. Les actions proposées sont par ailleurs très ciblées et plutôt intégrées dans des plans qui leur sont propres ; rien n'est encore développé à grande échelle. On sent cependant une volonté de progresser, et les différentes initiatives qui naissent dans les villes françaises sont à considérer comme le début d'un travail de long terme.

L'étude de la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes françaises et internationales fait toutefois ressortir l'existence d'un certain nombre de leviers et de barrières à cette mise en œuvre qu'il est important de connaître, d'utiliser ou de contourner pour mettre en place une stratégie d'adaptation efficace. L'historique relativement court de cette mise en place ne permet pas encore d'identifier tous ces moteurs ou ces freins, mais un certain nombre de points récurrents sont constatés par les praticiens. Le dépassement des barrières et l'optimisation des leviers à l'adaptation apparaissent comme l'enjeu principal des débuts de la mise en œuvre dans les villes françaises, et toutes les échelles doivent y être impliquées. Nous présentons ici les principaux éléments déclencheurs de la mise en place de stratégies d'adaptation, ainsi que les barrières les plus citées et certaines pistes pour les éviter.

Éléments déclencheurs

Si la mise en place d'une stratégie d'adaptation est toujours plus l'exception que la règle dans les villes françaises et internationales, il ressort de leur étude que les initiatives sont toutes liées à la présence de l'une au moins des quatre situations suivantes : appartenance à un réseau, vulnérabilité démontrée par des événements climatiques passés, proximité avec un autre territoire qui réfléchit à s'adapter, présence d'un élu. L'identification de ces éléments déclencheurs, outre

qu'elle explique pourquoi certaines villes sont plus en avance que d'autres, est utile pour favoriser la prise en compte de l'adaptation dans les autres villes.

Appartenance à des réseaux et participation à des projets internationaux

Le principal élément déclencheur de la prise en compte de l'adaptation dans une ville semble être la participation de cette ville à un projet international d'aménagement urbain, le plus souvent durable. Ces projets de développement urbain, communs à des villes de plusieurs pays et souvent gérés par une ONG ou une fondation, incitent chacune des villes à inclure une dimension d'adaptation dans le projet, voire exigent cette inclusion. Les villes, qui participent en général au projet international pour avoir accès à des financements conséquents et appartenir à un réseau de partage des connaissances et des expériences, sont ainsi amenées à se pencher sur cette question de l'adaptation.

Après plusieurs années de prise en compte des enjeux de l'atténuation, le Grand Lyon n'a, par exemple, commencé à réfléchir à l'adaptation qu'en 2006, à l'occasion de sa participation au projet européen AMICA qui l'a poussé à travailler sur les synergies et les contradictions entre mesures d'atténuation et d'adaptation. De même, la participation au projet Future Cities a aussi été décisive pour que le projet du quartier Luciline à Rouen place l'adaptation comme un des axes prioritaires de la conception du quartier : c'était une des conditions de participation au projet, qui regroupe des villes du Nord-Ouest de l'Europe.

Outre la participation à un projet international qui comporte un volet adaptation, l'appartenance à un réseau (régional, national ou international) peut aussi servir d'élément déclencheur de l'adaptation dans une ville, si par exemple une autre ville du réseau s'empare du sujet et diffuse son expérience à ses partenaires. Les échanges de connaissances et d'expériences d'une part, et la perspective de partager des coûts de préparation et de mise en œuvre d'autre part, semblent avoir un certain poids dans la décision des villes de se lancer dans un projet d'adaptation. Le réseau formé par le Grand Lyon, Grenoble Métropole et Saint Etienne Métropole leur a permis de travailler ensemble sur différents sujets, en particulier l'adaptation et les îlots de chaleur urbains. De façon comparable, il est vraisemblable que la tenue du Sommet Climatique des villes du C40 à New York en 2007 a joué son rôle dans la décision de la ville d'élaborer une stratégie d'adaptation. La Communauté Urbaine de Dunkerque, enfin, voit son appartenance à de nombreux réseaux – internationaux ou régionaux – comme un outil d'apprentissage essentiel.

Vulnérabilités et événements subis

Le deuxième facteur déclencheur est le sentiment de vulnérabilité au changement climatique que les villes peuvent avoir. Ce sentiment de vulnérabilité peut être lié à différentes conditions physiques (ville littorale pour Dunkerque, densité pour Paris, zone propice aux hautes températures pour Grenoble) et est généralement exacerbé après des événements climatiques extrêmes récents ou ayant marqué la mémoire collective. Les villes les plus avancées en termes d'adaptation ont souvent été affectées par de tels événements dans la dernière décennie, et les deux phénomènes les plus cités sont les canicules et les inondations, phénomènes souvent accompagnés de pression publique en faveur d'une meilleure gestion des risques. Paris et Lyon ont ainsi été plus touchées par la canicule de 2003 que la moyenne française (avec des surmortalités de 127% et de 80% respectivement, supérieures à la surmortalité moyenne en France qui fut de 60%), ce qui explique en partie leur intérêt pour l'impact du changement climatique sur le stress thermique. À l'opposé, la prise de conscience de la nécessité de l'adaptation peut tarder dans des villes qui n'ont pas encore subi d'événements marquants ou qui font face à de moins grands risques.

Lien avec d'autres échelles territoriales

Un troisième élément potentiellement déclencheur est la proximité avec une autre entité territoriale qui se lance dans un projet d'adaptation. Cette autre entité peut être une commune ou une ville voisine, ou encore une collectivité territoriale d'une autre échelle : communauté urbaine, département ou région par exemple. Certaines communes déclinent ainsi leur PCET à partir de celui de l'agglomération ou de la communauté urbaine ; la communauté urbaine de Poitiers prévoit

de s'inspirer des démarches entreprises par la région Poitou-Charentes ; au contraire, la communauté urbaine de Bordeaux se lance dans l'élaboration d'un PCET après que la ville de Bordeaux, qui représente le tiers de sa population, l'ait achevé.

Rôle des élus

Un dernier élément déclencheur, souvent déterminant et présent dans presque toutes les villes qui incluent déjà ou comptent inclure le sujet de l'adaptation dans leurs politiques publiques, est l'existence d'un élu engagé dans le développement durable. C'est à la fois un élément déclencheur et un facteur de succès : non seulement l'élu peut assurer une volonté politique qui permet de se lancer dans le projet d'adaptation, mais il peut aussi favoriser le dialogue entre les corps techniques et l'administration ou les autres élus grâce à sa maîtrise du sujet.

Barrières

Nous distinguons ici quatre catégories de barrières à l'adaptation : les barrières informationnelles, les barrières techniques et financières, les barrières cognitives, et les barrières normatives et institutionnelles. Ces deux dernières catégories sont parfois regroupées sous l'appellation de « barrières sociales à l'adaptation ». Certaines sont identifiées explicitement par les acteurs de la mise en œuvre de l'adaptation, d'autres ne le sont pas mais ressortent de l'analyse. Nous présentons ici les principales barrières à l'adaptation, sans prétention d'exhaustivité.

Barrières informationnelles

S'adapter à un phénomène – ici le changement climatique – demande une certaine connaissance de ce phénomène et de la façon d'agir. Or d'une part les incertitudes sur les impacts du changement climatique sont nombreuses, et d'autre part le savoir disponible sur les potentielles stratégies d'adaptation est faible ; surtout, la connaissance et la compréhension que les acteurs ont des travaux existants et disponibles demeurent singulièrement limitées. Pour l'ensemble des acteurs impliqués dans des démarches d'adaptation au changement climatique, ces barrières informationnelles représentent de vrais freins à l'action.

Les incertitudes sur les futurs impacts du changement climatique viennent de trois sources. La première est l'évolution future des émissions de gaz à effet de serre, qui est la cause principale du changement climatique et dépend en partie de choix qui seront faits dans le futur. Pour pallier cette incertitude, les modélisations climatiques se basent sur des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre sur le siècle prochain qui sont censés couvrir une bonne partie des possibles. En pratique, les scientifiques en utilisent six, mais les praticiens se limitent souvent à un ou deux. Ils ont surtout une forte tendance à choisir le plus optimiste, arguant du fait que c'est à la fois plus simple de s'adapter à une situation proche de celle qu'on connaît et politiquement plus sage de limiter le pessimisme. En termes d'efficacité de l'adaptation par contre, cette situation n'est pas optimale. Si aucun scénario n'était plus probable qu'un autre au moment de leur conception, les dix dernières années n'ont pas permis de nous placer sur des trajectoires de réduction d'émissions sérieuses et ont rendu les scénarios les plus optimistes illusoire. Ne s'adapter qu'aux scénarios les plus optimistes n'est donc pas suffisant, ni souvent efficace. À condition que les actions prises soient ajustables, ce peut cependant être le départ réaliste d'un processus d'adaptation de long terme.

Une deuxième source d'incertitudes est liée à la modélisation du climat : notre connaissance de la physique, de la chimie et de la biologie du système climatique est incomplète et la puissance de calcul disponible est limitée. Ces deux premières sources d'incertitude font qu'il n'est pas possible de livrer des prévisions climatiques catégoriques, et qu'on ne peut pas aller plus loin que des fourchettes de probabilités. Si la réalité du changement climatique ne fait pas de doute, son ampleur reste incertaine – surtout à une échelle plus fine qu'une région.

Une troisième et dernière source d'incertitudes est la transformation des évolutions du climat en impacts pour les sociétés humaines et les écosystèmes. Cette transformation fait interagir une multitude de facteurs naturels, sociaux, économiques, voire techniques, avec les données

climatiques et il est difficile de prédire l'effet d'une modification d'une variable (par exemple la hausse de la température moyenne de 3,5°C) sur les systèmes naturels et humains futurs. Une telle prédiction demande une connaissance que nous n'avons pas de la réaction et de la capacité à anticiper de ces systèmes.

Au final, certaines de ces incertitudes sont irréductibles et la réduction des autres demandera du temps, qui dépassera potentiellement le temps disponible pour anticiper le changement climatique et s'adapter. D'autres enfin pourraient paradoxalement augmenter avec les progrès scientifiques (mises à jour de points de basculement et d'effets de seuil, par exemple). S'adapter au changement climatique par anticipation nécessite donc de prendre des décisions dans un contexte de fortes incertitudes, et c'est clairement une barrière identifiée par les praticiens pour agir – tant dans les villes françaises que dans les villes internationales.

Le manque d'exemples ainsi que l'absence d'une panoplie de mesures types sont vus par beaucoup comme d'autre frein à l'action en matière d'adaptation. Le sujet et sa mise en œuvre étant récents, les sources d'inspiration sont rares pour les villes qui se lancent et les quelques expériences qui existent sont encore insuffisamment partagées. Les mesures d'adaptation sont en outre très dépendantes du contexte : ce qui est valable pour un territoire ne l'est pas *a priori* pour un autre. Il est donc nécessaire pour les villes d'effectuer un important travail d'appropriation de solutions que d'autres peuvent avoir mises en place. Au final, le coût d'apprentissage pour l'élaboration d'une stratégie d'adaptation peut-être réduit par un partage d'expériences optimisé.

Barrières techniques et financières

Un deuxième type de barrière fréquemment cité par les villes, françaises comme internationales, est le manque de ressources humaines et financières. S'il n'est pas démontré que des investissements lourds soient souvent nécessaires, la mise en place d'un plan d'adaptation reste un processus qui requiert un engagement financier de la part de la ville. Or c'est aussi un processus qui relève d'enjeux de long terme et le retour sur investissement est lointain et diffus. La combinaison de ces deux facteurs se traduit souvent par une grande difficulté à intégrer l'adaptation au changement climatique dans les budgets municipaux, et freine donc toute action en la matière.

La définition d'un plan d'adaptation est par ailleurs complexe, car elle requiert des compétences techniques variées : connaissance de l'évolution du climat, des modèles et des incertitudes, compréhension du fonctionnement de la ville, de ses vulnérabilités et de ses acteurs, etc. Or les villes françaises font souvent appel à des employés qui ont déjà un poste déterminé et pour lesquels l'adaptation vient s'ajouter à leur charge de travail, ou ont recours à de l'emploi temporaire (l'exemple le plus courant étant les stagiaires). L'une ou l'autre des situations n'est clairement pas optimale dans une vision de long terme : elles ne permettent ni d'embrasser la complexité du sujet ni d'assurer la pérennité de la démarche. Ce peut être, là aussi, une façon réaliste de démarrer le processus d'adaptation, mais les entretiens réalisés signalent que le recours fréquent aux stagiaires est aussi une raison du manque d'ambition des démarches et de leur suspension prématurée.

L'adaptation d'une ville est un processus continu, nécessitant un suivi, des analyses et des ajustements réguliers du diagnostic de vulnérabilité et des choix d'actions à mettre en œuvre. Ce n'est pas un projet ponctuel. Le manque de ressources humaines consacrées est donc un frein notable à une adaptation qui dépasse le stade du rapport. Cependant, de nombreuses collectivités territoriales, parce qu'elles sont relativement petites, n'ont pas et n'auront pas les moyens d'avoir une personne dédiée au sujet, et il faut réfléchir à des modalités d'engagement qui ne soient pas disproportionnées (par exemple en regroupant les compétences sur une échelle territoriale large et permettant ainsi des « économies d'échelle »). Notons ici qu'à l'avenir, l'adaptation au changement climatique n'est pas destinée à demeurer entre les mains d'un agent ou d'une équipe dédiée. Elle doit au contraire être intégrée à la responsabilité de chaque ingénieur, paysagiste, architecte, urbaniste, etc.

Barrières cognitives

Les barrières cognitives à l'adaptation au changement climatique désignent globalement les biais induits par les compréhensions et les perceptions individuelles et collectives du changement climatique, de l'adaptation et des concepts liés (par exemple le risque, la vulnérabilité, l'incertitude). La recherche en la matière en est à ses prémices, mais l'identification et le dépassement des barrières cognitives ainsi que des barrières normatives et institutionnelles, sont vus comme un des enjeux majeurs de la mise en place de stratégies d'adaptation. L'étude des projets mis en place dans les villes montre que ces barrières sont bien présentes, sont parfois identifiées comme telles par les acteurs, mais que toutes ne sont pas toujours reconnues. Fournir les moyens de contourner ces barrières est un enjeu important de la mise en œuvre de l'adaptation.

Une première barrière cognitive est par exemple le faible poids donné aux enjeux de long terme dans les décisions individuelles ou collectives, qui conduit à ce que le changement climatique soit vu par beaucoup comme un problème qui n'est pas urgent, voire à ce que les individus ou les groupes préfèrent en attendre les impacts avant de réagir. Or on sait qu'agir de cette façon est nettement moins efficace que d'anticiper les changements et s'y préparer. Dans la même logique, les individus ou les groupes ont tendance à surestimer leur capacité d'adaptation (en particulier réactive) et à sous-estimer leur vulnérabilité, et donc à mettre en place des mesures moins ambitieuses que nécessaire.

L'adaptation elle-même est souvent perçue comme un processus lourd et requérant des investissements conséquents. Cette perception, partagée par de nombreuses villes, est un grand frein à l'action. Pourtant, l'étude montre que la grande majorité de ce qui est mis en œuvre au titre de l'adaptation, que ce soit dans les villes ou ailleurs, a un coût relativement faible qui dépasse rarement des coûts d'ajustement marginaux. En vérité on se rend compte que les actions proposées au titre de l'adaptation sont principalement des actions sans-regret, dont les coûts sont par définition faibles, et qu'elles ne présagent donc pas des véritables coûts de l'adaptation, qu'il est encore impossible de calculer (cf. chapitre 1).

De façon semblable, on a vu que les incertitudes sont une vraie barrière pour s'adapter. Les entretiens avec les acteurs de l'adaptation dans les villes montrent que cette barrière se trouve renforcée par la perception qu'ont les individus de ces incertitudes : ils les jugent trop importantes pour agir, alors que, d'une part, ils en ont en fait une connaissance limitée, et que, d'autre part, de nombreuses décisions sont déjà prises dans un contexte d'incertitudes fortes sans rencontrer les mêmes préticences.

Enfin, la perception limitée des risques climatiques qu'ont les acteurs n'empêche pas l'action, mais rend très souvent les stratégies d'adaptation sous-optimales. L'étude des plans d'adaptation dans les villes françaises et internationales révèle en effet une vision assez limitée des risques pris en compte, et donc des choix d'adaptation qui sont faits. Les risques pris en compte dans les plans d'adaptation sont avant tout des risques passés et connus. La démarche actuelle ne laisse que peu de place à une réflexion sur les nouveaux risques que peut créer le changement climatique – qu'ils soient encore inconnus dans la ville étudiée ou qu'ils ne se soient encore produits nulle part. En particulier, les combinaisons d'évènements ne sont jamais étudiées : si le changement climatique augmente l'occurrence des canicules et des inondations, que se passe-t-il si les deux arrivent à 2 mois d'intervalle au même endroit ? Pire, les villes ont souvent tendance à ne pas intégrer de changement dans les risques qu'elles connaissent, et ne s'adaptent donc qu'au climat passé alors qu'elles croient s'adapter au changement climatique. La canicule de 2003 ou les inondations de 1910 sont ainsi souvent considérées comme des risques étalons auxquelles les villes doivent se préparer, alors que Météo-France estime par exemple qu'il est probable que les températures atteintes en été 2003 deviennent la norme avant la fin du siècle.

En outre, que le changement climatique soit perçu comme un réchauffement a visiblement pour conséquence de faire oublier les risques liés au froid (comme les gelées, les tempêtes de neige, etc.) aux personnes impliquées dans l'adaptation. Or il n'est pas prouvé a priori et dans tous les cas que ces risques et la vulnérabilité des villes à ces risques diminuent. On constate également une sur-représentation des événements extrêmes dans les impacts du changement climatique pris en compte par les villes, au détriment de l'impact de changements plus progressifs. Enfin, il est

exceptionnel que les villes s'intéressent à d'éventuels impacts positifs du changement climatiques. Or ils ne sont pas inexistantes, au moins à court et moyen termes, et leur optimisation passe aussi par leur anticipation. On peut citer l'augmentation attendue du tourisme dans le Nord et l'Ouest de la France. Nantes Métropole prévoit de s'intéresser à cette question. Au total, les impacts du changement climatique considérés par les villes sont insuffisants pour permettre une adaptation optimale.

Barrières normatives et institutionnelles

La mise en œuvre de l'adaptation est contrainte par l'environnement dans lequel évoluent les différents acteurs concernés, en particulier l'organisation et la structure des institutions sociales : ce sont les barrières normatives et institutionnelles. Pour les villes, ces barrières sont nombreuses et sont souvent identifiées comme une des principales difficultés pour un sujet comme l'adaptation. Une des barrières les plus citées est le partage des compétences à différentes échelles territoriales : l'autorité municipale qui met en œuvre sa stratégie d'adaptation n'a pas le pouvoir d'agir sur l'ensemble des composantes de son territoire et est dépendante de choix d'autres échelons. Rouen, qui met beaucoup l'accent sur l'utilisation d'espaces verts pour la gestion des eaux de pluie et du risque inondation, constate que cette mesure d'adaptation est rendu difficile par le fait que les espaces verts relèvent de la compétence de la ville, alors que les eaux de pluie sont gérées par l'agglomération. Les mesures proposées requièrent un financement et un entretien communs.

De façon comparable, Dunkerque constate que l'entretien des waterings - ouvrages de drainage présents dans les zones côtières de basse altitude des Pays-Bas, de Belgique et du nord de la France - permettant la réduction de la vulnérabilité aux inondations, est freiné par un partage des compétences entre services de l'Etat, associations de protection de l'environnement et acteurs locaux.

En effet, il ne suffit pas de proposer des actions : il faut que les acteurs puissent les mettre en œuvre. Une stratégie d'adaptation doit ainsi prendre en compte l'écart éventuel entre ce que les acteurs veulent faire et ce qui leur est permis par le système.

Par ailleurs, la compréhension du risque climatique et la priorisation de l'action sont souvent différentes à travers un même groupe et d'un groupe à l'autre, en particulier à différentes échelles territoriales, ce qui freine l'action du plus volontaire. C'est ainsi que les départements de l'environnement des villes sont souvent plus sensibilisés à la question des impacts du changement climatique que des départements plus techniques, mais ils ont moins de leviers d'action.

Il apparaît clairement que la mise en place d'une réflexion et d'un plan d'action en matière d'adaptation demande par ailleurs une volonté politique particulière. Or l'agenda politique exige souvent de s'occuper de questions jugées plus urgentes, de plus court terme et poussées par différents acteurs. Certaines caractéristiques spécifiques de l'adaptation (incertitudes des impacts, enjeux de long-terme, nouveauté du sujet et manque de connaissances sur les mesures à prendre) la placent de fait en marge des processus de décision habituels. Dans les villes où les risques climatiques sont moins importants – ou plutôt jugés comme tels à cause de l'absence de précédents – il est plus difficile de convaincre les parties prenantes du caractère essentiel de l'adaptation. Il est d'ailleurs parfois difficile pour les gouvernements locaux de se lancer dans des actions qui n'ont pas encore « fait leur preuve », dont la pertinence et l'efficacité doivent encore être démontrées.

De façon générale enfin, il arrive que les institutions soient freinées pour mettre en place une réflexion sur l'adaptation par une forte propension au *statu quo*. Si cette caractéristique n'est pas spécifique aux questions d'adaptation, elle se trouve renforcée par les autres barrières citées précédemment, telles que les incertitudes et le caractère diffus du concept. Le *statu quo* est souvent l'option par défaut, et toute déviation est souvent marginale et incrémentale. Cette rigidité organisationnelle est un obstacle à l'adoption d'un plan d'adaptation ambitieux, et il faut des éléments déclencheurs forts pour y remédier.

L'identification, la compréhension et la prise en compte de ces barrières est une première étape pour optimiser la mise en œuvre de l'adaptation dans les collectivités territoriales. Le fait que ces

barrières soient communes à l'ensemble des villes et que leur contournement soit relativement lourd et coûteux pousse à une action au niveau national.

Quelle place accorder aux politiques et mesures non labellisées « adaptation » dans une perspective d'adaptation au changement climatique ?

Les plans d'adaptation développés par les villes ne sont que « la partie émergée de l'iceberg » des politiques et mesures qui ont un effet sur leur adaptation au changement climatique. Il existe en effet une multitude de plans, de projets et de politiques qui concourent déjà ou peuvent concourir à adapter la ville au changement climatique, et l'enjeu est aussi de les identifier pour optimiser leur rôle. Certaines villes, comme Toronto ou Paris par exemple, ont identifié une partie de ces mesures et en ont fait la base de leur stratégie initiale d'adaptation. Sont présentés ici certaines de ces politiques et mesures à travers une classification qui n'a d'autre but que de souligner leurs différents rapports à l'adaptation. Il convient de distinguer ainsi les politiques et mesures qui concourent déjà à l'adaptation, de celles qui peuvent y contribuer, à condition d'y inclure des dimensions climatiques, et des mal-adaptations potentielles.

D'une certaine façon, l'ensemble des politiques de la ville ont ou peuvent avoir un impact – positif ou négatif – sur l'adaptation. Le but de cette partie est de proposer un cadre de pensée et des exemples concrets qui puissent permettre aux parties-prenantes d'identifier ces mesures et de les intégrer à leur démarche d'adaptation. Deux stratégies, complémentaires, permettent d'appréhender ces mesures : la première part des impacts climatiques (hausse des températures, montée du niveau des eaux...) et remonte vers les politiques et mesures qui ont un impact sur la gestion de ces impacts ; la seconde est inverse et consiste à examiner les conséquences de chaque politique urbaine sur l'adaptation au changement climatique.

Politiques et mesures qui concourent déjà à l'adaptation

Ces mesures sont généralement des dispositifs qui permettent aux villes de s'adapter aux risques climatiques présents tels que les inondations, les sécheresses, les canicules. Ils ne sont pas destinés à s'adapter au changement climatique en tant que tel, mais à mieux intégrer et se protéger des événements climatiques extrêmes du climat présent. Toutefois, partant du principe que les territoires ne sont souvent pas adaptés aux risques présents, ils contribuent à une première étape de l'adaptation au futur climat : l'adaptation au climat présent. C'est ce qu'on appelle souvent des mesures « sans regrets », car elles sont bénéfiques quoiqu'il arrive et permettent de s'affranchir en partie des incertitudes liées aux impacts du changement climatique. Elles concourent ainsi à l'adaptation au changement climatique. On constate d'ailleurs que les plans d'adaptation de nombreuses villes internationales intègrent certaines de ces mesures dans leur première phase, principalement parce que c'est relativement simple et peu onéreux. Par exemple, l'ensemble de la première phase du plan de Toronto est dédié à prendre en compte ce type de mesures. Pour optimiser cette contribution, il faudrait cependant y intégrer l'anticipation de l'évolution des risques et ne pas se limiter à un niveau de risques vus comme constant, ce qu'elles font souvent. Cette intégration peut-être une mesure simple et efficace de la stratégie d'adaptation d'une ville.

Recensement régulier des aléas climatiques

Un premier type de mesure qui concourt déjà à l'adaptation est l'inventaire des aléas climatiques. Il répond au besoin d'entretenir la mémoire collective du risque et d'éviter ainsi la mise en place d'une urbanisation déraisonnée. Mais ce recensement reste aujourd'hui thématique et ne forme pas un répertoire regroupant l'ensemble des incidences. Il existe deux méthodes pour appréhender les phénomènes, l'une à l'échelon communal, l'autre à l'échelon national. Ainsi la municipalité a la charge de relever les risques résultant d'événements connus : réalisation de l'inventaire communal des crues, établissement de repères. De leur côté, les services de l'Etat s'appuient essentiellement

sur un aléa de référence établi pour un phénomène d'intensité exceptionnelle (atlas des zones inondables basés sur la crue centennale). De la même façon, Météo-France crée des bases de données sur les événements météorologiques, qui peuvent permettre de recenser les aléas et détecter leur évolution.

Plans de prévention

S'il y a bien un type de mesures dont on peut appréhender les effets directs sur l'adaptation de la ville face aux changements climatiques, même si le mot « adaptation » n'apparaît pas, ce sont les Plans de prévention des risques naturels (PPRN) qui s'appliquent à un territoire communal ou multi-communal. Ils concernent en particulier les inondations, les mouvements de terrain, les incendies de forêts, les tempêtes, c'est-à-dire des phénomènes dont la fréquence et l'amplitude seront potentiellement affectées par le changement climatique.

Les PPRN, qui font partie d'une politique gouvernementale de prévention, ne se fondent donc pas sur les impacts du changement climatique, mais permettent dans une certaine mesure d'adapter la ville à ces derniers. Dans les objectifs et actions attenants à un PPRN, on retrouve plusieurs éléments déterminants qui vont dans le sens d'une adaptation de la ville aux effets du changement climatique : une meilleure connaissance des phénomènes et de leurs impacts, une surveillance, une sensibilisation de la population, une prise en compte des risques dans les projets, une protection et adaptation des installations.

Prévention, sensibilisation et protection de la population

Un troisième type de mesures qui concourent déjà à l'adaptation est un ensemble de démarche qui permet d'assurer la préparation des populations aux différents risques climatiques. La population ignore souvent a priori sa vulnérabilité aux risques climatiques, en particulier les caractéristiques propres à son territoire et les événements passés, et l'un des enjeux de l'adaptation est de lui fournir l'information et les outils nécessaires pour faire face aux impacts du climat, et de son évolution.

Information de la population sur des risques plausibles

Depuis 1987, une série de dispositions législatives et réglementaires a imposé un droit du citoyen à l'information préventive des risques majeurs auxquels il peut être exposé (Art L.125-2 et L.125-5 à 27 du code de l'environnement). Ces dispositions permettent une prise de conscience individuelle et collective du risque. Les informations synthétiques sur les risques sont élaborées par les services préfectoraux sous la forme d'un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) et par l'établissement, par le maire, d'un document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM). Ces documents décrivent les risques auxquels les territoires sont exposés et les conséquences prévisibles sur les personnes, les biens et l'environnement, ainsi que la chronologie des phénomènes connus. Sur la base de ces dossiers, le maire a le devoir d'informer la population des risques majeurs présents sur le territoire communal.

Préparation d'une situation d'urgence

Les grands événements climatiques qui ont touché le territoire national (tempêtes de 1999, canicule de 2003...) ont montré que les collectivités territoriales n'étaient pas toutes préparées à affronter ce type de crise. Répondre à une situation d'urgence exige la mise en place d'une mobilisation rapide de tous les moyens publics et privés ainsi qu'une coordination efficace. Les communes soumises à un risque ont l'obligation de réaliser un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) qui intègre notamment le DICRIM, établissant ainsi le lien entre l'information préventive et l'information comportementale du risque.

Protection de la population face à un risque imminent ou avéré

Lorsqu'un phénomène climatique est prévu pour un futur proche, il est nécessaire d'alerter promptement la population. Cette information à court terme permet de rappeler au moment opportun les risques et les comportements à tenir pour y faire face. Cette diffusion se fait par les systèmes d'alertes : média, téléphones, sirènes... L'évènement pouvant évoluer, elle permet aussi de tenir la population informée des changements. Mentionnons à ce sujet l'innovation de la carte de vigilance, suite à l'expérience des tempêtes de 1999 : elle améliore la communication du risque directement vers le citoyen et fournit les prévisions et les conseils de prudence sur un document unique.

Le Plan Canicule est aussi un type de mesure qui existe déjà et peut concourir à l'adaptation au changement climatique, surtout si l'évolution du risque de fortes chaleurs y est intégré.

Politiques et mesures qui peuvent contribuer à l'adaptation

D'autres politiques et mesures ne contribuent pas directement à l'adaptation au changement climatique, dans le sens où elles ne sont pas liées au climat. Mais elles peuvent fournir un cadre d'action pour la mise en place de mesures d'adaptation, à condition d'y inclure une dimension climatique et d'évolution de ce climat. Il est donc important de les identifier afin de les intégrer dans une stratégie d'adaptation, parce que ce sont aussi des mesures potentiellement efficaces et à faibles coûts. Plus exactement une stratégie d'adaptation devrait proposer des pistes pour inclure des considérations liées au changement climatique dans ces mesures.

Documents d'urbanisme

Un premier dispositif pouvant offrir un tel cadre regroupe les documents de planification décentralisée (art. L. 121-1). La loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain (SRU) a institué deux documents d'urbanisme – les schémas de cohérence territoriale (SCOT) et les plans locaux d'urbanisme (PLU) – qui permettent la prise en compte des risques dans tout projet d'aménagement et quelle que soit l'échelle. L'élaboration ou la révision du document d'urbanisme oblige à inscrire dans le rapport de présentation des indications sur la situation existante du territoire et en particulier à exposer les risques et les impacts qu'ils représentent. Ce rapport peut fournir un cadre pour l'adaptation de la ville au changement climatique, car il est obligatoire de proposer des mesures édictées dans le règlement afin de réduire ou de supprimer les dangers.

L'existence de risques sur le territoire conduit dans le document de planification, soit à interdire, soit à autoriser sous certaines conditions une urbanisation des sols. Ainsi, la fonction prévisionnelle du SCOT orientera l'organisation de l'espace et la fonction réglementaire du PLU fixera les servitudes des sols en prenant en compte les risques recensés. La prise en charge à long terme des préoccupations liées aux risques est au cœur du système de planification. C'est pourquoi dans les documents de planification et d'orientation stratégiques, la dimension « changement climatique », mérite de faire l'objet d'une attention particulière afin d'optimiser sa prise en compte dans le cadre de la transformation des villes.

Protection des espaces naturels

Il semble que les mesures de protection des espaces naturels soient souvent des mesures qui ne concourent pas directement à l'adaptation mais peuvent être influentes si elles intègrent les évolutions du climat. Deux exemples emblématiques sont la loi Littoral et la loi Montagne qui, si elles ne relèvent pas de la compétence de la ville, sont d'importants déterminants de son adaptation au changement climatique et à l'élévation du niveau de la mer. Leurs dispositions d'urbanisme réduisent de manière significative la vulnérabilité de l'urbanisation face aux risques naturels. A titre d'exemple, les communes soumises à la loi Littoral participent au recul stratégique de la ville et des aménagements en bord de mer qui risqueraient à terme d'être mis en danger par la submersion marine ou l'érosion côtière. L'optimisation de l'adaptation des villes passe donc aussi par une prise en compte du changement climatique dans ce type de règlements

Irréversibilités et mal-adaptations potentielles

Certaines politiques, mesures ou projets de la ville sont susceptibles d'avoir un effet négatif sur l'adaptation, parce qu'elles augmentent la vulnérabilité d'une partie du territoire ou de sa population au changement climatique. Elles peuvent en particulier rendre plus difficile leur adaptation future ou conduire à des irréversibilités. Il est courant d'appeler mal-adaptations ce type de situations (voir encadré 21).

Le concept de mal-adaptation est couramment utilisé dans les travaux traitant d'adaptation, mais il n'en existe pas de définition consensuelle. Celles que l'on peut trouver adoptent en général une vision restreinte du terme en le définissant comme une action d'adaptation qui manque sa cible, c'est-à-dire qui augmente la vulnérabilité au lieu de la réduire.

On trouve cependant fréquemment des utilisations du terme qui relèvent d'une vision plus large, vision que nous adoptons ici en définissant une mal-adaptation comme toute action qui augmente la vulnérabilité d'un groupe ou d'un écosystème au changement climatique, aujourd'hui ou dans le futur. Une mal-adaptation peut aussi être une action dont le but premier est l'adaptation, mais qui augmente la vulnérabilité d'un autre groupe que le groupe cible, aujourd'hui ou dans le futur. Le recours généralisé à la climatisation est une mal-adaptation de cet ordre car, contribuant aux émissions de gaz à effet de serre, il augmente le changement climatique futur et donc la vulnérabilité des populations dans l'avenir. Une mal-adaptation peut aussi être une action qui n'a pas pour but l'adaptation et qui augmente indirectement la vulnérabilité d'un groupe aux impacts du changement climatique. L'autorisation de construction en zone inondable (actuelle ou future) relève de ce type de mal-adaptation.

Encadré 21 : mal-adaptations, tentatives de définition

Protection du patrimoine

L'adaptation des villes au changement climatique nécessitera des modifications physiques au niveau des bâtiments, par exemple pour les isoler ou les aérer. Toute mesure sanctuarisant ces bâtiments, en particulier les mesures mises en place pour préserver le patrimoine culturel, risque donc d'entrer en conflit avec une démarche d'adaptation. En limitant la flexibilité des milieux, elles peuvent en effet conduire à augmenter leur vulnérabilité au lieu de la diminuer. De tels risques de mal-adaptation ne doivent pas être sous-évalués, plus particulièrement lorsqu'il est question de sauvegarder le patrimoine historique.

Imperméabilisation des sols

Une urbanisation qui ne prend pas en compte les impacts futurs du changement climatique peut conduire à un certain nombre d'irréversibilités qui augmentent les risques liés au changement climatique. Il en va ainsi de l'imperméabilisation des sols par exemple : l'artificialisation progressive des espaces naturels et leur recouvrement par des rues, des dalles et des constructions limitent l'infiltration et augmente fortement le ruissellement. Cette imperméabilisation est à l'heure actuelle une des causes principales de l'augmentation du risque d'inondation dans les villes, et elle limitera grandement leurs capacités à s'adapter à une évolution de ce risque liée à une augmentation de la fréquence et de l'intensité de pluies intenses. Notons ici la taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines, instaurée par la loi Grenelle II, et qui inclut un dispositif incitatif permettant potentiellement de limiter l'imperméabilisation en déduisant les surfaces perméables de l'assiette imposable.

Cas des mesures d'atténuation

Les mesures mises en place par les villes pour atténuer le changement climatique peuvent avoir différents effets en ce qui concerne l'adaptation. Comme nous venons de le voir, elles peuvent

aussi bien contribuer à une certaine adaptation, fournir un cadre d'action pour l'adaptation (à condition d'y inclure une prise en compte des risques), ou au contraire aller à l'encontre de l'adaptation.

Le cas le plus emblématique de synergies potentielles entre atténuation et adaptation, et que nous développons ici, est le déploiement de normes, certifications, sigles, labels et réglementations pour la construction. Ces mesures vont dans le sens d'un meilleur confort thermique et une baisse de la consommation énergétique. Depuis 2000, trois réglementations thermiques ont été élaborées. Si ces mesures ont pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre françaises, elles peuvent aussi permettre assez directement d'adapter le bâti au changement climatique. En effet, la baisse de la température intérieure en été, l'isolation et l'amélioration de la performance thermique vont permettre aux bâtiments de s'adapter à l'augmentation de la température moyenne induite par les effets du changement climatique.

À l'opposé, des mesures d'atténuation peuvent réduire la capacité de la ville à s'adapter. Certains moyens de réduction de la consommation de chauffage peuvent augmenter la demande en climatisation : c'est le cas du recours aux baies-vitrées par exemple. La densification de la ville, mesure parfois mise en avant pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, peut aussi renforcer le risque d'îlots de chaleur. Il est recommandé d'identifier ces conflits pour permettre de concevoir d'éventuels ajustements des stratégies d'atténuation qui permettent en même temps de réduire la vulnérabilité au changement climatique.

Conditions nécessaires

Au final, il est clair que de nombreuses politiques et mesures de la ville peuvent permettre son adaptation au changement climatique, à certaines conditions.

Une première condition peut sembler évidente mais la pratique montre qu'elle ne l'est pas : ces politiques et mesures doivent prendre en compte l'évolution du climat, c'est-à-dire qu'elles ne doivent plus se baser sur des normes calculées sur le climat passé mais intégrer le changement progressif de ce climat. Rien ne garantit *a priori* qu'une mesure qui ne prend pas en compte le changement du climat y soit adaptée, c'est-à-dire qu'elle soit valable si le climat change.

Au-delà de cette première étape, il faut aussi permettre un suivi et une révision réguliers de ces mesures en fonction de l'évolution du climat, et de la compréhension de cette évolution et des outils permettant d'en évaluer les impacts. Il y a donc deux évolutions à suivre : d'abord celle du climat, en réévaluant périodiquement les normes utilisées par exemple, ensuite celle de la science. L'évaluation des impacts du changement climatique et de la vulnérabilité est un domaine qui évolue constamment. Permettre l'actualisation des dispositions prises par la ville en fonction de ces évolutions est primordial pour assurer l'efficacité de leur adaptation.

Une troisième condition nécessaire est de commencer à réfléchir aux effets de seuil. En effet, certaines mesures peuvent s'avérer très efficaces face à un événement climatique donné, qui a une intensité et une fréquence données. Mais il est probable que le changement climatique implique une augmentation de la fréquence et de l'occurrence de nombreux phénomènes : canicules liées à la hausse de la température, inondations liées à l'augmentation du niveau de la mer ou à des modifications des régimes de précipitation, tempêtes, coulées de boues, etc. Il faut alors se demander si des plans, mesures et projets dimensionnés pour faire face à des cas de phénomènes exceptionnels s'avéreront toujours efficaces si les phénomènes deviennent plus courants ou plus forts. C'est le cas par exemple de toute adaptation à la canicule de 2003 : si le risque de canicule augmente à cause du changement climatique, et que la canicule centennale devient décennale voire annuelle, il faut penser à d'autres stratégies d'adaptation que ce que le Plan Canicule prévoit ou peut permettre de faire aujourd'hui. Il est donc également nécessaire de prendre en compte les effets de seuils dans l'intégration des plans, mesures et projets de la ville qui ne sont pas labellisés adaptation. Par ailleurs, l'existence même d'un plan de protection peut rassurer les populations de façon excessive si rien n'est fait pour actualiser la protection ou la préparation en fonction de l'évolution du risque, et finalement augmenter la vulnérabilité. Cet oubli

du risque quand on est protégé peut aussi constituer un frein fort à l'adaptation des villes face aux effets du changement climatique.

On voit donc qu'il est important de ne pas limiter une stratégie d'adaptation à la création de mesures nouvelles et spécifiquement destinées à réduire la vulnérabilité de la ville au changement climatique : il y a aussi un grand enjeu à y intégrer les politiques de la ville qui préexistent à la stratégie d'adaptation et qui jouent déjà un rôle dans cette adaptation ou peuvent jouer un tel rôle à certaines conditions. Il faut par ailleurs éviter les maladaptations potentiellement créées par des mesures qui ne prennent pas en compte le changement climatique et qui augmentent la vulnérabilité d'un territoire ou d'un groupe à ces impacts. Enfin, l'élan donné aux mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre est une occasion d'optimiser les synergies et éviter les conflits qu'elles peuvent avoir avec des enjeux d'adaptation.

Perspectives

L'étude de la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes françaises et internationales permet, malgré sa relative jeunesse, de faire ressortir des caractéristiques et des tendances potentiellement utiles pour la suite. Ce chapitre a permis de dresser un panorama des initiatives d'adaptation urbaine en France et à l'étranger, puis d'exposer les principaux leviers et barrières à l'adaptation. Enfin, un des grands chantiers futurs de l'adaptation a été présenté : l'intégration de toutes les politiques de la ville qui ne sont pas labellisées adaptation mais qui participent à l'effort d'adaptation ou devraient y être intégrées. La fin de ce chapitre a pour but de reprendre les principales leçons soulevées par ces différents points et de mettre en avant quelques perspectives pour la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes.

Bilan : les prémices de l'adaptation

Il ressort de l'analyse des projets, plans et stratégies d'adaptation et de l'avis même de ceux qui en ont la charge que la mise en œuvre de l'adaptation est en France à un stade préliminaire, et que les villes internationales ne sont pas plus avancées si l'on fait exception de quelques pionnières. L'étude de ces villes pionnières révèle en comparaison une démarche d'adaptation encore embryonnaire dans les villes françaises : les projets sont courts, ignorent l'étape du diagnostic de vulnérabilité et n'adoptent pas une vision stratégique de l'adaptation de la ville pour les années à venir. On constate également que les rares plans d'adaptation se limitent à un ou deux événements climatiques (en général l'îlot de chaleur urbain et les inondations), et qu'ils ne considèrent pas réellement l'impact du changement climatique sur ces événements. Enfin, le nombre de mesures proposées et de secteurs ou domaines impliqués est encore très réduit.

Si des initiatives ont été lancées dès le milieu de la décennie, leur portée et leur avancement ne permettent donc pas encore de dire que les villes françaises s'adaptent véritablement au changement climatique. Ces initiatives doivent plutôt être vues comme le début d'un processus qui prendra du temps, dans une démarche d'amélioration continue et de partage d'expérience d'une ville à l'autre. Elles coïncident aussi avec l'implication de l'échelon national sur ce sujet, et cette synchronisation est source de contributions réciproques intéressantes : les services de l'Etat français devront faciliter l'adaptation dans les collectivités territoriales, et les villes seront un laboratoire d'adaptation duquel remonteront des expériences et des leçons déterminantes pour l'adaptation de la France au changement climatique.

Besoin de mise en place d'outils au niveau national pour favoriser l'adaptation dans les collectivités territoriales

Le bilan de la mise en œuvre de l'adaptation dans les villes françaises est donc sans appel : ce n'est qu'un début. Il a été montré dans ce chapitre que de nombreuses barrières peuvent être invoquées pour expliquer le manque d'ambition des démarches actuelles d'adaptation dans les villes françaises. Le contournement de ces barrières demande une implication de l'échelon national, en particulier par la fourniture d'outils, d'incitations et de cadres méthodologiques communs, révisables et ajustables en fonction des retours d'expériences des acteurs impliqués. L'élaboration de ces outils doit cependant permettre une grande liberté dans le choix des solutions que les villes expérimentent. Aucune stratégie d'adaptation n'a encore fait ses preuves, que ce soit dans sa forme ou dans les actions qu'elle propose, et il est risqué de limiter les possibles par des cadres trop contraignants. Un équilibre doit donc être trouvé entre le souci d'aider les villes, en leur fournissant des outils, et le besoin de favoriser l'expérimentation, en faisant en sorte que ces outils ne conditionnent pas de façon excessive les choix des villes en matière d'adaptation.

Certains des outils qui apparaissent nécessaires à l'adaptation sont détaillés ici; certains d'entre eux existent déjà partiellement en France, et le recensement des besoins qui est fait ici n'a pas vocation à les mettre de côté. Il a plutôt pour objectif de donner une vision globale des outils nécessaires à l'adaptation dans les villes.

Guides méthodologiques

Le premier outil – peut-être le plus évident – est un guide méthodologique pour l'adaptation dans les collectivités territoriales. Un tel cadre permettrait à une ville soucieuse de se lancer dans une démarche d'adaptation d'être guidée dans les différentes étapes de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une stratégie. Il serait aussi utile pour optimiser les plans d'adaptation, en permettant par exemple une prise en compte plus large des impacts, des secteurs et des vulnérabilités. Il proposerait enfin des solutions de priorisation des différentes actions d'adaptation, à ajuster pour chaque collectivité. De tels outils existent déjà dans le cadre de l'aide au développement : les grands bailleurs, principalement multilatéraux, ont ainsi publié des conseils pour l'élaboration de projets d'adaptation dans les pays en développement qui sont souvent utilisés par les maîtres d'œuvres locaux. En France, le rapport du Conseil Economique pour le Développement Durable (CEDD) intitulé « Economie de l'adaptation au changement climatique » (C.de Perthuis, S. Hallegatte et F. Lecocq) propose par exemple un processus en sept étapes pour construire une stratégie d'adaptation.

Diagnostics de vulnérabilité

L'étape du diagnostic de vulnérabilité, souvent ignorée dans les plans d'adaptation des villes françaises, est pourtant primordiale pour mettre en place une stratégie d'adaptation efficace : comprendre la vulnérabilité du territoire et de ce qui l'occupe, en fonction des risques posés par le changement climatique devrait permettre ensuite d'identifier les actions d'adaptation à mettre en œuvre et de les prioriser. L'expérience montre qu'une telle étape initiale n'est considérée sérieusement que si des outils de diagnostic de vulnérabilité sont mis à disposition. Ces outils sont généralement des guides méthodologiques décrivant un processus à suivre et proposant des exemples desquels s'inspirer. L'ADEME prépare un tel guide qu'elle devrait mettre à disposition des acteurs de la ville dans le courant de l'année 2011.

Comme le rappelle par ailleurs le premier chapitre, le réchauffement global ne sera pas le seul facteur de changement à l'avenir, et les dynamiques socioéconomiques pourront parfois davantage modifier les conditions d'exercice de la ville que les évolutions environnementales. Dès lors, changement climatique et dynamiques sociétales sont à penser de concert. Des outils de prospective socioéconomique intégrant des dimensions démographiques, économiques et sociales sont indispensables aux côtés des outils de prospective climatique et continuent à être développés par les agences de développement, les bureaux d'étude et les laboratoires de recherche.

Evaluation des coûts

Enfin, il apparaît indispensable, voire urgent, d'améliorer la connaissance des coûts de l'adaptation. Différents types de coûts apparaissent : coûts d'analyse ex-ante, d'élaboration des plans d'actions, de mise en œuvre, des technologies, de communication, d'évaluation. On constate par ailleurs que la mise en œuvre actuelle de l'adaptation ne permet pas de présager des véritables coûts de l'adaptation car, comme nous l'avons exprimé plus tôt, les villes commencent par les mesures les moins coûteuses, souvent à coût nul ou négatif (mesures sans regret par exemple). La mise en œuvre de mesures plus coûteuses, spécifiquement dédiées à s'adapter au changement climatique n'a pas réellement débuté.

Une meilleure connaissance des coûts et de leur hiérarchie permettra d'une part, de prioriser les actions en fonction du budget et d'autre part, de prévoir les ressources additionnelles nécessaires. L'objectif est de rendre les politiques d'adaptation plus consistantes sur le long terme. L'adaptation au changement climatique présente cependant des caractéristiques qui rendent l'évaluation de ses coûts ardue : incertitudes des impacts, manque de connaissances sur les solutions à y apporter, prépondérance de solutions douces et sans regret, difficiles à estimer. Il est donc utile d'entamer des réflexions au niveau national pour proposer des outils d'évaluation de ces coûts.

Services climatiques

Pour réussir un diagnostic de vulnérabilité, il faut des informations climatiques à jour et comprises par ceux qui les utilisent. Le déploiement de services climatiques au niveau national apparaît comme essentiel à une mise en œuvre de l'adaptation, qu'elle soit urbaine ou qu'elle concerne d'autres échelles et acteurs. Les services climatiques sont définis comme un ensemble de services mettant à disposition d'un utilisateur des informations à la fois sur la science du climat et son fonctionnement, ainsi que sur les résultats des modélisations climatiques. Ces informations peuvent être génériques, c'est-à-dire communes à tous les utilisateurs, ou sur mesure, c'est-à-dire adaptées à des demandes spécifiques de chaque utilisateur. Ils sont essentiels pour permettre aux villes de dépasser le stade actuel de prise en compte des risques et d'intégrer réellement le changement climatique dans leur approche. Des projets de services climatiques ont débuté en France, mais on est encore loin d'une offre complète sur le sujet. Le projet DRIAS par exemple, financé par le MEEDDM dans le cadre du programme GICC, vise à construire un site internet jouant le rôle de plateforme d'informations climatiques.

Partage d'expériences

Un dernier outil, primordial, qui doit être développé au niveau national, est une interface de partage d'expérience à travers toutes les échelles de mise en œuvre. Le manque d'expérience et d'exemples sur lesquels s'appuyer a été identifié par une majorité d'acteurs comme un grand frein à l'action en matière d'adaptation. Diffuser l'information sur les expériences existantes, de façon régulière et facilement accessible, faciliterait grandement la prise en compte de l'adaptation dans les villes et les autres collectivités territoriales. Cette interface peut prendre différentes formes, par exemple celle d'une plateforme internet (l'ONERC a sur son site² une rubrique « initiatives locales » qui a vocation à préfigurer une telle interface) ou de conférences dédiées. De fait, les colloques scientifiques et les conférences sur l'adaptation permettent aussi de faire partager les expériences de mise en œuvre, à travers tous les secteurs et toutes les échelles. La mise en œuvre de l'adaptation étant encore récente, il serait également très utile de favoriser une interaction recherche-action plus forte en établissant des ponts et des partenariats entre les universités et les villes, et entre les chercheurs et les techniciens.

L'étude a aussi montré que les réseaux de villes, qu'ils soient internationaux ou nationaux (voir par exemple les réseaux internationaux ICLEI ou C40, et le réseau français ViTeCC) étaient essentiels pour favoriser une émulation mutuelle permettant d'initier des démarches d'adaptation et de les rendre ambitieuses. Il apparaît donc nécessaire d'appuyer de tels réseaux, d'inciter les villes à les

² <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Initiatives-locales-.html>

intégrer, et d'y favoriser l'intégration des questions d'adaptation. Il est à ce sujet utile de ne pas se restreindre aux expériences françaises et d'intégrer les initiatives internationales. L'étude plaide aussi en faveur d'une intercommunalité et du regroupement des efforts d'adaptation à l'échelle locale : les regroupements de villes ou d'agglomérations voisines et l'intégration de différentes échelles territoriales rendent plus facile l'initiation d'efforts d'adaptation.

Formation et sensibilisation

Enfin, si des outils existent et existeront de plus en plus, il est crucial que ceux à qui ils sont destinés soient en mesure de prendre du recul par rapport aux principes directeurs, aux méthodologies et aux cas d'étude exposés. Cela suppose que les personnes en charge de l'élaboration de stratégies, en amont comme en aval, disposent des compétences pour juger de la pertinence d'autres expériences dans le contexte spécifique de leur ville.

Les entretiens menés dans le cadre de la réalisation de ce rapport montrent qu'il existe un vrai manque dans ce domaine. C'est pourquoi le volet « formation et sensibilisation » semble incontournable pour favoriser la mise en place de démarches d'adaptation, mais aussi et probablement surtout pour garantir que ces démarches soient de plus en plus robustes et réalistes, et donc à terme que les efforts d'adaptation (en terme de moyens humains et financiers notamment) seront payants. Ce volet concerne en particulier les décideurs et les responsables politiques, les consultants impliqués dans les démarches d'adaptation des collectivités territoriales, les personnels de ces collectivités (qu'ils en aient la charge ou que leur secteur soit ciblé), les chercheurs dans les disciplines concernées, et plus largement les populations des villes.

Conclusion : un cadre de pensée pour l'adaptation dans les villes

Il est possible, à l'aide des études de cas sélectionnées, des documents étudiés et des entretiens réalisés, de tirer un certain nombre de leçons des expériences passées et présentes en adaptation au changement climatique. Ainsi, à l'échelle d'une collectivité urbaine, six éléments apparaissent fondamentaux pour bâtir un cadre de pensée pour l'élaboration de stratégies d'adaptation. Avant de s'engager dans un processus d'identification de pistes d'adaptation et d'élaboration d'une stratégie générale, les décideurs et acteurs de la ville doivent s'approprier ces principes, les mettre en débat et définir une vision partagée de l'adaptation de leur territoire.

Envisager l'adaptation comme une opportunité

Le changement climatique est le plus souvent présenté comme une nouvelle source de contraintes. Or, on a vu dans le chapitre 1 qu'il aura surtout pour effet d'accroître la fréquence et l'intensité des aléas actuels, et donc pour une grande part de renforcer des risques auxquels les villes sont déjà confrontées. Les décideurs et acteurs de la ville possèdent une certaine expérience de la gestion de ces catastrophes naturelles (en termes d'échecs ou de réussites) et cette expérience peut être vue comme un levier formidable pour mettre en place une démarche proactive face aux menaces du changement climatique. Rotterdam (Pays-Bas), fortement menacée par la montée du niveau de la mer du fait de sa localisation géographique, a ainsi délibérément choisi d'envisager l'adaptation comme une opportunité et de se lancer dans une stratégie anticipative (voir encadré 22).

La ville de Rotterdam a comme ambition d'être « à l'épreuve du climat » (*climate proof*) en 2025, c'est-à-dire d'être flexible et résiliente à cette date. La ville anticipe plusieurs conséquences du changement climatique, mais met inévitablement l'accent sur le risque d'inondations.

La stratégie de la ville en matière d'adaptation, « Rotterdam Climate Proof », a trois ambitions : que Rotterdam soit (1) protégée contre les aléas climatiques, (2) économiquement forte et (3) attirante, où il fait bon vivre. Cette stratégie axée sur un développement durable sert entre autres à

rassurer les investissements : rappelons que Rotterdam est le siège d'un des plus importants ports au monde. Mais elle est d'abord et avant tout représentative du rôle que souhaite se donner la ville. Plutôt que de percevoir l'adaptation comme une fatalité, Rotterdam a choisi de la voir comme une opportunité. Une opportunité de se positionner comme leader du savoir et de l'innovation, et comme terrain d'essai pour l'adaptation dans les villes deltaïques.

Encadré22 : Rotterdam à l'épreuve du climat

Penser des villes résilientes

S'adapter, c'est donc à la fois anticiper et être capable de faire face à des événements imprévus. Ce dernier champ est celui de la résilience, que le GIEC définit comme la capacité d'une société ou d'un écosystème à absorber les chocs (connus et inconnus) tout en conservant les mêmes structures basiques de fonctionnement. Chercher à accroître la résilience d'un système urbain face à des perturbations climatiques (tempêtes, inondations...) doit être entendu comme un processus sans regret, parce que bénéfique même sans changement climatique. La résilience n'est cependant qu'une dimension de l'adaptation d'une ville, qui ne doit donc pas être cantonnée à un registre de réponse d'urgence à des événements extrêmes.

Reconnaître l'existence de divergences d'intérêts

Si la ville est un objet complexe, c'est en grande partie parce qu'elle réunit une diversité de parties prenantes. La multitude de ces acteurs et des actions qu'ils entreprennent peut avoir un effet positif sur les logiques d'adaptation (favoriser l'innovation, les transferts d'expérience, la constitution de réseaux, etc.), mais elle invite également à reconnaître l'existence de divergences d'intérêts et de logiques entre acteurs, donc de conflits potentiels autour des actions d'adaptation à mettre en œuvre. Un exemple classique est celui du partage de l'eau entre diverses filières : si le changement climatique a pour effet de réduire la disponibilité d'eau à long terme, des arbitrages seront nécessaires et tout le monde n'en sortira pas gagnant. Il est capital de ne pas feindre d'ignorer ces questions, car elles peuvent provoquer l'abandon de démarches d'adaptation. Toutes les mesures d'adaptation ne seront pas « gagnant-gagnant » mais ne devront pas être laissées de côté pour autant.

Adapter les interventions aux spécificités des contextes locaux

Nous l'avons déjà dit à plusieurs reprises, l'adaptation d'un territoire passe par des mesures spécifiques à ce territoire. Il n'existe pas de solutions génériques, et une stratégie d'adaptation doit inclure un diagnostic poussé de la vulnérabilité du territoire en question qui permette d'élaborer des mesures efficaces et de les prioriser. Les interfaces de partage d'expérience ne doivent donc pas être considérées comme des listes dans lequel il est possible de piocher des solutions d'adaptation clé en main, mais bien comme des outils d'inspiration, de discussion et de remise en question.

Favoriser la diversité des formes

L'adaptation peut se décliner sur de nombreux plans, pas seulement techniques mais aussi comportementaux, économiques, financiers, politiques, institutionnels.... La capacité d'adaptation est souvent réduite à des attributs économiques et technologiques, mais les modes d'organisation sociale ou la structuration administrative, par exemple, sont également des éléments importants de l'aptitude d'une ville (i) à réagir à une crise ou à une succession de crises et (ii) à anticiper les crises potentielles futures. Ainsi, les solutions pratiques imaginables ne relèvent pas uniquement de transferts de technologies ou d'instruments de création de richesse, même si ceux-ci ont évidemment un rôle à jouer. On peut par exemple voir en des actions favorables au maintien des liens sociaux un moyen indirect de renforcer les capacités de la communauté urbaine à être solidaire au moment de la crise (entraide sociale, assurance...) comme dans la mise en œuvre de politiques d'anticipation (développer les réseaux de transport, renforcer les structures et organes de secours...). Dans un contexte de grande incertitude sur les impacts futurs du changement climatique d'une part, et sur l'efficacité des stratégies d'adaptation qui sont proposées d'autre part, il est par ailleurs primordial de ne pas restreindre la pratique à un petit nombre d'actions, vues éventuellement comme des bonnes pratiques. Il faut au contraire que l'innovation soit au cœur des démarches d'adaptation et que la diversité des choix soit encouragée.

Perspectives : la recherche urbaine liée aux enjeux climatiques

Auteur principal : Elvyne Février (DGEC/ONERC)

Contributeurs : Valéry Masson (Météo France), Chantal Pacteau (GIS Climat), Daniel Delalande et Michel Galliot (DGEC/ONERC)

Introduction

Parmi les grands défis environnementaux, le changement climatique est l'un des principaux à avoir fait l'objet d'une alerte précoce de la part de la communauté scientifique. C'est pourquoi la recherche française sur le climat s'est fortement développée, contribuant à l'avancement des connaissances dans de multiples domaines : de l'affinement des modèles climatiques, afin de produire des données à des échelles plus opérationnelles pour les diverses disciplines s'impliquant sur le repérage et la gestion des impacts, aux recherches à caractère technologique qui développent des dispositifs d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Dans le domaine de la recherche urbaine, le concept de ville durable, respectant les équilibres des trois domaines économiques, sociaux et environnementaux, a engendré depuis ces dernières années de nombreux champs de recherches et d'actions dans des disciplines variées, qu'il s'agisse de recherches sur les technologies, en sciences humaines ou du vivant, ou de recherches sur la gestion des systèmes complexes, qui sont le propre de la ville.

Toutefois, la prise en compte des effets du changement climatique dans les villes, et la nécessité pour de la mise en œuvre de politiques adaptées, de lancer des études et recherches pluridisciplinaires dans ce domaine, ne relèvent que d'une prise de conscience récente. En France, le Grenelle de l'environnement, à travers notamment les débats sur les formes et les moyens de mise en œuvre d'une ville durable, en a été un déclencheur privilégié. Des conférences internationales - tel le 5ème symposium mondial de la recherche urbaine à Marseille en 2009 sur le thème « les villes face au changement climatique », la Conférence internationale sur l'urbanisation et le changement mondial environnemental à Tempe, Arizona en 2010 - ou d'autres organisées par des associations de villes à l'échelle internationale – par exemple Resilient Cities 2010 – sont le témoin d'une dynamique nouvelle et conjointe des responsables politiques et des chercheurs.

Ce chapitre présente cette dynamique de la recherche française, encore très récente sur la thématique de l'adaptation au changement climatique, à travers une organisation des équipes par réseaux pluridisciplinaires et l'engagement de projets financés, pour la plupart mais pas exclusivement, dans le cadre de grands programmes de recherche et sur des thématiques variées, avec pour finalité de donner aux villes les outils d'analyse de leur vulnérabilité et les moyens d'une urbanisation adaptée. Le détail des programmes et thématiques est présenté en Annexe 1.

L'organisation des équipes de recherche et d'expertise

Le regroupement des équipes de recherche

Une des fortes originalités du système français de recherche est de présenter une organisation très diversifiée, constituée d'équipes universitaires, d'agences d'objectifs, d'organismes nationaux de recherche appliquée. Le dispositif national de recherche propose une offre variée de

coopérations, l'Etat encourageant la mise en réseaux de laboratoires de recherche (comme par exemple le laboratoire ESPACE regroupant quatre Universités de la région Provence Alpes Côte d'azur (PACA) et le CNRS sur la dynamique des territoires), la réalisation de plate-formes d'essais et la constitution de pôles d'excellence en coopération avec d'autres pôles européens, de type URBAN-NET.

On peut citer ainsi la mise en place en mars 2007 du Groupement d'intérêt scientifique (GIS) climat-environnement dont les membres fondateurs sont : le Centre national de recherche Scientifique (CNRS), le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), l'Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, l'Ecole Polytechnique et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Il rassemble 13 établissements de recherche et d'enseignement supérieur de l'Île de France, dont cinq regroupés au sein d'une structure fédérative sur les sciences de l'environnement, l'Institut Pierre Simon Laplace et travaillant dans les domaines de la climatologie, l'hydrologie, l'écologie, la santé et les sciences humaines et sociales.

Les 13 établissements participant au GIS climat-environnement

L'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), BIOEMCO (Bio-géochimie et écologie des milieux continentaux), le Centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement durable (C3ED), le Centre d'étude de l'environnement terrestre et planétaire (CEPT), le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED), Ecologie systématique et évolution (ESE), le Laboratoire inter-universitaire des systèmes atmosphériques (LISA), le Laboratoire de météorologie dynamique (LMD), le laboratoire d'océanographie et du climat (LOCEAN), le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE), le Laboratoire de l'UFR Médicale Paris Îles de France Ouest, le Laboratoire d'économétrie de l'Ecole Polytechnique, le Service d'aéronomie (SA), la Structure et fonctionnement des systèmes hydriques continentaux (SISYPHE).

Encadré 23 : la composition du GIS-climat

Il vise à développer des recherches interdisciplinaires portant sur les effets du changement climatique sur la nature, la santé humaine ainsi que sur les conséquences économiques. Cinq grands axes de recherche ont ainsi été définis, visant les politiques énergétiques et le développement économique, les extrêmes climatiques et les régions vulnérables, les écosystèmes et la ressource en eau, les impacts du changement climatique sur la santé et l'adaptation au changement climatique. Pour dynamiser le potentiel scientifique de la recherche interdisciplinaire sur le climat en mettant à disposition des acteurs les outils nécessaires, le GIS climat a financé la mise en place du projet RAMONS (Recherche et animation, mobilisation et structuration des savoirs interdisciplinaires relatifs au climat, et interface entre sciences du climat, société et politiques) qui vise à mettre en œuvre de manière concrète cette interdisciplinarité en ancrant celle-ci dans les réalités sociales et politiques du changement climatique, et ce, à travers deux projets : HUMBOLDT, dont l'objectif est la modélisation des impacts du climat sur la biodiversité et CCTV qui explore les liens entre les trames vertes urbaines et l'adaptation au changement climatique.

Par ailleurs, dans le domaine des politiques urbaines, un Réseau Thématique Pluridisciplinaire « villes durables » regroupant l'Institut Ecologie et Environnement (INEE) du CNRS et l'Institut des Métropoles durables (IMD) sous l'égide de la Ville de Paris, est en préfiguration pour permettre la constitution d'un pôle d'excellence scientifique pluridisciplinaire de renommée internationale réunissant différents types d'acteurs – scientifiques, politiques, économiques – autour de la thématique du développement urbain durable. Face à un enjeu centré sur l'adaptation de la ville au changement climatique et à l'évolution des modes de vie et plus généralement à la vulnérabilité des territoires, des recherches se développeront autour de cinq thèmes : l'organisation spatiale des grandes agglomérations, l'efficacité énergétique des bâtiments existants, les réseaux techniques et les services urbains, la place et les fonctions du vivant en ville, la pertinence des outils d'évaluation.

En termes de regroupement physique et scientifique d'équipes de recherche, citons le pôle scientifique et technique Paris-Est qui a pour vocation de rassembler un ensemble d'organismes scientifiques et techniques ainsi que d'Ecoles situés en tout ou partie à l'Est de Paris - dont le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'Institut national de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), le Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA), le Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), les Ecoles Nationale des sciences géographiques, l'Ecole des Ponts ParisTech, le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) - autour d'un thème commun, celui de la ville durable.

Le centre de gravité de cet ensemble est la cité Descartes, regroupant un potentiel de niveau mondial, soit 1500 chercheurs, ingénieurs et doctorants. Située dans la Ville nouvelle de Marne la Vallée, la cité intègre de nombreuses disciplines, depuis la recherche fondamentale jusqu'à l'expérimentation en grandeur réelle. Elle a été identifiée comme pôle de développement prioritaire du Grand Paris et dans ce cadre, l'EPAMARNE impulse un projet de développement économique et urbain sur ce territoire.

Dans le cadre de la dynamique de recherche collaborative public-privé et de la volonté de développer des synergies autour de projets innovants, le processus visant à la valorisation des pôles de compétitivité, dont douze interviennent dans les transports, l'énergie, le bâtiment et la ville durable et une trentaine dans les domaines technologiques liés au développement durable et aux éco-technologies, est destiné à se poursuivre. De nouveaux pôles Echotech pourraient ainsi voir le jour, en particulier en Rhône-Alpes sur le thème de l'énergie durable et dans la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur sur les villes durables et les façades côtières.

On peut citer en outre dans le domaine de l'urbanisme, sous l'impulsion du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM), le rassemblement d'acteurs d'horizons divers, agences d'urbanisme, milieux universitaires et de la recherche intervenant - dans le cadre du concours des jeunes urbanistes - dans le processus de transformation des villes et des territoires avec un souci de durabilité et des thèmes liés par exemple à l'évolution du patrimoine architectural urbain et paysager et à la maîtrise de l'étalement urbain.

L'émergence de l'expertise

Le dynamisme pluridisciplinaire sur les thématiques de la ville et du climat ne se limite pas au secteur de la recherche proprement dite, mais se vérifie aussi dans le secteur de l'expertise, où des organismes et bureaux d'études ont vu leur activité renforcée sur l'ensemble de ces champs au cours de ces dernières années.

La filiale Climat de la Caisse des Dépôts et Consignations (CDC climat), créée en 2010 et dédiée à la lutte contre le changement climatique en partenariat avec l'Université Paris Dauphine et l'Ecole Polytechnique, soutient un programme de recherche en économie du climat (PREC), participe au club Villes, Territoires et Changement Climatique (VITeCC), et développe une expertise diffusée à travers de nombreuses publications, notamment sur la thématique adaptation.

L'Institut du Développement Durable et des relations internationales (IDDR) valorise les travaux scientifiques conduits en France et à l'étranger, identifie de nouvelles questions et ouvre un espace de dialogue entre les différents acteurs, facilitant une compréhension partagée des problèmes. Parmi les problématiques retenues, citons celle du climat (vulnérabilité, risques et adaptation) et celle de la ville (politiques publiques et trajectoire de développement urbain).

La Fondation Européenne pour les territoires durables (FONDATERRA), un partenariat entre l'Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines et les groupes industriels EDF, GDF-Suez et Vinci, anime dans une perspective pluridisciplinaire un réseau de recherche et d'expertise sur des

thématiques liées au développement durable des territoires, avec une attention particulière sur « les enjeux du changement climatique pour les territoires » et « villes et aménagement durable ».

L'association française des Entreprises pour l'Environnement (EpE) regroupe une quarantaine de grandes entreprises françaises et internationales avec pour objectif de prendre en compte l'environnement dans leurs décisions stratégiques et dans leur gestion courante. Sur des thématiques, telle le changement climatique, cette association se veut être une plate-forme d'expertise pour l'ensemble de ses membres, avec pour missions d'analyser et d'anticiper les signaux avant-coureurs d'innovations et de contribuer à une meilleure mobilisation par l'échange de démarches, de méthodologies, d'outils, et de réalisations concrètes.

Enfin, sollicités au cours de ces dernières années par l'Etat et les collectivités publiques, un ensemble de **bureaux d'études privés** développent leur expertise sur les thématiques climat et villes durables. Citons, à titre d'exemple et sans exhaustivité, les bureaux d'étude SOGREA, EXPLICIT, BURGEAP, et ETD.

Les programmes de recherche

Le cadre général

Dans le cadre de la problématique sur la recherche urbaine liée aux enjeux climatiques, la Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation mise en place en 2009 a identifié quatre objectifs majeurs:

- 1°/ mieux comprendre l'évolution du climat et des écosystèmes ;
- 2°/ maîtriser l'énergie ;
- 3°/ développer les éco-technologies et l'éco-conception ;
- 4°/ promouvoir les villes et les mobilités durables.

Plusieurs programmes de recherche transversaux ont été dédiés au premier et au dernier objectif, à savoir d'une part la compréhension des enjeux du changement climatique et d'autre part la promotion de la ville durable. Par ailleurs, des programmes sectoriels les ont inclus dans leur feuille de route, sans compter un certain nombre de projets et d'appels à propositions ciblés (cf. encadré ci-après).

Trois programmes de recherche transversaux :

les programmes « changements environnementaux planétaires », « vulnérabilité, milieux, climat et société », « villes durables » de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR) et le Programme Interdisciplinaire Ville et Environnement (PIRVE) porté par le CNRS et le MEEDDM.

Cinq programmes sectoriels, avec des composantes spécifiques villes et climat : le programme de recherche « gestion et impacts du changement climatique » (GICC) porté par le MEEDDM, le programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie et le bâtiment (PREBAT) porté par le Plan Urbanisme, Construction et Architecture (PUCA), le Programme de recherche et d'Innovation dans les transports terrestres (PREDIT) comprenant le programme PRIMEQUAL pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale et le programme Plante et Cité.

Des appels à projets ciblés, en particulier :

En termes de prospective à l'horizon 2050, dans le cadre de la thématique « repenser les villes dans une société post-carbone ».

En termes de modélisation de la morphologie urbaine et d'analyse du climat urbain, dans le cadre notamment des projets ACCLIMAT, EPICEA, INVULNERABLE, CLIM2, VILLE NUMERIQUE.

En lien avec la recherche française, **le programme URBANET** dans le cadre du 7ème Programme cadre pour la recherche et le développement technologique (PCRD).

Encadré 24 : les programmes de recherche « ville durable »

L'ensemble de ces programmes de recherche se singularise par les thèmes spécifiquement abordés mais connaît aussi des recouvrements thématiques en ce qui concerne les liens entre impacts climatiques, urbanisme et mobilité, gouvernance des territoires et prospective.

Ces programmes se situent à la croisée des disciplines de sciences de l'ingénieur et de sciences humaines et sociales. Cela se justifie par le fait que les enjeux climatiques et environnementaux portent sur une dimension systémique et que le système urbain est lui-même au centre de cette complexité.

Le schéma ci-après permet de visualiser l'impact et le recouvrement de ces différents programmes :

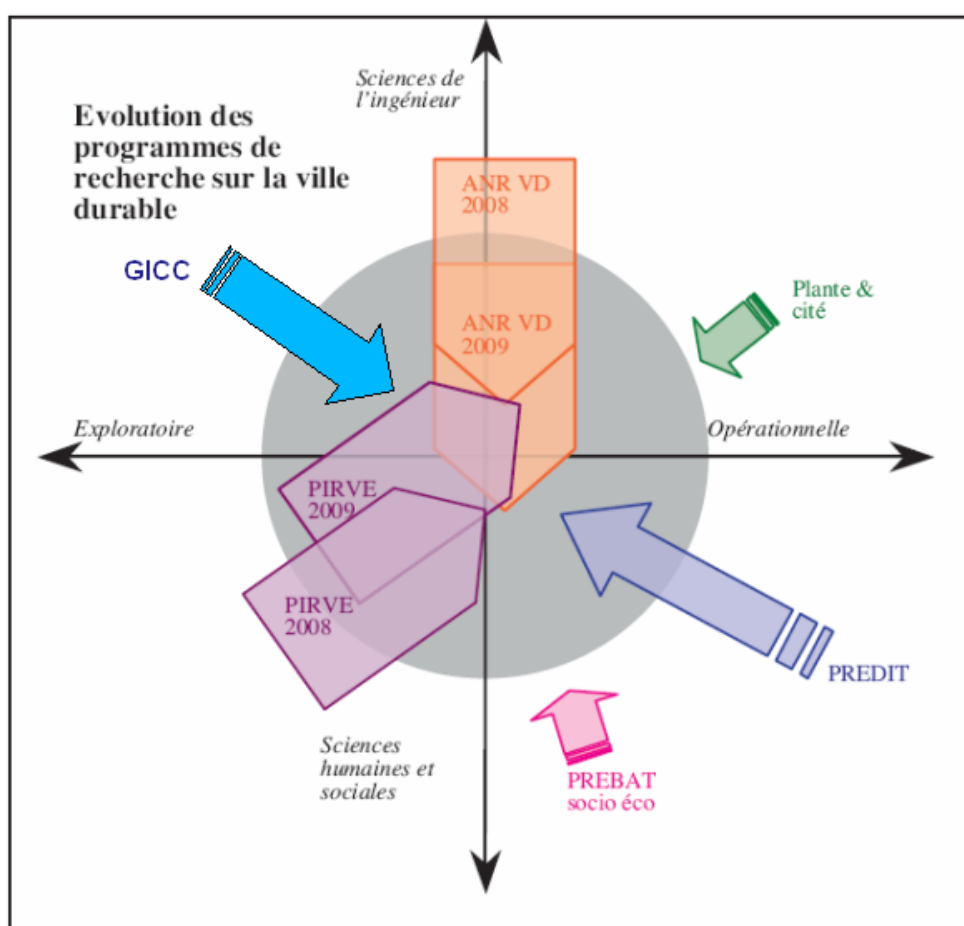


Figure 20 : composition et recouvrement des programmes « ville durable » Source : ADEME (auteur : Anne Grenier)

Le contenu des programmes : une vue d'ensemble

Programme de recherche	Organisme	projets
« Changements environnementaux planétaires » (CEP)	ANR	
« Vulnérabilité : milieux, climat et société »	ANR	VURCA
« Villes durables »	ANR	<ul style="list-style-type: none"> - Trame verte urbaine - MUSCADE - VegDUD - INOGEV - OMEGA - D2SOU - RESILIS - INCERDD
Programme interdisciplinaire de recherche ville et environnement (PIRVE)	CNRS / MEEDDM - PUCA	<ul style="list-style-type: none"> - VuLiGAM - Formes urbaines, modes d'habiter et climat urbain dans le périurbain toulousain - CLIMURBS - Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable - Le risque sanitaire en milieu urbain : effet de contexte, vulnérabilité et résistance
Gestion des impacts du changement climatique (GICC)	MEEDDM	<ul style="list-style-type: none"> - SAOPOLO - Capacités d'adaptation des sociétés littorales aux phénomènes d'érosion – submersion des cotes en prise avec les changements climatiques - DRIAS - Adaptation au changement climatique en Rhône-Alpes - Les défis d'une approche intégrée pour les territoires - ADAP'Ter
Le Plan Urbanisme, Construction, Architecture (PUCA) et programme national de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments (PREBAT)	MEEDDM	
Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT)	MEEDDM	
Plante et cité	INH et INRA	
Autres – Projets ciblés		<ul style="list-style-type: none"> - La ville de demain dans une perspective post carbone - Les outils de modélisation de la morphologie urbaine : <ul style="list-style-type: none"> - ACCLIMAT - EPICEA et Grand Paris 2030 - INVULNERABLE - CLIM2

		<ul style="list-style-type: none"> - l'évaluation de l'impact du changement climatique sur le fonctionnement d'une aire urbaine (Nice) <p>-Vulnérabilités et concept d'adaptation : Le changement climatique révélateur des vulnérabilités territoriales</p> <ul style="list-style-type: none"> - enjeux et dynamiques dans la mise en œuvre des stratégies d'adaptation, les cas de Montréal et Paris.
Programme URBAN-NET	UE (PCRD)	<ul style="list-style-type: none"> - Les effets des vagues de chaleur sur les structures urbaines en Europe. - L'optimisation de la planification urbaine et des paramètres architecturaux pour une réduction des effets thermiques dans les villes méditerranéennes. - Le tourisme urbain et le changement climatique. - La mise en place d'un réseau de recherche sur l'adaptation des villes au changement climatique.

Tableau 4 : programmes et projets de recherche

Ces programmes et projets de recherche sont détaillés en annexe 1.

Conclusion

Ce tour d'horizon de la recherche dans le domaine de la ville durable et de son adaptation aux effets du changement climatique montre un nouveau dynamisme de celle-ci depuis ces dernières années dans le cadre des grands programmes de recherche, en France et aussi à l'étranger, dynamisme dû à la prise de conscience par la communauté scientifique des enjeux sociétaux résultant notamment de l'évolution du climat dans les prochaines décennies.

Mais paradoxalement, ce dynamisme des équipes pluridisciplinaires qui ne peut s'inscrire que dans le moyen et long terme, se trouve aujourd'hui confronté au besoin d'immédiateté des acteurs publics et privés qui, sur le terrain, doivent d'ores et déjà engager – et engager – politiques et actions concrètes, et attendent de la recherche une couverture du champ des besoins ainsi que des résultats concrets, à la fois en termes de données, de méthodologies et d'outils opérationnels.

Cette tension à deux vitesses ne peut être que fructueuse pour l'avenir, motivant la recherche et les acteurs confrontés aux problèmes de terrain, pour trouver ensemble les moyens d'analyse et les solutions opérationnelles permettant aux villes de réduire leur vulnérabilité et de s'adapter aux effets du changement climatique.

ANNEXE 1 Les programmes de recherche

Les programmes de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR)

Les programmes décrits ci-après sont :

- le programme « changements environnementaux planétaires » (CEP) ;
- Le programme « vulnérabilité : milieux, climat et société » ;
- Le programme « villes durables ».

Le programme « changements environnementaux planétaires » (CEP)

Partant des changements globaux prévisibles pour les 30 à 100 prochaines années, ce programme en étudie les impacts à une échelle plus régionalisée.

Parmi les six axes thématiques retenus, on peut citer (appel d'offre 2010) :

- La vulnérabilité et l'adaptation aux changements environnementaux planétaires, avec une analyse de l'évolution conjointe de la démographie et des modes de vie, défi majeur, notamment pour les villes de demain, avec les conséquences en termes d'adaptation, d'organisation et de gouvernance.
- L'aménagement des territoires et l'occupation des sols dans ce même contexte, dont :
 - l'échelle des régions urbaines et des espaces intermédiaires entre l'urbain et le rural (variabilité des écosystèmes, mixité des usages, contraintes anthropiques),
 - les zones côtières soumises à des risques et des pressions démographiques et économiques,
 - la production d'outils de représentation de la complexité des systèmes et politiques associées.
 - les effets sur la santé de ces changements environnementaux planétaires, dont la caractérisation des populations à risques, notamment face aux effets extrêmes (vagues de chaleurs, tempêtes, sécheresse) et ses conséquences en termes de morbidité et de mortalité.

Le programme « vulnérabilité : milieux, climat et société »

Dans le cadre de ce programme, dont l'objectif est d'acquérir une meilleure connaissance sur la vulnérabilité des systèmes naturels et anthropiques face aux changements environnementaux planétaires, un projet de recherche en cours relatif à la thématique ville, changement climatique et politiques d'adaptation, est à noter : il s'agit du projet « Vulnérabilité urbaine aux épisodes Caniculaires stratégiques et d'Adaptation » (VURCA).

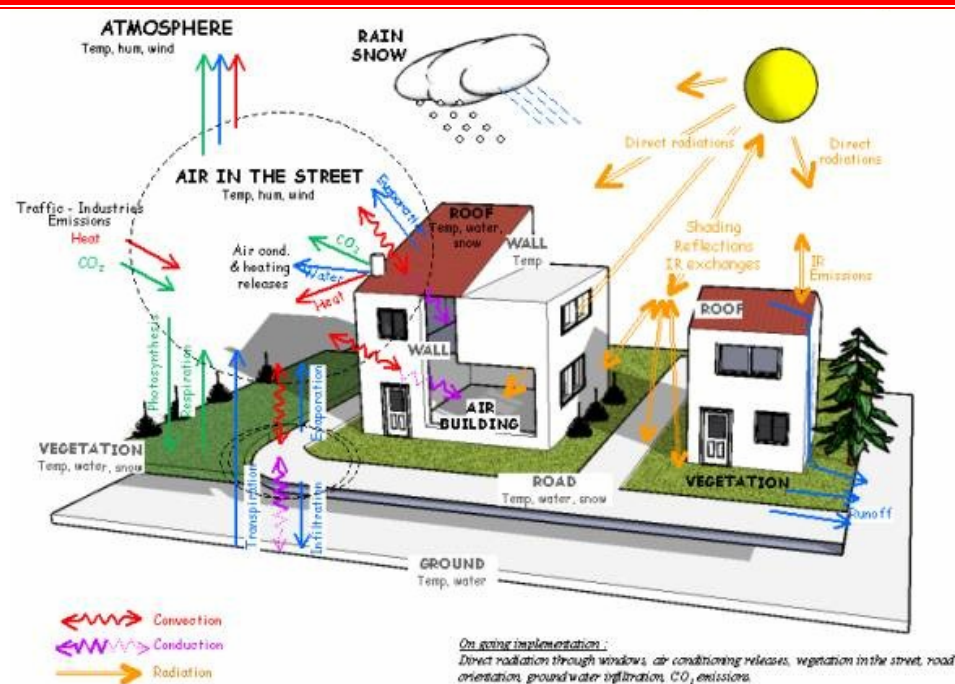
Lancé en 2008, ce projet est coordonné par le Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement (CIRED), le Centre Scientifique des Techniques du Bâtiment (CSTB) et le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) de Météo-France. Ce projet vise, grâce à une approche pluridisciplinaire, à donner un premier aperçu de l'interaction complexe entre l'économie urbaine et le changement climatique et à proposer des options d'adaptation utiles et opératoires.

Le premier objectif de ce projet, dont les résultats ne sont pas encore publiés, consiste à évaluer le degré de vulnérabilité ou « indice de sévérité » de la structure urbaine (en termes de pertes de confort) et la sensibilité de la demande énergétique (en termes de refroidissement par air) aux vagues de chaleur. Plusieurs cas de canicules et leur probabilité d'occurrence sont étudiées à cet effet pour mettre au point cet indicateur de vulnérabilité.

Le deuxième objectif consiste à évaluer l'efficacité des stratégies d'adaptation possibles en réponse à ces vulnérabilités, en agissant sur des paramètres urbains tels que les caractéristiques radiatives de la surface des bâtiments et des voiries ou la proportion d'espaces verts. Ces paramètres sont évalués par le biais du schéma de ville TEB (Town Energy Budget) (cf. encadré ci-après) qui permet de prévoir les variations du micro-climat en réponse à la modification des caractéristiques de la surface.

Enfin, le projet vise à estimer les bénéfices issus de différentes stratégies d'adaptation, en combinant une analyse détaillée du micro-climat urbain et l'évaluation économique. A cette fin, il est envisagé d'effectuer des comparaisons entre les gains obtenus en termes de réduction de la vulnérabilité aux vagues de chaleur et les coûts socio-économiques induits en incluant les inégalités spatiales.

Le modèle TEB "Town Energy Budget" (Valéry Masson, 2000) est un modèle numérique développé pour calculer les échanges d'énergie et d'eau entre les villes et l'atmosphère. Inclus dans le module de modélisation surface-atmosphère SURFEX, lui-même couplé avec les modèles atmosphériques de prévision du temps (AROME) et de recherche (MesoNH), il intègre, dans une géométrie 3D de la ville, ombres, piégeage radiatif, conduction de chaleur à travers les toits, routes et murs, interception de l'eau de pluie, évaporation et ruissellement, échanges turbulents et micro-climat dans la rue.



Ce modèle est utilisé pour expliquer ou prévoir les variations du micro-climat en réponse à la modification des caractéristiques de la surface (structure de l'urbanisation, végétalisation, etc.). Les performances de ce modèle ont été vérifiées à partir de campagnes de mesures instrumentales pour différentes saisons et un nombre important de villes en France : Marseille, et Toulouse et dans le monde : Vancouver, Mexico, Bâle, Lodz (Pologne) et Montréal. Ce modèle est en outre utilisé dans d'autres projets de recherche en cours tels que MUSCADE et EPICEA pour la ville de Paris (cf. supra).

figure 21 : Schéma des différents systèmes et processus représentés dans le modèle TEB- Source Météo France

Le programme « villes durables »

Ce programme couvrant la période 2008-2010 et comportant trois appels à projets successifs (AAP) 2008, 2009 et 2010, résulte de la prise de conscience de l'importance du rôle des villes, à la fois en tant qu'échelle territoriale pertinente et en tant qu'acteur dans le développement durable.

Il mobilise ainsi conjointement la communauté scientifique et des praticiens (collectivités territoriales, entreprises) pour éclairer les décisions publiques et produire des outils et des techniques permettant aux villes de mieux intégrer les exigences du développement durable.

Croisant à la fois les enjeux environnementaux locaux et globaux, économiques et sociaux (améliorer l'efficacité énergétique à l'échelle urbaine, réduire les impacts écologiques, réduire les vulnérabilités aux événements extrêmes, offrir un cadre propice au développement d'une économie locale durable, assurer le bien-être des habitants et l'équité d'accès aux services et aux aménités urbaines, etc.), il cherche à privilégier des approches systémiques, regardant par exemple la dimension spatiale de la ville, ou des couplages dans le temps (court, moyen ou long terme) ou encore des enjeux spécifiques (gestion de l'énergie, préservation de la qualité de vie, etc.), ou conjointement plusieurs dimensions ou fonctions urbaines (mobilité, habitat, formes urbaines, métabolisme urbain, etc.).

Dans le cadre des appels à projets (AAP) annuels du programme 2008-2010, plusieurs projets de recherche pouvant apporter des réponses directes à la problématique de l'adaptation de la ville au changement climatique, ou même des réponses indirectes, dans la mesure où ils contribuent à une meilleure adaptabilité des politiques urbaines ont été financés.

Ces projets sont pour la plupart lancés ou pour certains le seront prochainement.

- Trame verte urbaine : rôle des trames vertes urbaines, en tant que présence de la nature en ville, du maintien de la biodiversité, de l'effet sur la climatologie locale et du confort du citoyen (AAP 2008).

- Modélisation Urbaine et Stratégies d'adaptation au Changement Climatique et Anticiper la Demande Énergétique (MUSCADE) : étude des interactions entre l'énergie, le changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne, et conséquences en termes de politiques d'atténuation et d'adaptation (AAP 2009).

- Rôle du végétal dans le développement urbain durable (VegDUD) : évaluation des impacts de la végétation en lien avec ceux de la forme urbaine sur plusieurs systèmes urbains en interaction : le climat, les ambiances, l'énergie, l'hydrologie, et ce, à différentes échelles spatiales et temporelles (AAP 2009).

- Innovations pour une gestion durable de l'eau en ville (INOGEV) : aider les concepteurs et des collectivités locales à définir des stratégies efficaces de gestion des flux de polluants (AAP 2009).

- Outil méthodologique d'aide à la gestion intégrée d'un système d'assainissement (OMEGA) : permettre aux différents acteurs de la gestion urbaine de l'eau de gérer les défis environnementaux d'avenir (risques d'inondation, état chimique et écologique des masses d'eau, gestion de la ressource en eau, économies d'énergie, etc) (AAP 2009).

- Développement durable des sous-sols (D2SOU) : développer les bases nécessaires à la prise en compte intégrée du sol et du sous-sol dans le développement urbain (AAP 2009).

- Développer la résilience urbaine par l'amélioration des aides à la gouvernance des systèmes urbains (RESILIS) : proposer une amélioration de la résilience urbaine par la mise au point de méthodes et outils d'aide à la gouvernance des systèmes urbains (AAP 2009).

- Développer des méthodes permettant la prise en compte des incertitudes en matière de gestion d'ouvrages urbains et d'aménagement du territoire (INCERDD) (AAP 2010)

TRAME VERTE URBAINE

En réponse aux questions d'adaptation au changement climatique, ce projet vise à évaluer l'importance des trames vertes urbaines, en tant que présence de la nature en ville, du maintien de la biodiversité, de l'effet sur la climatologie locale et du confort du citadin.

Il fait appel à une équipe pluridisciplinaire composée de dix laboratoires en sciences humaines et sociales, en sciences de la vie et en ingénierie, ainsi que plusieurs collectivités partenaires.

Le projet qui vient de démarrer en 2010 pour une durée de trois ans comporte quatre phases de travail comprenant une synthèse préliminaire sur les trames vertes urbaines, l'évaluation des services éco-systémiques de celles-ci et des stratégies de politiques publiques conduisant à l'élimination ou au maintien de certains corridors verts dans les projets d'urbanisme, enfin la production de référentiels d'intérêt pour leur maintien, voire leur développement.

Sur la problématique liée aux besoins et contraintes des collectivités locales pour une intégration des trames vertes dans les projets d'urbanisme, ce projet a pour champ d'analyse la région parisienne, la ville de Marseille et la ville d'Angers.

Parmi les retombées scientifiques de ce projet, on peut retenir :

1- la validation des effets des trames vertes sur la baisse de la pollution atmosphérique et la diminution de l'îlot de chaleur urbain (ICU);

2- des éléments de réponse quant aux formes urbaines mieux adaptées au climat et au bien-être du citoyen ainsi qu'une meilleure compréhension des enjeux socio-politiques concourant à l'élaboration d'un projet de trame verte à différentes échelles du territoire urbain.

Une conférence organisée par le GIS climat au printemps 2010 sur cette recherche fait apparaître que le verdissement des villes, s'il peut constituer une réponse à l'îlot de chaleur, doit se faire avec discernement : outre l'absence actuelle de données empiriques sur l'ampleur de la diminution de la température (les données disponibles le sont par modélisation), d'autres conséquences du verdissement doivent être appréciées (émissions d'allergènes, durabilité des trames selon les matériaux et végétaux utilisés et la disponibilité d'eau, étanchéité des toits et bilan carbone, coût des infrastructures et du foncier...).

Coordonnateurs : Laboratoire des Dynamiques Sociales et Recomposition des Espaces (LADYSS-CNRS) et MNHN

MUSCADE

Lancé en 2010 sur une durée de trois ans, et coordonné par le CNRM (Météo France) dans le cadre d'un partenariat pluridisciplinaire, ce projet met l'accent sur trois éléments impliqués dans le développement durable de la ville: **l'énergie, la structure de la ville et le changement climatique**, étroitement liés les uns aux autres, à différentes échelles, tant au niveau mondial, national que local.

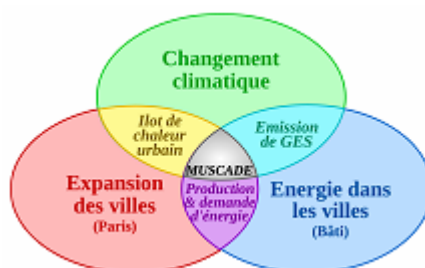


Figure 22

Présentation de MUSCADE

L'étude de ces interactions porte sur l'agglomération parisienne à l'horizon 2100, et doit permettre, à partir de scénarios et simulations, de mettre en perspective la consommation énergétique de la ville, ses capacités de production d'énergies locales et renouvelables, l'aménagement et l'expansion urbaine et les évolutions du climat.

Par une modélisation numérique utilisant conjointement le modèle NEDUM développé par le CIREN dans le cadre d'une mise en relation dynamique des réseaux de transport et du marché immobilier et le modèle TEB (cf. supra), les principaux processus urbains et leurs interactions à l'échelle du bâtiment, puis de l'îlot, de la ville et de l'agglomération sont successivement analysés. Par des scénarios couplés, sont introduites différentes variables : socio-économiques (accès au logement, frais de transport et durée, capital productif), climatiques, énergétiques, données d'utilisation des terres et de la zone d'expansion de Paris, types de matériaux de construction des bâtiments.

La validation des résultats des simulations réalisées par le modèle NEDUM est faite par une analyse de l'étalement urbain parisien depuis les années 70.

Pour chaque scénario retenu, des résultats sont à attendre en termes énergétiques sur les types de bâtiments et les émissions de CO₂, le potentiel de production locale d'énergie, les effets du microclimat urbain pour le confort des résidents, etc.

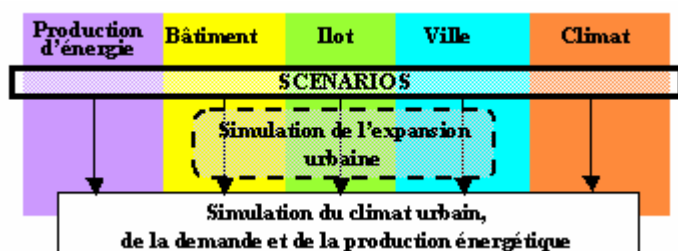


Figure 23 : schéma général du processus de simulation

Ce projet est destiné à ouvrir de nouveaux domaines de recherche interdisciplinaire sur les villes durables et à accroître la sensibilisation des planificateurs urbains sur les questions énergétiques au changement climatique, à savoir :

- la consommation d'énergie liée au chauffage et climatisation dans le bâti ;
- la demande et la production décentralisée d'énergie, et la répartition des différents types d'énergie ;
- l'îlot de chaleur urbain ;
- les émissions de gaz à effet de serre.

Au total, la recherche en cours doit pouvoir identifier des stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique généralisables au niveau urbain.

Coordinateur : Météo France

VegDUD

Le projet VegDUD, ou « rôle du végétal dans le développement urbain durable », associe dix équipes de recherche, dont le LCPC Nantes, l'ONERA Toulouse, le CSTB, le CNRM Toulouse et plusieurs équipes du CNRS, ainsi qu'une collectivité partenaire, la ville de Nantes.

Il vise à évaluer les impacts de la végétation en lien avec ceux de la forme urbaine sur plusieurs systèmes urbains en interaction : le climat, les ambiances, l'énergie, l'hydrologie, à différentes échelles spatiales mais aussi temporelles.

L'objectif est également de développer des outils et méthodes destinés à apporter des réponses concrètes à des questions opérationnelles qui sont posées dans toutes les villes européennes.

La recherche 2010-2013 se divise en 6 étapes avec pour objectif de répondre à la question : où et comment faut-il porter l'effort végétal en fonction des enjeux en termes de société, d'ambiance, d'énergie et des problèmes hydriques consécutifs notamment au changement climatique ?

Ces six étapes scientifiques sont les suivantes :

- recenser les pratiques du végétal urbain et les connaissances déjà acquises sur celles-ci, puis structurer une typologie ;
- adapter les outils d'évaluation à une prise en compte réaliste de la végétation ;

- acquérir les connaissances nécessaires à la validation des outils et à la mise en place d'une situation urbaine de référence ;
- évaluer individuellement les dispositifs de végétalisation pour leur effets locaux ;
- mettre en place des scénarios d'évolution de la végétation en lien avec l'évolution de la ville ;
- évaluer des scénarios construits sur des critères climatiques, hydriques, énergétiques économiques, d'ambiance et d'usage.

Coordinateur : Centre de Recherche Méthodologique d'Architecture (Cerma).

INOGEV

INOGEV, « Innovations pour une Gestion durable de l'Eau en Ville » se propose, par une connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines, d'aider les collectivités locales à définir des stratégies efficaces de gestion des flux d'eaux polluées. Les résultats permettant une gestion optimisée de l'eau par une meilleure connaissance des flux de micro-polluants en zone urbaine, pourraient être ultérieurement utilisés dans le cadre de situations extrêmes (inondations) consécutives notamment au changement climatique.

Les étapes de cette recherche sont les suivantes :

- quantifier les flux de micro-polluants dans les différents compartiments (atmosphère, dépôts sur les surfaces urbaines, exutoire des bassins versants) et préciser leur origine, de manière à mieux les modéliser et à pouvoir définir l'efficacité des systèmes de gestion ;
- proposer des méthodes permettant aux collectivités de gérer leurs flux polluants et de suivre les performances des actions qu'elles ont entreprises (procédures allégées de suivi, indicateurs d'évolution...) ;
- analyser les mécanismes de transfert de connaissances en vue d'optimiser la gestion de l'assainissement urbain ;
- pérenniser le réseau d'observatoires de terrain en hydrologie urbaine réuni au sein d'HURRBIS qui est sans équivalent au niveau mondial.

Une équipe pluridisciplinaire est composée de 6 partenaires scientifiques, CNRS, LCPC Nantes, ENGREF/ENPC, INSA Lyon, IRSN Cherbourg, ENPC/EDF RetD et de plusieurs collectivités locales, agglomération de Nantes, Grand Lyon, Conseil Général du Val de Marne.

OMEGA

L'objectif de cette recherche pluridisciplinaire, est de mettre au point un outil méthodologique d'aide à la gestion intégrée d'un système d'assainissement, afin de permettre aux différents acteurs de la gestion urbaine de l'eau d'aborder de façon efficace les grands défis environnementaux qu'ils auront à affronter dans l'avenir : risques d'inondation, atteinte du bon état chimique et écologique des masses d'eau, gestion de la ressource en eau, économies d'énergie, etc. Face à ces défis, un système durable de gestion des eaux usées et des eaux pluviales urbaines pourra y répondre sans augmenter de façon importante les moyens financiers mobilisables.

A titre d'exemple, les eaux pluviales, lorsqu'elles sont gérées de façon traditionnelle par un réseau collectif constituent un risque majeur d'inondation et de pollution des milieux récepteurs. Les collecter et les utiliser pour climatiser la ville en utilisant l'évapotranspiration de la végétation présente une multitude d'avantages : économies financières, économies d'énergie, absence de rejets polluants, réintroduction de la nature en ville, renforcement de la biodiversité, dépollution de l'air...

Le but de cette recherche sera donc d'apporter un véritable outil de dialogue entre les différents acteurs relevant de différentes échelles de territoire (urbain et bassin hydrologique) et d'aide à la décision. Il devra permettre une meilleure évaluation des fonctions rendues par le système de gestion des eaux pluviales et offrira en particulier les moyens d'une adaptation de cette gestion dans un environnement incertain voire imprévisible.

Les collectivités impliquées dans cette recherche sont les villes de Bordeaux, Lyon et Mulhouse.

Coordonnateur : INSA de Lyon, CEMAGREF, Lyonnaise des Eaux.

D2SOU

Ce projet 2010-2013 a pour objet de développer les bases nécessaires à la prise en compte intégrée du sol et du sous-sol dans le développement urbain.

Ce milieu constitue à la fois une ressource (espace, eau, granulats, énergie géothermique, capacités de stockage, ...) et une contrainte (reliefs, aptitude à la construction et aux travaux souterrains, risques géologiques, sols pollués). La gouvernance des systèmes urbains sous-estime généralement cette problématique, ou parfois l'ignore totalement.

En associant des responsables urbains (collectivités, aménageurs) aux travaux des scientifiques (sciences humaines et sciences de la terre), un modèle conceptuel permettant la représentation de la problématique du sous-sol vis-à-vis des projets urbains et son adaptabilité en fonction des contraintes à venir sera réalisé.

Coordonnateurs : Fondation Européenne pour les Territoires Durables (Fondaterra), Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

RESILIS

La pérennité de la ville dans le cas d'événements extrêmes, climatiques (canicules, inondations, etc.), industriels (panne d'un système technique...) ou sanitaires, dépend de sa capacité à continuer à assurer un certain nombre de fonctions : approvisionnement en eau, nourriture, énergie ; évacuation des déchets ; réponses aux urgences sanitaires, médicales... Aujourd'hui les niveaux de prévisibilité des systèmes, en cas d'aléa, sont très faibles et anticiper correctement les réactions des systèmes complexes est très difficile. La connaissance imparfaite des menaces, des effets déclencheurs, des signaux faibles, par ailleurs en évolutions constantes, rend un travail d'analyse difficile.

Ce projet vise à proposer des méthodes et des outils permettant aux villes - par une meilleure gouvernance multi-échelles et multi-acteurs, par une action avec les populations et par une gestion optimisée des réseaux techniques les plus structurants - de devenir plus résilientes. A cette fin, une définition du système urbain et de ses sous-systèmes sera effectuée, un modèle systémique et fonctionnel urbain résilient idéal sera proposé et les pratiques des décideurs à l'échelle de leurs propres systèmes urbains seront analysées et valorisées, avec pour terrains d'expérimentations la Communauté d'Agglomération d'Orléans et la ville de Mantes-la-Jolie.

Partenaires scientifiques associés : Fondaterra, Egis, , EIVP, IOSIS, CEMAGREF

INCERDD

Le projet INCERDD vise le développement d'une méthodologie et d'un ensemble de méthodes permettant d'aider à la prise de décisions en cherchant à expliciter l'influence des incertitudes existantes à différentes échelles du territoire urbain. Concrètement, le projet cherche à évaluer les conséquences d'une décision selon différents critères (économiques, techniques, sociaux, environnementaux...) et selon des approches probabilistes ou possibles.

En support à ces développements, deux champs d'applications sont retenus en rapport avec la gestion des ouvrages et de l'aménagement du territoire. Ces champs d'application diffèrent par l'échelle du système étudié.

- à l'échelle « locale », d'un quartier par exemple, le projet s'appuiera sur la problématique de la gestion des réseaux enterrés (transports, assainissements...) avec des décisions relatives à la maintenance, l'extension ou l'amélioration des réseaux dans un contexte de vieillissement des équipements, d'évolution des besoins, de changements climatiques (augmentation des orages), d'accroissement urbain... ;
- à l'échelle « globale », de l'agglomération dans son ensemble, le projet s'appuiera sur la problématique de la gestion des risques naturels avec des décisions relatives à la maîtrise des aléas (inondations, mouvements de terrains...), à la réduction des vulnérabilités, à la réglementation du foncier (PPRN, PLU).

Le projet INCERDD considère différentes familles d'incertitudes qui peuvent porter :

- sur les objectifs à long terme de la collectivité compte tenu de la multiplicité des acteurs (politiques, services techniques des collectivités, citoyens, entreprises et commerçants...). Est-il

possible de définir un objectif partagé qui permettra alors de d'évaluer la pertinence de différentes stratégies de développement de la collectivité (en particulier en matière de gestion des réseaux et des risques naturels) ?;

- sur les données relatives au milieu physique naturel et anthropique (Quel est l'état actuel du réseau ? Quels sont les matériaux de construction de tel bâti ? Quelles sont les propriétés mécaniques des terrains ?...);
- sur l'évolution du contexte (évolutions des besoins de la population, évolutions du climat, évolution des budgets...);
- sur les modèles et méthodes utilisés pour formaliser les problématiques traitées (méthodes de dimensionnement des réseaux hydrauliques, modèles de vieillissement, modèles de prévision des aléas, méthodes d'évaluation des vulnérabilités...).

Le partenariat constitué regroupe des compétences scientifiques pluridisciplinaires (économie, sociologie, ingénierie...) avec 7 partenaires universitaires ou assimilés et 3 partenaires « opérationnels » : la communauté urbaine de Nancy, l'agence d'urbanisme de la ville de Nancy et la direction départementale de la Meurthe et Moselle.

Coordinateur : Laboratoire Environnement Géomécanique et Ouvrages (LAEGO). Ecole des Mines de Nancy.

L'appel à projets 2010 regroupe trois thématiques sur la ville durable :

➤ **Connaître, comprendre et caractériser la durabilité urbaine.**

Cette thématique vise à caractériser et mesurer la durabilité d'une ville :

- par le choix d'indicateurs, approches prédictives et outils systémiques de modélisation des dynamiques urbaines ;
- en donnant des éclairages nouveaux sur les morphologies, fonctions urbaines, modes de vie et mobilités (densification, mixité, étalement urbain, multi-polarité) afin de mieux comprendre les effets de l'organisation spatiale de la ville sur les émissions de gaz à effet de serre et sa compatibilité ou non avec des politiques d'adaptation ;
- Par l'analyse conjointe de deux secteurs consommateurs d'énergie, le bâtiment et les transports, , ainsi que les modalités et le rôle de la gouvernance dans la transition énergétique ;
- En étudiant le métabolisme urbain durable – défini comme l'ensemble des transformations ainsi que des flux de matière et d'énergie qui interviennent dans le cycle de vie d'une zone urbaine - quant à sa prise en compte pratique et sa réduction ;
- En améliorant la connaissance des vulnérabilités, risques et systèmes urbains résilients : vulnérabilités sociales liées à des transformations majeures (réduction des gaz à effet de serre, adaptation au changement climatique), effets en termes de dynamiques spatiales (fragmentation, spécialisation des territoires, etc) et/ou de mobilité ; vulnérabilités liées à l'organisation et au fonctionnement de la ville et à la manière de les réduire ; prévention des risques dans les zones urbanisées (propositions de méthodologies permettant de construire des plans de prévention des risques).

➤ **concevoir et gouverner la ville durable.**

Cette thématique vise à concevoir des outils permettant de faciliter la transition vers une ville durable : outils de planification, de conception globale et de gouvernance, outils d'aide à la conception de projets urbains et d'instruments pour l'évaluation.

Dans ce cadre, il est prévu de :

- clarifier l'imbrication des politiques publiques et des instruments de gouvernance qui y sont associés (SCOT, PLU, PDU, PCET, SRCAE, ...);
- étudier les chemins pour parvenir à une ville durable : chemins de transition, choix des leviers d'action ;
- développer des outils de modélisation pour l'aide à la décision et la re-conception de la ville dans la perspective de transition énergétique et du changement climatique, et dans celle d'une adaptation des systèmes urbains à ces changements ; développer en outre des

outils d'évaluation quantitative des impacts des aménagements à différentes échelles de la ville (région urbaine, aire urbaine, quartier, îlot).

➤ **construire et gérer la ville durable.**

Cette thématique vise à repenser les méthodes d'ingénierie dans la problématique ville durable. Il s'agit en particulier de :

- repenser les méthodes d'ingénierie prenant en compte les contraintes de rareté à venir (eau, optimisation énergétique) en visant une meilleure utilisation de l'espace urbain disponible ;
- développer les capacités d'adaptabilité des constructions et infrastructures aux besoins futurs (flexibilité à l'intégration au cours du cycle de vie de technologies nouvelles, « durcissement » à des exigences ou normes nouvelles, réduction de leur vulnérabilité à des risques naturels et technologiques, prolongation de leur durée de vie).

Le Programme Interdisciplinaire de Recherche Ville et Environnement (PIRVE)

Créé en 2006 par le CNRS, le programme est entré fin 2007 dans sa phase opérationnelle, en partenariat avec le MEEDDM sous la responsabilité conjointe du Service de la Recherche et du Plan Urbanisme, Construction, Architecture (PUCA). Ce programme lie deux problématiques importantes, la prédominance du phénomène urbain et l'importance des questions écologiques et en particulier du changement climatique. Dans ce contexte, le champ « ville et environnement » veut toucher à la fois à la qualité de vie des citoyens, à la vulnérabilité des populations et à l'évolution des villes à l'échelle des agglomérations et des régions urbaines ainsi qu'à leurs impacts au niveau régional et national, voire planétaire.

L'objectif du PIRVE est de parvenir à une meilleure connaissance des dynamiques des sociétés urbaines et de leur environnement, à différentes échelles spatiales et temporelles et selon différentes dimensions notamment humaines et écologiques.

Vingt-quatre projets ont été financés au titre des appels à proposition 2008 et 2009 faisant appel à des équipes universitaires pluridisciplinaires et portant sur trois grandes thématiques :

Métabolismes urbains : la ville, hybride social, spatial, technique et naturel ;

L'environnement urbain comme milieu de vie ;

Les futurs de la ville, entre vulnérabilité et durabilité.

Sur cette dernière thématique, les recherches visent :

d'une part, à identifier, évaluer, modéliser les changements probables et les risques, ainsi que leurs impacts sur les populations urbaines, tant à l'échelle des villes qu'à celle des réseaux urbains ;

- d'autre part, à contribuer à la mise en forme de réponses collectives, d'ordre social, spatial, scientifique ou technique, susceptibles d'atténuer les vulnérabilités et les risques, en panachant les mesures de prévention (aménagement, urbanisme, modes de production et de consommation) et celles d'adaptation.

Les projets en cours financés sur la thématique de la ville et de sa vulnérabilité, qu'elle soit en fonction du climat actuel ou qu'elle résulte des effets à venir du changement climatique, sont au nombre de cinq :

1) Vulnérabilité des systèmes littoraux d'une grande agglomération méditerranéenne (Marseille) (VuLiGAM), identifiant les risques émergents face au changement climatique.

2) Formes urbaines, modes d'habiter et climat dans le périurbain Toulousain, identifiant les interactions entre ceux-ci.

- 3) Etude des impacts climatiques et des formes de résilience en milieux urbains dans l'histoire (CLIMURBS), proposant la ville comme indicateur fiable et durable des tendances lourdes du climat et de ses extrêmes.
- 4) Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain, visant à mieux définir et caractériser des notions interdisciplinaires de vulnérabilité, résilience, adaptation, et développement urbain durable.
- 5) Risque sanitaire en milieu urbain, visant à étudier les différenciations interurbaines du risque sanitaire liées à la qualité de l'air et à l'offre de soins.

VuLiGAM

L'objet de la recherche consiste à analyser, sur le territoire de la **Ville de Marseille** et des agglomérations proches, les risques littoraux émergents liés aux changements climatiques (submersion marine, recul du trait de côte) qui menacent le littoral méditerranéen, ainsi que la vulnérabilité de la biodiversité locale soumise à des pressions anthropiques diverses (urbanisation, sur-fréquentation des sites naturels, pollution des sols de sites industriels historiques, embruns pollués).

Le cas du littoral de la Ville de Marseille est représentatif d'un grand nombre d'enjeux que l'on retrouve pour les villes du pourtour méditerranéen : pression urbaine, diversité du trait de côte (plages naturelles, artificielles, côtes rocheuses), présence d'espaces naturels riches et préservés, présence de sites pollués et de pollutions urbaines.

C'est donc dans une perspective d'adaptation indispensable des villes méditerranéennes aux nouvelles contraintes climatiques que se situe la problématique de cette recherche.

L'efficacité et les limites des outils juridiques applicables à la gestion de ces risques, à la fois pour le milieu naturel (espaces protégés) que pour le milieu urbain (notamment les documents d'urbanisme, PLU, SCOT, PPR), seront évalués en orientant la réflexion vers les besoins et les questionnements portés par les acteurs et décideurs locaux.

Cette analyse juridique sera par ailleurs accompagnée d'un éclairage sociologique sur les modes de représentation du littoral et des risques portés par les différents publics, afin d'améliorer le partage et l'appropriation des décisions à venir.

Seront envisagés un certain nombre de voies d'amélioration des politiques publiques dans ce domaine, tant en ce qui concerne la mobilisation et/ou l'adaptation d'outils juridiques divers (PPR, PN, arrêtés de biotopes, mise en défens, expropriation ou préemption, indemnisations, chartes, contractualisation), que l'amplification des procédures de concertation, d'appropriation locale des enjeux, pour une meilleure gouvernance sociale des contraintes.

L'objectif à long terme consistera à mettre en place un observatoire qui rassemblera les équipes de façon pérenne autour d'une veille scientifique sur ces risques et d'une veille juridique et sociologique sur l'évolution des outils normatifs ou incitatifs. Cet observatoire pourra constituer à la fois une source de connaissances et de recueil de données et une force de proposition en direction des acteurs et décideurs locaux.

Coordinateur : Université Aix Marseille.

Formes urbaines, modes d'habiter et climat urbain dans le périurbain toulousain

Le projet de recherche s'inscrit dans le cadre d'une démarche visant à identifier, comprendre et expliciter notamment par la modélisation, les interactions entre climat périurbain, formes urbaines et modes d'habiter.

La démarche repose sur un exercice empirique d'observation mené par une équipe pluridisciplinaire composée de météorologues, géographes, ingénieurs, architectes, sociologues, anthropologues, maniant concepts et outils variés (télédétection, analyse paysagère, analyse architecturale et urbaine, enquêtes sociales, etc) sur un site commun : le périurbain toulousain.

Cette recherche vise à rattacher les hétérogénéités climatiques (notamment de nature thermique) à diverses échelles et à des configurations territoriales spécifiques du point de vue des formes urbaines et/ou des modes d'habiter.

Elle sera conduite selon les trois étapes suivantes :

- caractériser spatialement l'hétérogénéité climatique de l'aire urbaine de Toulouse (*macro échelle*) à partir d'imageries spatiales et de campagnes de mesures météorologiques, pour en faire une synthèse cartographique ;

- identifier, en croisant différents critères, plusieurs « zones ateliers » (*méso échelle*) caractéristiques de l'hétérogénéité climatique observée ;

- à partir de ces zones, analyser les interactions entre formes urbaines, modes d'habiter et hétérogénéité climatique observée, de manière à proposer une cartographie intégrée de l'espace et de matérialisation de ces interactions à différentes échelles spatiales et temporelles.

Coordonnateur : Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires (LISST) Université Toulouse II.

Etude des impacts climatiques et des formes de résilience en milieux urbains dans l'histoire (CLIMURBS)

La recherche vise, à travers la présentation d'un riche corpus documentaire urbain au cours des cinq siècles passés (délibérations municipales, processions urbaines, livres de bourgeoisie), à proposer la ville comme un indicateur fiable et durable des tendances lourdes du climat et de ses extrêmes. Au-delà, elle envisage également une approche sociale et politique de l'aléa climatique en milieu urbain.

Prenant en compte une quinzaine de sites urbains répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain et représentatifs des différents types de climat, l'étude veut utiliser les méthodes d'évaluation des impacts climatiques sur les espaces urbains mises en œuvre par différents laboratoires de recherche européens (Berne, Fribourg, Sunderland, Barcelone et Pérouse) en élaborant, dans un premier temps, une base de données à partir de laquelle sera envisagée une quantification des événements en fonction de leur sévérité économique, sociale, politique et sanitaire.

Une chronologie fine des événements climatiques en milieu urbain passés nourrira le débat actuel sur la durabilité des milieux urbains et déterminera s'ils augmentent en amplitude et en fréquence. Elle les reliera avec un éclairage sur leurs effets dans les domaines socio-économiques passés (manifestations religieuses, disette, émeutes, etc.).

L'étude attachera une importance toute particulière aux paysages urbains anciens (écosystèmes, architecture), et évaluera leur plus ou moins grande résilience au cours des cinq derniers siècles.

Enfin, sera mis en valeur l'apparition du sentiment et des formes de vulnérabilité qui naissent au sein des communautés urbaines confrontées au climat et à ses excès.

Coordonnateur : Centre de Recherche d'Histoire Quantitative, Université de Caen

Vulnérabilité et résilience aux changements climatiques en milieu urbain : vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable.

Ce projet vise à mieux définir et caractériser des notions interdisciplinaires de vulnérabilité, résilience, adaptation et développement urbain durable.

Il se propose, grâce à des enquêtes de terrain dans des villes du Nord comme du Sud, de progresser dans la compréhension des impacts du changement climatique et de l'identification des facteurs qui déterminent la capacité de réponse des sociétés urbaines face ces risques environnementaux.

Enfin, en lien avec les objectifs d'un développement urbain durable, des pistes et propositions seront formulées en vue de contribuer à l'émergence de stratégies d'adaptation et d'atténuation renouvelées, destinées à accroître la résilience urbaine face au changement climatique.

La démarche adoptée dans cette recherche doit élargir les concepts d'impact des changements climatiques et d'adaptation à une analyse plus globale des vulnérabilités territoriales, en articulant prospectives climatiques et scénarios de développement socioéconomique des territoires concernés. L'enjeu est de pouvoir dégager des tendances générales ou des spécificités pour les territoires urbains étudiés dans l'optique d'aboutir à la formulation de recommandations et pistes d'actions notamment à l'intention des décideurs.

Seront proposés des éléments de réponse aux questions suivantes :

- A quelles conditions l'apparition ou l'exacerbation de vulnérabilités territoriales par l'effet du changement climatique peut-elle opérer comme un levier pour la prise en compte d'enjeux globaux dans l'action locale ?
- Comment penser les indispensables articulations, mise en cohérence, et coordination entre les actions d'atténuation et d'adaptation dans une stratégie cohérente et intégrée aux préoccupations de développement urbain durable ? ;
- Comment adapter les dynamiques urbaines pour rendre les villes moins vulnérables aux évolutions climatiques et moins génératrices d'émissions de gaz à effet de serre ?

La réponse à ces questions passera par l'analyse de l'articulation des différentes échelles spatio-temporelles quant à leur vulnérabilité aux effets du changement climatique et la perception des risques et leur acceptabilité sociale chez les responsables locaux.

Une approche systémique et interdisciplinaire de la ville et de la vulnérabilité des différents systèmes urbains et de leurs interrelations sera effectuée en tenant compte notamment des effets de dominos, de seuils, et de rétroactions.

Coordinateur : CRESS-Lessor, Centre de Recherche en Sciences Sociales Université de Rennes II

Le risque sanitaire en milieu urbain : effet de contexte, vulnérabilité et résilience.

L'objectif de ce projet est d'étudier les différenciations interurbaines du risque sanitaire et de proposer la manière de définir la plus ou moins grande résilience des villes face aux risques sanitaires.

L'observation porte sur les 54 aires urbaines françaises de plus de 100 000 habitants et sur les populations les plus fragiles : personnes âgées et enfants.

Sont utilisées des bases de données sur la qualité de l'air, la santé et l'équipement en soin, pour observer la variation spatiale de l'état de santé respiratoire des populations urbaines lié à l'exposition à la pollution atmosphérique extérieure en France.

Plusieurs hypothèses guident ce travail :

- le risque sanitaire, variable entre les villes, résulte d'une combinaison entre l'aléa et le niveau de vulnérabilité des populations urbaines. Il défavorise certaines villes et pose le problème de « justice environnementale » ;
- le niveau agrégé des villes est pertinent pour examiner les situations des populations en matière de pollution, mais doit être complété par une approche qui tient compte de la variation des situations environnementales et socio-démographiques à l'intérieur des villes ;
- la résilience des agglomérations dont les acteurs locaux privilégient les questions environnementales ou de santé est accrue.

Coordonnateur : UMR Environnement, Ville, Société Université Lyon II

L'appel à projet 2010 précise la complémentarité, voire l'interaction des deux thématiques suivantes :

- La ville dans l'environnement : métabolismes, empreintes, trajectoires.
- L'environnement urbain comme milieu de vie : ressource, patrimoine, paysage, inégalités, transformations.

Le programme Gestion des Impacts du Changement Climatique (GICC)

Lancé par le MEEDDM en 1999, le programme de recherche « Gestion et Impacts du Changement Climatique » (GICC), constitue le volet « impacts » du dispositif national de recherche sur l'atmosphère et le climat, se focalisant ainsi sur les risques climatiques futurs. Il vise tout particulièrement à développer les connaissances utiles pour l'aide à la décision des différents acteurs (pouvoirs publics et investisseurs) en matière d'identification et de réduction d'impacts ainsi que d'actions en matière d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. Il intègre donc à la fois politique et action, et mobilise pour cela les compétences de nombreuses disciplines (sciences humaines et sociales, sciences physiques et biologiques).

Dans le domaine de la ville et des conséquences du changement climatique, l'appel à projets 2008 a permis le financement de quelques thématiques permettant une meilleure connaissance de la vulnérabilité des territoires, alimentant la réflexion préalable à la mise en place de politiques d'adaptation, qu'il s'agisse du recueil de données en matière d'évolution du climat ou de sensibilisation des acteurs locaux.

Les projets en cours de réalisation financés dans le cadre de l'appel d'offre 2008, au nombre de cinq, sont les suivants :

- Stratégies d'adaptation des ouvrages de protection marine ou des modes d'occupation du littoral vis-à-vis de la montée du niveau des mers et des océans SAOPOLO (APR 2008)
- Capacités d'adaptation des sociétés littorales aux phénomènes d'érosion - submersion des côtes en prise avec les changements climatiques (APR 2008)
- Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements DRIAS (APR 2008)
- Adaptation au changement climatique en Rhône-Alpes : partenariat opérationnel entre équipes de recherche et collectivités territoriales (APR 2008)
- L'adaptation au changement climatique : les défis d'une approche intégrée pour les territoires ADAP'Ter (APR 2008)

SAOPOLO

Sous l'effet conjugué du changement climatique et de la croissance de la population en bord de mer, la grande majorité des zones et villes côtières verront leur vulnérabilité aux phénomènes naturels augmenter dans les années et décennies à venir. De surcroît, cette tendance sera aggravée par une multiplication des dommages sur les ouvrages de protection du littoral et des ports maritimes.

L'étude vise à donner aux décideurs économiques ou politiques un système cohérent d'outils techniques leur permettant d'orienter leur stratégie d'adaptation, en priorité au niveau des ouvrages de protection, mais aussi et le cas échéant sur l'aménagement durable de la zone littorale. L'élaboration de propositions techniques de modifications de structures en mentionnant leurs limites d'utilisation en fonction de l'exploitation ou de l'occupation des zones protégées constitue une part essentielle de l'étude.

Un guide méthodologique décrivant la série des procédures à engager en termes d'études à mener ainsi qu'un catalogue de solutions type de renforcement pour toute une série d'ouvrages standards (digues, jetées, perrés) sera proposé. L'analyse inclura de plus une évaluation, sur les sites pilotes, des impacts et des dommages potentiels sur les zones vulnérables du territoire littoral pour les différentes stratégies envisageables, et permettra notamment de comparer le coût d'intervention sur les ouvrages au regard du coût du dommage socio-économique en cas de non intervention.

A la date de mi-2010, l'inventaire rapide des ouvrages portuaires et côtiers le long du littoral est achevé ainsi que la comparaison des modèles numériques propageant la houle du large à la côte. Les lois classiques de dimensionnement pour évaluer l'impact du changement climatique sur les ouvrages ont été appliquées. Ce travail doit être complété par une étude statistique. Un

programme d'essais pour tester les solutions d'adaptation des ouvrages a été établi. Les essais viennent de démarrer dans les canaux à houle de l'Université du Havre et du Laboratoire Saint-Venant à Chatou. Une étude de vulnérabilité doit ensuite être effectuée sur les villes du Havre et de Saint Malo.

Coordinateur : CETMEF

Capacités d'adaptation des sociétés littorales aux phénomènes d'érosion - submersion des côtes en prise avec les changements climatiques

Le projet propose de mettre en relation une analyse des stratégies d'adaptation des sociétés littorales face au changement climatique avec une analyse des vulnérabilités des communautés potentiellement exposées à ce type de risque.

Le site d'étude concerne la frange côtière bretonne avec une urbanisation mouvante concernée à la fois par le recul des côtes vers les terres et la progression inverse des installations humaines vers la mer. Le projet s'appuie sur des recherches consacrées à l'aléa et la vulnérabilité humaine entendue ici sous l'angle de la perception des risques et de la capacité à y faire face, autrement dit la résilience. Cette analyse de la réponse du littoral, permettra d'identifier les vulnérabilités et les enjeux, mais surtout les mesures d'adaptation les plus appropriées à mettre en place.

Coordinateur : CNRS

DRIAS

Ce projet vise la mise à disposition de scénarios climatiques régionalisés établis à partir de plusieurs hypothèses d'émission, plusieurs modèles climatiques régionaux développés par le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) et l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) et plusieurs méthodes de descente d'échelle.

Cette panoplie de produits permettra une première évaluation de l'incertitude inhérente à l'exercice de construction de scénarios du climat.

Ce service sera destiné aux utilisateurs impliqués dans des études d'impact et d'adaptation, devant agir dans leur domaine d'expertise, ayant une capacité scientifique et technique, mais n'étant pas directement impliqués dans la recherche climatique et la modélisation du système Terre.

Les utilisateurs, quelle que soit leur discipline, auront accès à ce service au travers de la Climathèque de Météo-France, qui offre déjà de très nombreux produits climatologiques (en particulier l'accès à l'ensemble du patrimoine atmosphérique instrumental dont la gestion est confiée à Météo-France). Un portail web DRIAS dont un premier prototype est attendu pour début 2011 facilitera l'accès aux scénarios climatiques régionalisés français en offrant données numériques et produits. Pour la communauté climatique française, ce projet pourra aussi permettre - en facilitant l'accès aux simulations et au bon emploi des scénarios pour un public peu familier à la modélisation climatique (équipes de recherche, services de l'Etat, bureaux d'études)- d'augmenter, en termes de temps consacré, le potentiel de recherche sur le climat.

La structure en place visera l'intégration des données actuellement disponibles, veillera à rendre facile les intégrations développées dans les années à venir de manière à ce qu'un service pérenne puisse être constitué dans ce domaine.

Le projet a concrètement débuté en avril 2010 par une analyse des services climatiques existants, laquelle montre que d'une part ils ne couvrent pas toute la gamme potentielle de services depuis les données de base (en format numérique) jusqu'à des produits graphiques à forte valeur ajoutée (carte, graphe, diagramme ombro-thermique,...) et que d'autre part ils sont souvent spécialisés pour un seul secteur d'activité (hydrologie, agronomie, écologie). Cet état des lieux préalable doit permettre de construire les spécifications fonctionnelles du nouveau service commun mis sur portail web, en ré-utilisant au maximum l'ensemble des données techniques déjà disponibles.

D'autres travaux ont parallèlement touché à l'ensemble des composantes à mettre en place pour ce service. Un glossaire réunissant les principales notions du projet a été initié, ainsi qu'un catalogue des simulations et données élaborées par les différents centres producteurs, utile tant aux utilisateurs futurs qu'aux producteurs de scénarios et développeurs du portail pour bien définir

leurs engagements respectifs. DRIAS a également comme vertu de renforcer le dialogue et la coopération entre les équipes de modélisation qui devront à l'avenir harmoniser leurs produits.

Enfin, un Comité d'Utilisateurs, représentant différentes communautés, accompagne le projet. L'enquête qui vient de leur être proposée permet d'affiner la définition du futur service. Une analyse des besoins exprimés a été partagée avec l'équipe projet. Deux catégories d'utilisateurs émergent : des chercheurs habitués à la manipulation de simulations et de données complexes, et une catégorie baptisée « décideurs », plus néophytes en informations climatiques et nécessitant un support différent.

Organismes partenaires : Météo France, CNRS, Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), CERFACS, Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique (GAME)

Adaptation au changement climatique en Rhône-Alpes : partenariat opérationnel entre équipes de recherche et collectivités territoriales

Le Groupe de Réflexion et d'Actions sur l'Adaptation au Changement Climatique (GRAACC) a été mis en place en juin 2008 avec pour objectif de sensibiliser les acteurs à cette problématique et d'échanger sur les bonnes pratiques en matière d'actions concrètes d'adaptation.

Afin d'inciter et de donner des outils aux décideurs pour prendre en compte la problématique de l'adaptation aux changements climatiques, la rédaction d'un guide est prévue dans le cadre de ce projet.

Ce guide se composera de trois parties :

- comment sensibiliser un élu à la problématique de l'adaptation au changement climatique ?
- catalogue d'opérations exemplaires en matière d'adaptation.
- comment mettre en place des stratégies d'adaptation sur des territoires.

Pour illustrer concrètement la problématique, des expérimentations porteront sur la végétalisation de bâtiments en zone urbaine sur le territoire de la ville de Lyon et sur des scénarios d'évolutions de la ressource en eau en lien avec les activités agro-forestières et touristiques en zone de moyenne montagne sur le territoire du département de la Drôme.

L'expérimentation en zone urbaine permettra de proposer des scénarios d'adaptation en évaluant l'impact :

- des toitures végétalisées sur la gestion des pics de chaleur et de la ressource en eau
- des murs végétalisés sur la gestion des pics de chaleur.

Coordinateur : Rhône-Alpes Energie-Environnement (RAEE)

L'adaptation au changement climatique : les défis d'une approche intégrée pour les territoires ADAP'Ter

Le projet porte sur la construction de réponses territoriales face aux impacts du changement climatique, à partir d'une analyse des processus de mise en politique locale du « problème climat », saisis sous l'angle de l'adaptation.

Il s'agit de comprendre les modalités d'appréhension et d'action territoriale face aux effets du changement climatique, considérant qu'ils sont marqués par une forte incertitude et qu'ils passent par un travail d'appropriation ou de « localisation » dans lequel la notion de vulnérabilité est centrale. Par ailleurs, l'adaptation est multiforme et intégrée à d'autres politiques publiques : adaptation aux effets « naturels » (aggravation des aléas), mais aussi aux effets « artificiels », c'est-à-dire aux modifications induites par les mesures de lutte contre les émissions de GES (atténuation). Or, les stratégies d'adaptation à des conditions climatiques nouvelles peuvent entrer en contradiction avec les mesures d'atténuation.

C'est la temporalité et la cohérence des stratégies d'adaptation envisagées, et ainsi l'inscription de l'action territoriale à court, moyen et long terme qui est en jeu.

La réalisation du projet s'appuiera sur :

- Un état de l'art des démarches d'adaptation des collectivités (synthèse comparative d'initiatives régionales et urbaines en France), un aperçu européen de mouvements « post carbone » (Grande-Bretagne, Italie, Suède, France) ;
- Des enquêtes approfondies à l'échelle urbaine (Lyon, Montréal) et régionale (Bourgogne, Rhône-Alpes) ;
- La discussion des matériaux au sein d'un comité de suivi, rassemblant des partenaires scientifiques et opérationnels.

Ce projet permettra :

- D'élaborer une typologie des réponses territoriales en matière d'adaptation, ainsi que leur articulation avec les mesures d'atténuation des émissions de GES dans le cadre de « politiques climat » locales, afin d'établir des facteurs de convergence entre mesures d'adaptation et stratégies post carbone.
- D'identifier les modalités d'adaptation de la connaissance (données relatives aux impacts, aux vulnérabilités et aux solutions) permettant de saisir comment s'opère la traduction de l'enjeu climatique au niveau territorial.
- D'identifier des facteurs de mise à l'agenda de la question de l'adaptation, ce qui revient à comprendre les éléments déterminants pour l'engagement d'acteurs locaux dans des stratégies d'adaptation.
- De discuter les notions d'adaptation, de résilience et de vulnérabilité des territoires à la lumière des enseignements de terrain.
- De cerner et d'imaginer les signes de renouvellement de l'action publique territoriale (changement de référentiel quant à l'inscription temporelle et spatiale de l'action publique).
- A la vue de ces différents éléments, d'avancer des modèles descriptifs des processus locaux d'adaptation.

Coordinateur : UMR/CITERES Tours

Dans le cadre de l'appel à projets 2010, les besoins de recherche ont été exprimés dans les champs suivants :

- L'identification des impacts au changement climatique, la construction d'indicateurs pertinents pour en suivre l'évolution et l'estimation de leur coût.
- L'étude des événements extrêmes, leurs impacts et leur évolution en fréquence et en magnitude.
- L'analyse des vulnérabilités associées aux risques liés au changement climatique, et la gestion du triptyque aléa-vulnérabilité-risque, afin de définir des priorités en matière de politiques publiques et de gestion des systèmes.
- L'adaptation au changement climatique et la nécessaire descente d'échelle : échelle de temps courte (15-30 ans) et plus localisée afin de développer des modèles régionaux robustes.
- La gestion ou quantification de l'addition des incertitudes liées à la conjonction des modèles économiques, climatiques et à l'évaluation des coûts, afin de mieux estimer la pertinence des politiques d'adaptation à mettre en œuvre.

- Le développement de scénarios socio-économiques régionalisés afin d'analyser l'interaction des politiques d'adaptation avec les autres composantes du développement local.
- L'interaction des politiques, entre atténuation et adaptation, et entre ces deux aspects de la lutte contre les effets du changement climatique et les autres politiques sectorielles ou territoriales.

Sur les 10 projets retenus ou en liste complémentaire, aucun, par contre, n'a concerné le champ urbain, à l'exception du projet INVULNERABLE dans le cadre d'un prolongement de ses travaux.

Le Plan Urbanisme, Construction, Architecture du MEEDDM (PUCA) et le Programme national de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans les Bâtiments (PREBAT)

Le Plan Urbanisme, Construction, Architecture (PUCA)

Ce plan développe, depuis sa création en 1998, des programmes de recherche incitative, de recherche-action et d'expérimentation, et apporte son soutien à l'innovation et à la valorisation scientifique et technique sur chacun des trois thèmes - urbanisme, construction, architecture - rassemblés dans son intitulé.

Ses actions de recherche et d'expérimentation sur la construction durable, l'aménagement de la ville et des quartiers, l'architecture et la cohésion sociale globale, s'articulent autour de quelques grandes questions fondamentales : comment construire la ville ou la réhabiliter de manière à mieux respecter les équilibres naturels, économiques, sociaux ? Dans quelle mesure la vulnérabilité de certains groupes sociaux ou de nombreux territoires est-elle prise en compte ? Comment les techniques de construction et les dispositifs d'aménagement peuvent-ils intégrer les préoccupations environnementales, produire et réhabiliter des bâtiments efficaces du point de vue énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre, tout en favorisant le développement de la société de la connaissance et l'accès de tous les citoyens à des éléments de nature ?

Les actions du PUCA sont fondées sur un partenariat : avec le CNRS dans le cadre du programme de recherche ville et environnement (PIRVE) ou d'autres réseaux de recherche, avec des administrations au niveau central ou déconcentré, notamment dans le cadre des programmes de recherche locaux initiés par les DREAL qui concourent à son programme national par le biais des « programmes régionaux d'étude, de développement et d'aménagement du territoire » (PREBAT), dont sept sont activés (Nantes, Strasbourg, Rennes, Toulouse, Montpellier, Bordeaux et Tours) notamment sur la thématique du périurbain et de la nature en ville.

Enfin, à l'échelle de l'Europe, le PUCA est impliqué dans deux ERA-NET : ERACOBUILT sur la construction et la gestion des bâtiments durables et URBAN-NET sur la recherche urbaine.

Les programmes finalisés du PUCA pour la période 2007-2012 se déclinent en actions de recherche finalisée mobilisant les milieux scientifiques et en appels à projets auprès des milieux professionnels.

La réflexion engagée en 2010 renouvelle en profondeur la problématique d'ensemble dans une perspective post-Grenelle de l'environnement, mettant l'accent sur trois thématiques - ville durable, bâtiments et cohésion sociale - et sur la nécessité de repenser les manières d'appréhender la question urbaine.

En matière de ville durable, la problématique se focalise, d'une part sur l'articulation des différentes échelles de gouvernance au sein de la ville et de l'agglomération et, d'autre part, sur les questions liées au périurbain (non dans une remise en cause totale du fait de sa dépendance à la voiture particulière et à la consommation d'espace, mais en abordant les aspects de flexibilité, de réversibilité et de résilience, par rapport notamment aux questions de l'adaptation aux effets du changement climatique) ainsi que sur les questions de nature en ville dans une vision unitaire, rassemblant ensemble agriculture périurbaine, espaces verts et corridors écologiques afin d'agir

sur les conséquences du réchauffement climatique, captation du CO₂, absorption des inondations, gestions des pollutions.

Peuvent être cités à ce titre le financement de projets ou l'organisation de séminaires de recherche en lien direct ou indirect avec les questions liées au changement climatique et à l'adaptation :

- L'articulation entre les différentes échelles de prise en compte de la ville durable (logements, quartiers, ville, agglomération) et la lutte contre le changement climatique dans ses aspects atténuation et adaptation.
- L'observatoire des stratégies urbaines métropolitaines (plus de 370 000 habitants), et en particulier des « fragilités urbaines » : fragilités économiques, sociales, organisationnelles et environnementales (le problème de l'eau).
- La nature en ville, en lien avec le Plan Nature en ville (thématiques : fonctions écologiques ; eau, nature et ville ; production des formes urbaines ; économie de la nature en ville) : état des lieux des connaissances, pratiques et expérimentations.

Le plan bâtiments, une des grandes priorités du Grenelle de l'Environnement pour lutter contre les effets du changement climatique, vise à développer des actions de recherche dans le champ de l'habitat en complémentarité avec d'autres acteurs (ADEME, ANR, etc.), à inciter les professionnels à un effort de recherche et d'innovation dans le cadre des bâtiments à « énergie positive », à poursuivre un effort sur la qualité des logements - dans le cadre du programme *Ville urbaine Durable* centré sur la densité acceptable, le rapport individuel/collectif et les qualités environnementale et urbaine des opérations - , à proposer des solutions de requalification des quartiers d'habitat existant et à promouvoir, dans le cadre d'opérations expérimentales ou de débats d'idées architecturales, l'habitat de demain.

Le Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT)

Les actions du PUCA sur la thématique « bâtiment » rejoignent les axes prioritaires du PREBAT. Ce programme pluriannuel lancé en 2005 en réponse au Plan Climat 2004 visant la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre du secteur du bâtiment à l'horizon 2050, financé par l'ADEME, l'ANAH, l'ANR, l'ANRU et le MEEDDM (PUCA), se propose d'accomplir un effort important, durable et finalisé de recherche, d'expérimentation et de diffusion de solutions nouvelles, améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments neufs et existants. Il est de fait essentiellement tourné vers des solutions d'atténuation des effets de changement climatique, mais dans certains cas peut viser aussi des actions d'adaptation.

Deux programmes ont été successivement mise en œuvre, le PREBAT 1 de 2005- 2009 et le PREBAT 2 de 2010-2014. Ils poursuivent les axes stratégiques suivants :

1. La modernisation durable des bâtiments existants. L'objectif de recherche et de développement poursuivi est d'obtenir, à l'horizon 2015-2020, dans des conditions techniques, économiques et sociales acceptables, des solutions techniques permettant la rénovation banalisée de bâtiments avec une performance énergétique aussi proche que possible de celle des bâtiments neufs.
2. La préfiguration des bâtiments neufs de demain. L'objectif de recherche et de développement poursuivi est de permettre à l'horizon 2015- 2020 la construction banalisée de bâtiments de tous types très performants au plan énergétique.
3. L'émergence des bâtiments à énergie positive. L'objectif de recherche et de développement poursuivi est de pouvoir construire et rénover dès que possible une part importante des bâtiments pouvant fournir plus d'énergie qu'ils n'en consomment. Une part significative des bâtiments réhabilités devra pouvoir bénéficier des méthodes et des techniques qui seront mises au point.

A cet effet, quatre comités thématiques - comité technologie, comité bâtiments existants, comité bâtiments neufs, comité socio-économie - développent des programmes d'actions opérationnels prenant en compte, solutions techniques innovantes, outils de simulation, réalisation de bâtiments démonstrateurs. Parmi ceux-ci, le comité socio-économie, poursuit une démarche de vision

prospective de l'aménagement de la ville et du rôle des acteurs, proposant en particulier une analyse de l'impact de la morphologie et de la dynamique urbaine dans l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre induits par les bâtiments.

Le Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT)

Succédant à trois programmes antérieurs, le PREDIT 4 (2008-2012) est cité ici pour mémoire, car bien que les questions de mobilité touchent directement aux émissions de gaz à effet de serre et que les recherches engagées à ce titre visent principalement à des actions d'atténuation, on ne peut exclure dans l'avenir des recherches conjointes sur la thématique adaptation.

Ce programme, en sa forme actuelle, vise notamment dans ses priorités la réduction d'un facteur 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, la réduction des impacts sur la biodiversité et les systèmes, le développement de l'inter-modalité et des modes non routiers tout en garantissant la mobilité des personnes et des biens et la qualité des systèmes de transport.

Ces objectifs se déclinent en six thématiques : énergie et environnement (bruit et qualité de l'air dans le cadre du programme PRIMEQUAL) ; qualité et sécurité des systèmes de transport ; mobilité dans les régions urbaines ; logistique et transport de marchandises ; compétitivité de l'industrie des transports ; politiques de transport.

S'agissant plus précisément de la thématique « mobilités dans les régions urbaines » qui s'articule avec le programme « villes durables » de l'ANR, les appels à proposition de recherche lancés en 2009 et 2010 visent à la production de connaissances renouvelées dans le domaine des mobilités, ainsi que la conception et l'expérimentation de services de mobilité adaptés aux mutations de la société et des territoires, dans un contexte économique et technologique en profond changement. Parmi les questions posées, on peut citer celles-ci : l'observation de la mobilité fait-elle apparaître de nouvelles pratiques liées à une adaptation des acteurs publics et privés à de nouvelles temporalités et à une nouvelle géographie des déplacements ? comment la relation entre transports et morphologies urbaines évolue-t-elle dans la perspective du changement climatique et de l'évolution du coût de la mobilité ?

Le Programme Plante et Cité

Initié en 2006, le programme Plante et Cité est une plateforme nationale de recherche et d'expérimentations visant à mutualiser et améliorer les techniques de gestion des espaces verts dans l'optique d'un développement durable de la ville. Il associe à la fois les organismes de recherche, en particulier l'Institut National d'Horticulture (INH) et l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA), et les collectivités, ainsi que les entreprises.

Ce programme comprend six thèmes de recherche, dont certains peuvent fournir des réponses utiles en termes d'adaptation de la ville et de ses espaces verts face au changement climatique et à la rareté de l'eau :

- agronomie et artificialisation des sols urbains : gestion de l'eau face à la rareté de la ressource et amélioration des propriétés physiques du sol ;
- gestion sanitaire des végétaux et protection biologique intégrée éliminant les espèces nuisibles ;
- innovation et diversification végétale : résistance à la sécheresse, diversification des végétaux utiles, notamment sur les toitures, développement d'une filière de végétaux autochtones ;
- économie et gestion des services des espaces verts : mise au point d'un référentiel de management environnemental ;
- gestion de la biodiversité : mise au point d'outils de définition du niveau de biodiversité utile d'un espace, définition d'itinéraires respectueux des écosystèmes urbains et périurbains.

- paysage urbain : utilisation du végétal dans les différents types d'espaces urbains (entrées de ville, etc.).

Parmi les thèmes d'études en cours, citons :

- L'identification de gammes de plantes herbacées adaptées à des conditions limitantes en eau pour la végétalisation des toitures ;
- La mise au point d'un outil d'aide à la conception d'espaces verts mettant en relation les formes végétales et les usages.

Des projets ciblés

Au-delà des programmes de recherche indiqués ci-dessus et dont certaines des thématiques visent à répondre à des questionnements liés à la ville durable et plus particulièrement aux effets du changement climatique, d'autres projets de recherche qui ne rentrent pas dans le cadre de ces grands programmes sont toutefois à signaler pour l'intérêt de leur approche liée à cette thématique.

On peut les regrouper selon trois domaines correspondant aux différentes interrogations qu'elles visent à résoudre :

- 1- comment se situera la ville de demain dans une perspective post carbone et dans un processus d'adaptation ?
- 2- quels outils de modélisation peuvent permettre d'apprécier la morphologie urbaine d'aujourd'hui et de demain ?
- 3- Quels seront les impacts du changement climatique sur la ville et les stratégies d'adaptation ?

En parallèle à ces recherches, qu'elles soient en termes de prospective ou de productions d'outils permettant de mieux appréhender les enjeux et d'aider les acteurs à la prise de décision, il convient de mentionner le développement de recherches dans le domaine des sciences cognitives et sociales portant notamment sur le concept d'adaptation et sur la manière dont il est perçu par les différents acteurs.

La ville de demain dans une perspective post carbone

Coordonnés par le MEEDDM et l'ADEME, trois appels à projets de recherche lancés successivement en 2008, 2009 et 2010 visent à repenser les villes et leur mode de vie dans le cadre d'une société post carbone à l'horizon 2050 et à s'attacher notamment aux questions liées à la transition urbaine qu'implique une telle mutation. L'aspect lié au changement climatique et à ses conséquences n'est pas spécifiquement abordé dans ce cadre, mais la démarche d'ensemble peut apporter des éclairages intéressants quant à la problématique d'adaptation.

Les recherches engagées sous cette thématique comprennent trois angles d'approche :

- 1) Les territoires et populations vulnérables : quels impacts sociaux liés à la transition vers des villes post-carbone ?

Ce thème a pour but d'évaluer la dynamique des inégalités sociales et territoriales qui pourraient résulter des difficultés d'adaptation à un contexte durablement marqué par une augmentation des prix de l'énergie et du carbone. Les réponses devraient être en toute probabilité différentes selon les catégories sociales, les modes de transport utilisés et les types de logements occupés. Les villes et les territoires seront aussi différemment affectés.

Plusieurs recherches prospectives sont actuellement menées en partenariat avec des agglomérations (Tours, Mulhouse, Grenoble, Lille). Ces recherches visent à construire et à simuler des scénarios de transition vers des villes post-carbone avec la construction de typologies de cheminement (dynamiques en œuvre, populations concernées, politiques correctrices envisagées, etc.).

- 2) Prospective des modes de vie dans des villes post carbone.

Il s'agit à la fois de proposer des visions globales et raisonnées de ce que pourraient être les modes de vie alternatifs liés aux contraintes carbone à l'horizon 2030-2050 et de discuter de la plausibilité et des conditions de ruptures profondes dans les façons d'habiter et de se déplacer en différenciant éventuellement les aires géographiques, de réfléchir aux dynamiques d'évolution vers ces modes de vie alternatifs, sous la forme de scénarios de transition ou de monographies synthétisant des expériences réussies de changement.

- 3) Acteurs, institutions et politiques dans les villes post carbone.

Les dynamiques du jeu des acteurs locaux et des institutions locales seront analysées en prenant en compte les trajectoires possibles en fonction des barrières et des opportunités qui faciliteront ou, au contraire, entraveront cette transition. A partir d'études de cas de villes ou d'agglomérations, les types de gouvernance mis en place visant à assurer une transition vers un modèle de ville post-carbone feront l'objet d'une analyse spécifique.

Les outils de modélisation de la morphologie urbaine

Alors que les scénarios climatiques utilisent des projections à l'horizon du siècle, la difficulté consiste à établir des scénarios d'urbanisation à la même échelle temporelle afin de les coupler avec ceux du climat. Ces scénarios nécessitent la constitution de modèles de fonctionnalités de la ville qui prennent en compte toutes les composantes de ce système complexe.

Différents travaux de recherche décrivent cette complexité qui résulte des interactions entre différents systèmes –environnementaux, économiques, politiques, sociétaux-, tels que décrits ci-après :

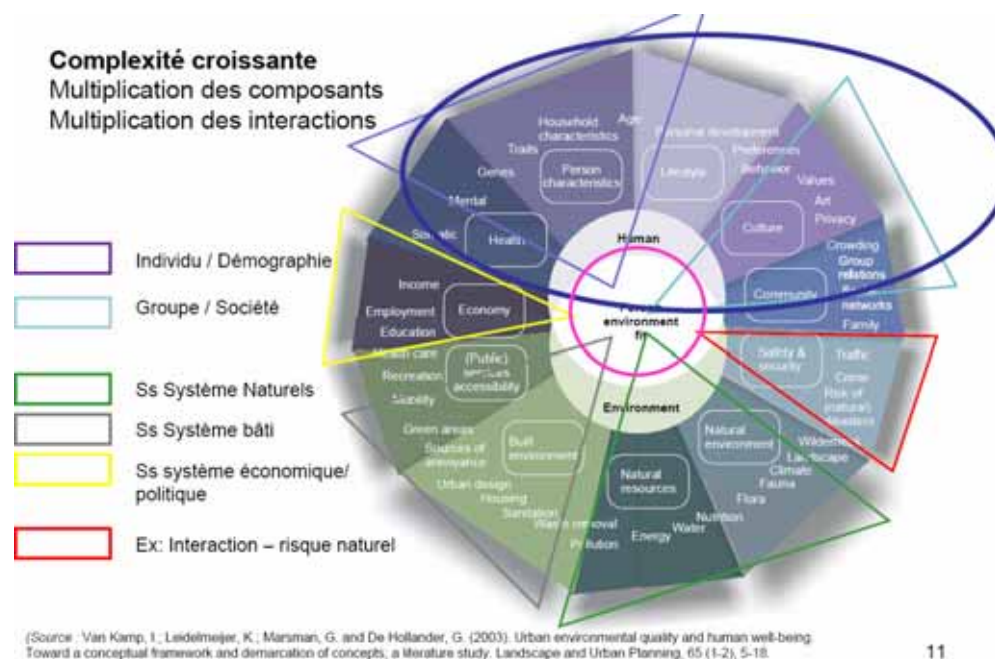


Figure 24 : schéma de la complexité de la ville. Source CNRS

D'autres travaux décrivent la ville en tant que « métabolisme urbain », étudiant l'ensemble des transformations et des flux de matière et d'énergie intervenant dans le cycle de vie d'une zone urbaine. La ville est alors représentée comme un éco-système qui gère ses entrants et ses sortants par la régulation.

Le projet ACCLIMAT (2010-2012)

Composé d'un partenariat scientifique toulousain multidisciplinaire et coordonné par le CNRM-GAME (Météo France), bénéficiant d'une aide de la fondation de coopération scientifique STAE Toulouse, ACCLIMAT complète deux autres projets de recherche, financés pour leur part par l'ANR dans le cadre des programmes déjà présentés, les projets VURCA et MUSCADE, selon l'articulation ci-après :



Figure 25 : outils de simulation à l'horizon 2100 utilisés dans le cadre des trois projets de recherche VURCA, MUSCADE et ACCLIMAT. Source CIRED

Dans ce cadre, le projet ACCLIMAT est un outil de simulation numérique mis au point pour la ville de Toulouse mais pouvant s'adapter à d'autres agglomérations. Il se propose de tester des mesures d'adaptation au changement climatique, d'identifier des leviers d'action et d'évaluer les résultats des mesures envisagées, de manière à proposer un plan d'adaptation de la ville au climat futur.

La démarche scientifique consiste à coupler des scénarios climatiques (obtenus par l'extraction, à partir de scénarios climatiques à l'échelle de l'Europe, de situations météorologiques pertinentes de la région toulousaine en adaptant une méthode de descente d'échelle appropriée) avec des scénarios prospectifs de l'évolution de l'agglomération. Le modèle d'expansion urbaine NEDUM du CIRED est utilisé, couplé avec un modèle d'occupation des sols permettant de simuler l'étalement urbain. Pour modéliser l'impact du changement climatique et de l'urbanisation sur le climat local, des modèles de météorologie Mésio-NH et d'échange ville-atmosphère (Town Energy Budget TEB) sont de même utilisés. L'ensemble de ces modèles sera intégré dans une plateforme unique qui permettra d'assembler des applications parallèles complexes.

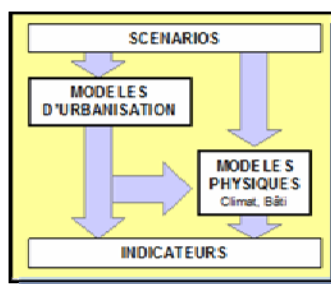


Figure 26 : schéma d'ensemble du projet ACCLIMAT. Source Météo France

Au final, cet outil permettra de donner des éléments de réponse à des questions concrètes :

- quels leviers socio-économiques agissent sur les processus d'expansion urbaine, et à quelle échelle de temps ?
- les interactions entre changement climatique et évolution de l'urbanisation suscitent quelles conséquences en termes de climat urbain, consommation énergétique, bilan de CO₂, confort des habitants, coûts économiques et environnementaux de mise en œuvre des stratégies d'adaptation ?

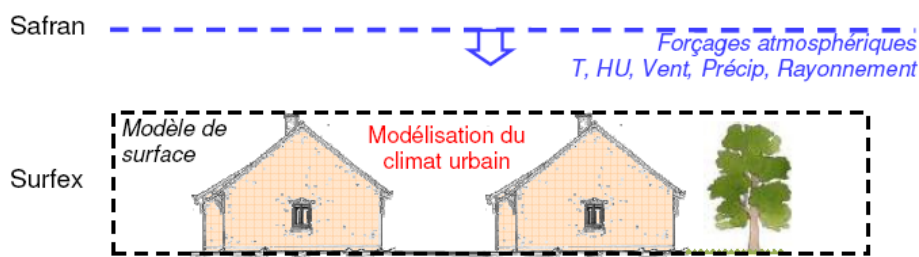
Les projets EPICEA et Grand Paris 2030

Le projet EPICEA (Etude Pluridisciplinaire des Impacts de Changement climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne) lancé pour une durée de trois ans (2008-2010), a été financé par la Mairie de Paris dans le cadre de l'élaboration de son Plan Climat pour lui donner des éléments de prise de décision.

Il associe Météo France pour la modélisation de la météorologie urbaine et le CSTB pour l'intégration des enjeux du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville. L'étude engagée vise à mettre en relation et à quantifier à l'échelle de Paris l'aménagement urbain, la climatologie urbaine et les risques sanitaires liés à des phénomènes de canicule, de manière à identifier des indicateurs de vulnérabilité pertinents sur ces trois axes et définir des stratégies d'adaptation associées.

La méthode de travail retenue a porté sur trois volets : l'évolution du climat urbain dans la perspective du changement climatique, l'étude particulière de la situation extrême de la canicule 2003, le lien entre urbanisme et climat.

Pour l'appréciation de l'évolution du climat urbain, outre les données climatiques observées entre 1970 et 2000, la projection 2070-2100 a nécessité l'utilisation du modèle global ARPEGE-climat. Toutefois, ces projections climatiques de résolution spatiale de 50 km ne sont pas adaptées à l'échelle d'une agglomération et une technique de descente d'échelle a été utilisée, retenant deux modèles de surface, le modèle TEB (Town Energy Budget) pour la ville avec le paramétrage des échanges d'énergie et d'eau entre les surfaces bâties et l'atmosphère, et le schéma de surface ISBA (Interaction Sol Biosphère Atmosphère) pour les zones naturelles. Ces deux modèles de surface ont été forcés par le système SAFRAN par zones géographiquement et climatiquement homogènes, permettant une résolution de 8km plus adaptée à une agglomération.



*Figure 27 Simulations en mode forcé sur la région parisienne avec le modèle de surface SURFEX incluant le modèle de ville TEB pour les surfaces urbaines sur de longues périodes de temps.
Source Météo France.*

Par ailleurs, et dans le cadre d'une étude plus spécifique sur la canicule 2003 et ses conséquences en termes d'occurrence sur la fin du siècle et en termes de vulnérabilité des populations sensibles, des simulations, avec les modèles numériques MesoNH et TEB sur un maillage plus fin de 2km ont permis de configurer la ville de Paris avec des paramètres urbains uniformes (largeur des rues, hauteur des bâtiments, surfaces de toitures et matériaux de couverture, surfaces de voirie et

d'eau). Ces données sont utilisées pour évaluer la répartition spatiale de la température au sein de Paris.

Enfin, pour permettre d'identifier les interactions entre les infrastructures urbaines et le climat local et proposer des domaines d'action prioritaires en matière de planification urbaine, Paris a été simulé en mode « ville réaliste », sur la base de données issues de l'Atelier Parisien de l'Urbanisme (APUR). Ceci a permis d'établir une base de données du couvert urbain parisien à la résolution très fine de 250 m.

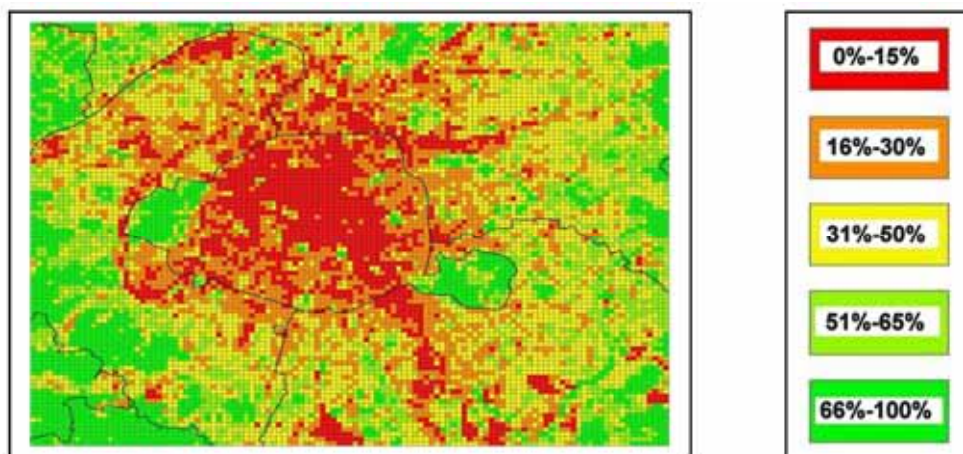


Figure 28 Configuration « ville réaliste », simulation pour le paramètre 'surface végétale'. Source APUR.

Le projet lié au **Grand Paris** s'inscrit dans le même champ géographique de l'agglomération parisienne mais dans un contexte différent : une étude globale commanditée par le Ministère de la Culture sur le « Grand Pari de l'Agglomération Parisienne » faisant appel à dix consortia regroupés autour de cabinets d'urbanisme et visant à tracer des pistes générales sur la manière de faire évoluer l'agglomération parisienne à échéance 2030.

Le travail engagé a quantifié l'impact sur le micro-climat de scénarios d'aménagement de l'Ile de France à cet horizon 2030.

Le scénario retenu (cf. chapitre 1, encadré 15) couplé à un modèle atmosphérique MesoNH et fondé sur une extension de 30% des forêts, la présence de retenues d'eau étendues, une transformation de cultures céréalières en cultures maraîchères d'été et l'application de peintures plus réfléchissantes sur les toits et les routes en petite et grande couronne, a permis de mettre en évidence une diminution de l'îlot de chaleur nocturne en période de canicule de 3 degrés en zone périurbaine et 2 degrés dans Paris intra-muros.

agglomération de Paris en 2008

stratégie d'adaptation proposée en 2030



Figure29 : Région parisienne : simulation 2030

Le projet INVULNERABLE

Ce projet INVULNERABLE (Industrial VULNERABiLity) 2006-2010, prolongé jusqu'en 2012, rassemble autour de l'IDDRI, divers partenaires scientifiques (Meteo-France, le CERFACS, l'ONERC) et industriels (Dalkia, GDF-Suez, Veolia et EDF) pour mieux appréhender la vulnérabilité des opérations industrielles dans le cadre du changement climatique.

Il s'inscrit dans une logique de co-production et de valorisation de données (climatiques, socio-économiques) pour mieux appréhender la vulnérabilité des systèmes urbains et en particuliers industriels au changement climatique. Il répond aussi à un besoin de dialogue entre climatologues et utilisateurs pour définir des indicateurs pertinents.

Ce projet appréhende la vulnérabilité des opérations industrielles sous cinq axes principaux :

- La disponibilité de la ressource sera-t-elle impactée ?
- Les statistiques utilisées dans la conception d'installations / d'infrastructures sont-elles robustes dans un contexte de changements climatiques ?
- Quelles sont les perspectives de changements dans les facteurs déterminant la demande de biens ou de services ?
- Quelles sont les perspectives de changements qui affectent la gestion de l'outil industriel ?
- Quelles sont les occurrences futures des « incidents climatiques » industriels ?

Dans le cas de l'étude du fonctionnement des réseaux de chaleur prenant en compte les effets du changement climatique, outre la production d'un indicateur spécifique précisant le seuil de vulnérabilité, la méthodologie interactive doit permettre l'appropriation du phénomène climatique par l'industriel, la compréhension quant à l'utilisation des données climatiques et leurs limites en termes d'incertitude, enfin l'amorce d'un dialogue climatologue-industriel qui sera conduit à s'institutionnaliser dans l'avenir.

La prolongation du projet INVULNERABLE a été retenue jusqu'en 2012 dans l'APR 2010 du programme GICC.

Le projet CLIM2

visé à évaluer l'impact des rejets de chaleur des systèmes de climatisation lors d'événements de canicule de type 2003, avec pour test, l'agglomération parisienne. Des simulations numériques basées sur le couplage de l'atmosphère du modèle Mésoscale-NH et du modèle de climat urbain TEB doivent permettre de calculer l'augmentation de la température dans les rues, pour plusieurs types de dégagement de chaleur (sèche ou humide), que ce soit dans l'air, dans la rivière, etc.. Plusieurs parcs d'équipements de conditionnement d'air (types, performance) sont intégrés et simulés afin de quantifier l'impact de ces scénarios sur la température extérieure de Paris.

CLIM2 est un projet de recherche conjoint de 3 partenaires, laboratoires de recherche publique CNRM-GAME et CNAM et une entreprise privée. L'étude s'appuie sur les compétences du CNAM en termes de systèmes frigorifiques de climatisation et sur celles de l'entreprise privée en termes de climatisation (connaissance des caractéristiques des équipements, localisation et quantité des rejets, développements futurs, etc.).

Cette étude est à relier avec des travaux menés à l'échelle européenne dans le cadre du projet URBACOOOL « vers des stratégies efficaces urbaines pour le rafraîchissement » qui proposeront des stratégies alternatives à la climatisation avec des expérimentations dans trois grandes villes européennes : Athènes, Séville ou Madrid et Paris.

L'évaluation de l'impact du changement climatique sur le fonctionnement d'une aire urbaine (Nice)

Ce projet de recherche mené par le CNRS- UMR ESPACE³, vise, d'une part, la mise au point d'une méthode de modélisation systémique d'un territoire en fonction des enjeux climatiques futurs et, d'autre part, la production d'outils de simulation utilisables par les décideurs locaux. Le terrain d'application retenu est l'agglomération niçoise.

La modélisation systémique utilisée dans ce cadre est destinée à mesurer les impacts des changements du climat local sur une période 2000-2050 – température, précipitations, variabilité saisonnière et événements extrêmes – sur le système urbain appréhendé à travers 6 composantes majeures : les ressources en eau, la croissance de la population, la fréquentation touristique, l'occupation du sol, la consommation d'eau selon le type d'habitat et selon le type d'agriculture.

La modélisation se décompose en deux phases :

³ ESPACE : Etude des Structures des Processus d'Adaptation et des Changements de l'Espace.

- une première phase « au fil de l'eau » où les tendances actuelles observées sur la croissance de la population, le rythme de l'étalement urbain, les types d'habitats et les consommations d'eau, se poursuivent jusqu'en 2050 avec une augmentation de l'artificialisation du sol et de la consommation en eau ;
- une deuxième phase « avec interventions » testant les effets de différentes mesures d'adaptation au changement climatique : problématique de l'étalement urbain, risques d'inondation ou risques de pénurie d'eau. A titre d'exemple, l'étalement urbain est interdit si un seuil d'artificialisation du territoire est atteint (hypothèse de 50%). Dans ce cas, l'habitat individuel est limité, et la densification du bâti existant préconisée ; les gains de population se distribuent alors différemment : 5% vers l'habitat individuel contre 50% initialement, 60% vers l'habitat mixte contre 40%, et 35% vers l'habitat dense contre 10%.

S'appuyant sur cette modélisation systémique, deux outils interactifs seront mis à la disposition des décideurs.

Un prototype de système à base de connaissances (SereNiCim) : ce prototype expérimental a pour objectif de proposer aux décideurs des mesures de gestion territoriale pour permettre d'élaborer une politique d'adaptation aux effets du changement climatique en milieu urbain. S'appuyant sur le modèle systémique, cette version est pour le moment développée uniquement dans le domaine de la gestion de l'eau et applicable à la région urbaine de Nice.

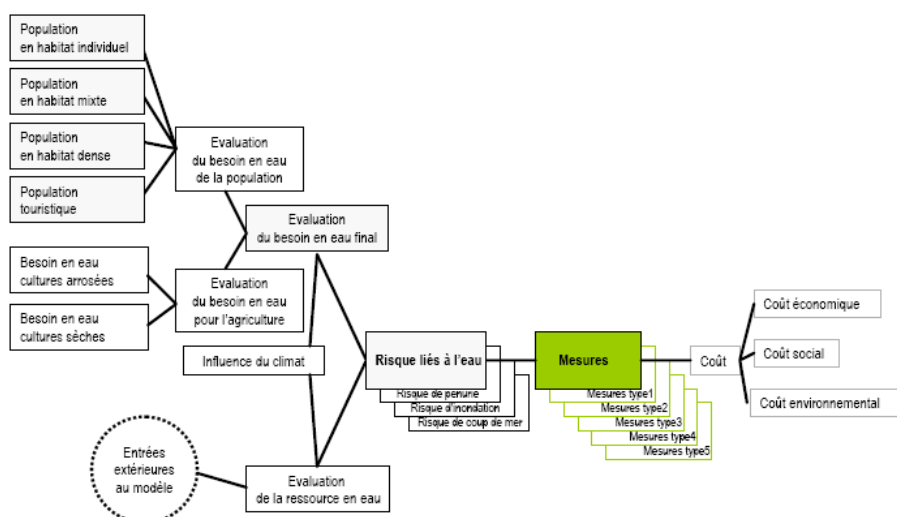


Figure 30 schéma du modèle conceptuel et étapes de raisonnement. Source : CNRS - UMR ESPACE

Des maquettes virtuelles du territoire. Les maquettes virtuelles du territoire simulent en 3D le territoire à différents horizons de temps et permettent de traduire visuellement les résultats du modèle systémique selon les différents scénarios retenus.

Cet outil très interactif de gouvernance permet aux gestionnaires et décideurs d'appréhender de manière vivante les évolutions spatiales et temporelles de leur territoire au cours des prochaines décennies et de cerner les impacts du changement climatique et mesures d'adaptation nécessaires.

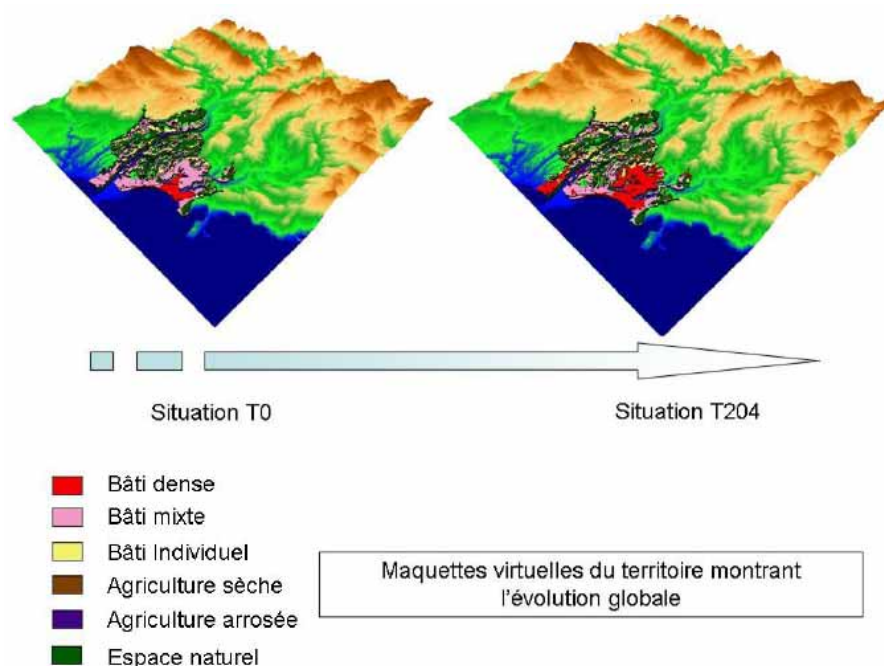


Figure 31 maquettes virtuelles du territoire. Source : CNRS-UMR ESPACE

Les vulnérabilités et le concept d'adaptation au changement climatique appliqué à la dynamique locale

La prise en compte des vulnérabilités et l'émergence du concept d'adaptation au changement climatique par les différents acteurs locaux sont analysés notamment dans le cadre d'une première recherche sur ce thème financée par le PUCA 2005-2007 et d'un projet en cours 2007-2011

Le changement climatique, révélateur des vulnérabilités territoriales

Portant sur l'observation de trois territoires différenciés - la Communauté Urbaine du GrandLyon, la commune de Villard-de Lans en Isère et l'île de Ré - cette recherche s'est appuyée dans sa problématique sur trois questions préalables :

- le changement climatique met-il en lumière des vulnérabilités différenciées des territoires ?
- les territoires les plus menacés par les conséquences potentielles du changement climatique, c'est-à-dire les plus vulnérables, sont-ils les plus à même d'intégrer ces risques dans leurs politiques ?
- la construction d'une action publique liée à la prise en compte du changement climatique constitue-t-elle un espace de débat au sein duquel se construit localement une perception particulière de la vulnérabilité des territoires et des inégalités écologiques ? En d'autres termes, comment les acteurs locaux se saisissent et traduisent cet enjeu global en des mesures territorialisées ?

l'analyse réalisée sur le terrain montre que de part leurs configurations naturelles et géographiques (zones littorales, insulaires) mais aussi sociales et économiques (mono-activité industrielle ou touristique), les territoires s'avèrent inégaux face aux conséquences du changement climatique.

Par ailleurs, la mise en place d'actions d'atténuation et d'adaptation s'articulant avec la problématique locale de développement durable, nécessite une reformulation ou une actualisation des enjeux territoriaux et suppose des changements d'organisation au niveau local, du fait de l'intégration nécessaire du « problème climat » dans les politiques publiques locales, sectorielles et transversales et de la mise en place de programmes d'intervention ou de planification. La question des acteurs, organismes et institutions mobilisés dans la déclinaison locale de ces enjeux, et donc de l'expertise nécessaire, peut être à ce titre aussi source d'inégalités entre territoires.

Coordinateur : CITERES Université de Tours

Enjeux et dynamiques de la mise en œuvre des stratégies d'adaptation au changement climatique en milieu urbain, les cas de Montréal et de Paris.

Ce projet de recherche vise à mieux cerner l'adaptation au changement climatique, définie par le GIEC (2007) comme l'« accommodation des systèmes naturels ou des systèmes humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages », en en réduisant les ambiguïtés sémantiques - notamment par rapport à "l'atténuation" (ou mitigation, ou réduction) - de manière à rendre ce volet plus compréhensible et opérationnel. Il vise ainsi à proposer le concept d'adaptation en tant qu'outil permettant de mieux comprendre le rapport entre l'environnement et la société dans une perspective systémique d'actions réciproques, notamment à travers un rééquilibrage des approches « Top Down et Bottom Up » utilisées pour l'élaboration de politiques d'adaptation (cf. figure 32).

Enfin, il se propose de mettre en application cette démarche conceptuelle auprès de différents acteurs institutionnels à Paris et Montréal à partir des enseignements recueillis de la démarche participative utilisée lors de l'élaboration du Plan Climat de Paris 2007 et de celle du Plan de développement durable élaboré par Montréal."

Recherche doctorale conjointe entre la Chaire d'études sur les écosystèmes urbains (UQAM, Québec) et le Laboratoire Dynamiques spatiales et Recomposition des espaces (Ladyss , Paris Ouest Nanterre La Défense).

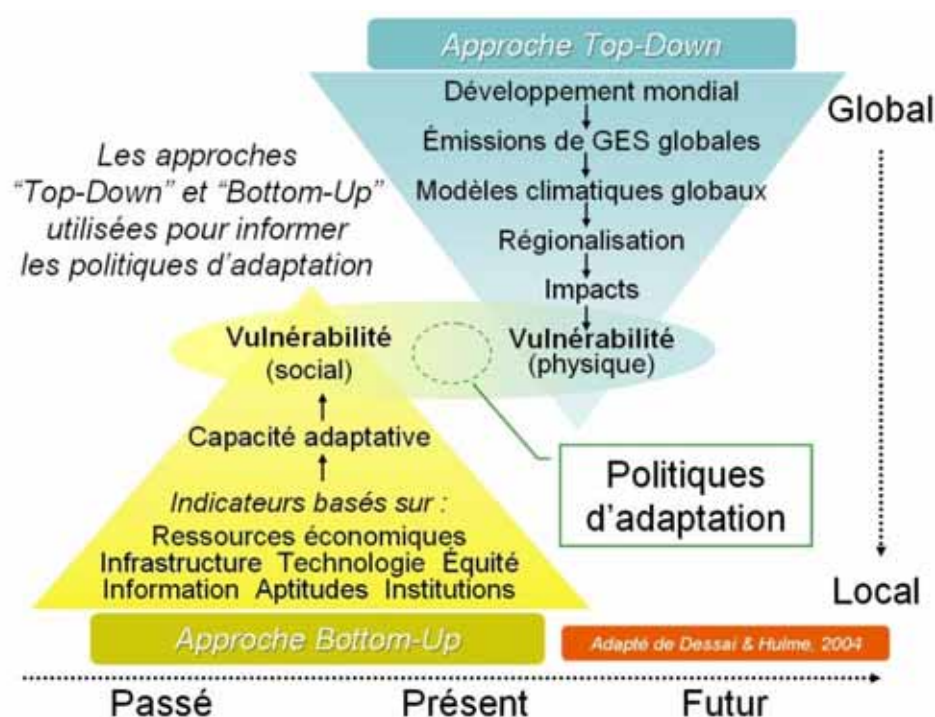


Figure 32 Le concept d'adaptation. Source : Dessai et Hulme, 2004, adapté et traduit par Guillaume Simonet, 2010"

La recherche européenne dans le cadre du programme URBAN-NET.

Le cadre européen offre des opportunités intéressantes dans le champ de la recherche urbaine dans un contexte de changement climatique puisque nombre de villes européennes seront touchées par ses effets, que ce soit en termes d'îlots de chaleur ou de risques d'inondation ou de

submersion, et c'est pourquoi l'une des quatre thématiques retenues dans le cadre du programme de recherche URBAN-NET financé successivement dans le cadre des 6ème (2002-2006) et 7ème (2007-2013) Programme Cadre pour la Recherche et de Développement technologique (PCRD) concerne le changement climatique dans un contexte urbain.

Ce programme URBAN-NET, qui rassemble 16 organismes de recherche issus de 13 pays, dont la France, dans un but de fédérer des recherches d'intérêt commun et de multiplier les outils et terrains d'application, a d'ores et déjà financé, dans le cadre du premier appel d'offre 2008, onze recherches dont quatre relatives à la thématique climatique, recherches qui pour deux d'entre elles seront en toute probabilité poursuivies en réponse au nouvel appel d'offre 2009-2010. Il s'agit de :

Les effets des vagues de chaleur sur les structures urbaines en Europe. L'objectif de cette recherche est de déterminer, grâce à des relevés de mesure et l'application de modèles de simulation, le lien pouvant exister entre types de structures urbaines et niveaux de chaleur urbains, avec pour finalité la proposition de structures urbaines limitant l'effet îlot de chaleur.

Cette recherche, qui devrait se poursuivre dans le cadre de l'appel d'offre 2009-2010, rassemble la Suède (coordinateur), l'Allemagne et le Royaume Uni.

L'optimisation de la planification urbaine et des paramètres architecturaux pour une réduction des effets thermiques dans les villes méditerranéennes. Par une analyse de la ville dans son ensemble, de sa forme urbaine et du réseau urbain, ce projet de recherche vise à comprendre en quoi ces éléments peuvent contribuer à une ventilation urbaine luttant contre le phénomène de l'îlot de chaleur. Le terrain d'observation se situe dans une ville de Chypre, considérée comme typique d'une ville méditerranéenne. Seront utilisés des outils numériques de simulation et instruments de mesure de la température de surface et de la ventilation urbaine.

Ce projet de recherche rassemble Chypre (coordinateur), la Bulgarie et la Suède.

Le tourisme urbain et le changement climatique. Ce projet vise à vérifier l'hypothèse d'une mutation du tourisme urbain liée aux effets du changement climatique. Pour ce faire, des interviews auprès de touristes, tour-opérateurs, commerçants et responsables urbains, doivent être effectués dans des villes de Suède, Portugal et Turquie, pays qui constituent les trois partenaires de cette recherche. Seront vérifiés, les niveaux de confort et de stress thermique, le niveau de prise de conscience et d'implication des différents acteurs face aux conséquences du changement climatique, les destinations touristiques et préférences selon les saisons et le type de climat, les stratégies d'adaptation et les conséquences économiques et sociales de celles-ci.

La mise en place d'un réseau de recherche sur l'adaptation des villes au changement climatique. Ce projet de recherche a pour objectif final de soutenir l'intégration des aspects liés au changement climatique dans la planification urbaine en Europe. Dans sa première phase, des questions de recherche seront formulées et des critères d'évaluation développés. Le réseau de recherche constitué par la Suède (coordinateur), l'Allemagne, les Pays Bas et l'Espagne s'appuiera sur un ensemble de quinze villes européennes (dont Barcelone, Delft, Hambourg et Troyes), avec pour chef de file, la ville de Stockholm.

ANNEXE 2 Les associations de villes à l'échelle internationale

Les associations de villes constituent des lieux privilégiés de lancement et de mise en œuvre de cette dynamique nouvelle intégrant la question du changement climatique dans la politique développement durable. Visant dans un premier temps la réduction des GES, ces associations se sont tournées vers les politiques d'atténuation. Ce n'est que tout récemment que certaines d'entre elles proposent et valorisent la mise en œuvre conjointe de politiques d'adaptation.

Le CCRE

Création-organisation.

Le Conseil des Communes d'Europe (CCE) a été fondé à Genève en 1951 par un groupe de maires européens, avant d'ouvrir ses rangs aux régions et devenir le **Conseil des Communes et Régions d'Europe** (CCRE).

Aujourd'hui, il constitue la plus grande organisation d'autorités locales et régionales en Europe; ses membres sont plus de 50 associations nationales de villes et régions de 38 pays, représentant environ 100.000 villes et régions.

Le budget annuel du CCRE s'élève à 2 millions d'Euros, provenant principalement de la cotisation des associations membres. La Commission européenne contribue au budget à hauteur d'un peu plus de 10% par le biais d'une subvention annuelle dans le cadre du programme sur la citoyenneté européenne active.

Le CCRE couvre un vaste champ d'activités tels les transports, la politique régionale, l'environnement, l'égalité des chances, la gouvernance... Ses commissions et groupes de travail cherchent à influencer la législation européenne pour faire en sorte que les intérêts et préoccupations des autorités locales et régionales soient pris en compte très en amont du processus législatif européen.

Le CCRE est à l'origine d'un réseau de jumelages unique en Europe (environ 26.000 jumelages entre villes européennes).

Champ d'activités.

Le CCRE a pour objectif, en particulier, de contribuer à influencer la législation, la politique et les bonnes pratiques dans le domaine du développement durable et du changement climatique

Sur la thématique développement durable, le CCRE participe activement depuis plus de dix ans à la campagne *Villes durables*, contribue au débat sur l'avenir de la stratégie de développement durable de l'Union Européenne (UE), participant aux activités intergouvernementales sur la mise en œuvre de l'agenda territorial de l'UE et de la Charte de Leipzig sur les villes européennes durables, et notamment à la préparation d'un Cadre de référence européen sur le développement urbain durable

Dans ce cadre de cet objectif, et suite à la réunion informelle des ministres pour le développement urbain à Tolède le 22 juin 2010, le CCRE participe à la mise au point d'un outil en ligne directement utilisable par les villes pour promouvoir leur développement durable ; cet outil sera testé dans son prototype par 50 à 70 villes européennes dans le cadre d'une phase-test co-pilotée par la France et la Commission Européenne.

Sur la thématique énergie et effets du changement climatique, le CCRE est partenaire de la Campagne Energie durable pour l'Europe et travaille en étroite collaboration avec la Commission européenne pour promouvoir les sources d'énergie durable et l'efficacité énergétique. Il suit la mise en œuvre du Livre blanc sur l'adaptation au changement climatique publié par la Commission européenne le 1^{er} avril 2009, exposant les mesures nécessaires pour renforcer la capacité de résilience de l'Union face au changement climatique, et participe aux événements et manifestations dans ce domaine, suite à la conférence des Nations Unies à Copenhague en décembre 2009.

La Convention des Maires

La Convention des Maires est une initiative de villes encouragée par la Commission européenne. Elle se situe en réponse à l'adoption par l'Union Européenne du paquet Energie-climat en 2008, à savoir les « 3x20 » (20% de réduction des émissions de CO₂, 20% de réduction de la consommation d'énergie, 20% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen). En Février 2009, 350 maires de villes européennes (dont Paris, Grenoble, Rennes, etc) signent ensemble la Convention des Maires au Parlement européen et à l'été 2010 presque 2000 maires se sont engagés dans la dynamique.

Cette initiative ambitieuse veut placer les villes européennes à l'avant-garde de la lutte contre le réchauffement climatique et encourager les signataires à s'engager officiellement à « dépasser les objectifs de l'Union européenne » en matière de réduction des émissions de CO₂ d'ici l'année 2020. Il s'agit pour ce faire d'un cadre exigeant, car l'adhésion à la Convention des maires est volontaire, mais une fois la charte adoptée, les villes signataires doivent mettre en place rapidement des actions concrètes et quantifiables. Par ailleurs elles peuvent se voir écartées de l'initiative en cas de non respect de certains points fondamentaux.

Ainsi leur est-il demandé :

- d'établir une base de référence relative à l'énergie consommée et produite sur leur territoire, ainsi que les émissions de CO₂ correspondantes et de définir des objectifs de réduction des émissions de CO₂ quantifiés, globaux et aussi par domaines.
- de préparer un Plan d'action en faveur de l'énergie durable à moyen terme, en collaboration avec les acteurs locaux et les citoyens, un an après la signature de la Convention et de présenter un premier rapport d'avancement dans les trois ans après la signature de la Convention.

La Commission européenne s'est engagée parallèlement à mettre à la disposition des villes signataires :

- un Secrétariat pour la promotion, la coordination et le soutien, notamment pour accompagner les plus petites villes (Energy-Cities en collaboration avec les réseaux européens Climate Alliance, Eurocities, CCRE et la Fédération européenne des agences régionales de l'énergie et de l'environnement).
- un site Internet, des outils et méthodes pour aider à la préparation et à l'harmonisation des bilans d'émissions et des plans d'action, ainsi que l'organisation d'événements qui donnent aux villes engagées une visibilité politique au niveau européen.
- des mécanismes de financement : Commission Européenne (dans le cadre du programme Intelligent Energie Europe), Banque européenne d'investissement, Fonds structurels, etc.

Energy Cities

Le réseau d' **ENERGY CITIES** est une association européenne des autorités locales qui compte 1000 membres d'une trentaine de pays, avec pour objectif le futur énergétique. Ce réseau est en outre chef de file d'un consortium, avec EUROCITIES, Climate Alliance, CCRE et la Fédération européenne des agences régionales de l'énergie et de l'environnement (FEDARENE), destiné à coordonner le Secrétariat de la **Convention des Maires**, lui assurant un soutien, participant à sa promotion et apportant conseil à ses membres.

IL offre son expérience au travers des initiatives d'excellence qui inspirent les actions des villes. Ainsi :

La campagne européenne Display incitant les municipalités européennes à afficher publiquement les performances énergétiques, en eau et en émission de gaz à effet de serre, de leurs bâtiments municipaux. Villes françaises participantes : Rennes, Rochefort.

« **IMAGINE** » initiative à long terme visant à diminuer la vulnérabilité énergétique des villes.

Ad Personam encourageant l'utilisation des transports publics dans les villes européennes de taille moyenne, avec 7 villes pilotes dans 7 pays européens différents. Co-financé par la Commission européenne dans le cadre du programme Energie Intelligente –

Europe, la ville de Besançon est participante.

REVE d'Avenir engageant 27 collectivités franco-suisse à relever le défi énergétique et climatique autour d'actions communes 3x20%. Villes françaises participantes : Annecy, Annemasse, Besançon, Montbéliard, Chamonix, Lons le Saunier, Chambéry, Chalon sur Saône, Dijon, Echirrolles, Besançon, Dole, Lyon, Grenoble, Montmélian, Mulhouse.

ENGAGE visant à soutenir directement la réalisation des objectifs du Paquet législatif européen Energie-Climat en encourageant les collectivités locales à communiquer sur les objectifs européens des « 3x20 » au niveau local et à mobiliser l'ensemble des parties prenantes (fonctionnaires, acteurs locaux et citoyens) autour de leur réalisation : 12 villes pionnières représentant 12 pays différents dont Rennes.

Le projet MODEL visant à aider les autorités locales à mieux prendre en compte les enjeux énergétiques par la mise en place de services ou de responsables "énergie" au sein des villes, la mise en œuvre de plans d'actions municipaux pluri-annuels, le financement de projets concrets et la diffusion à grande échelle d'information, de résultats, d'éléments méthodologiques et d'outils pratiques.

SESAC et STACCATO et ACT 2, dans le cadre de l'initiative CONCERTO menée par l'Union Européenne visant à promouvoir l'innovation technologique dans le domaine des énergies renouvelables ainsi que le concept d'efficacité énergétique et les systèmes de poly-génération dans le cadre de projets d'éco-bâtiments . Villes françaises participantes : Grenoble et Nantes.

BELIEF visant à promouvoir le concept de communauté énergétique durable à l'échelle européenne, par la mise en place de forums locaux pour l'Energie Intelligente dans 20 communes de 11 pays européens. Le projet vise à élaborer ensemble un Plan d'actions pour l'énergie durable en lien avec un plan d'investissements. Villes françaises participantes : Rennes et Dunkerque.

Euro Cities

Le réseau **EUROCITIES** fondé en 1986, regroupe plus de 130 grandes métropoles de plus de 250 000 habitants issues de 30 pays européens. EUROCITIES propose à ses membres une plateforme de travail pour échanger les idées et expériences, identifier les problèmes rencontrés, développer des solutions innovantes et monter des événements et des projets communs.

EUROCITIES veille aussi à ce que les questions urbaines et le rôle des villes soient inscrits à l'agenda politique de l'Union Européenne (ex : perspectives financières de l'Union, Livres vert et blanc sur le changement climatique, Agenda territorial...). Le réseau est actif sur l'ensemble des politiques publiques suivantes : développement économique et politique de cohésion, services publics, environnement, transport et mobilité, emploi et affaires sociales, culture, éducation, société de l'information et nouvelles technologies ainsi que gouvernance et coopération internationale. A travers ses 7 forums et leurs groupes de travail, EUROCITIES représente la voix des grandes villes européennes auprès des institutions communautaires. Parmi ceux-ci, citons le Forum sur l'Environnement et ses groupes de travail respectifs Efficacité énergétique, Qualité de l'air et Changement climatique. Le groupe Changement Climatique vise l'échange de savoirs-faire et de pratiques, et la mise en commun d'outils et de résultats de recherches, notamment en ce qui concerne l'adaptation aux effets du changement climatique.

A noter que 84 Maires des communes de toute l'Europe dont Bordeaux, Grenoble, Lille, Lyon, Marseille, Nancy, Nantes, Nice, Paris, Rennes, Saint Etienne, Strasbourg et Toulouse ont signé successivement depuis 2008 une déclaration commune soulignant le rôle déterminant des villes comme partenaires privilégiés en coopération avec les institutions européennes et les Etats membres et leur engagement à lutter contre les effets du changement climatique en mettant en œuvre dès maintenant et dans le long terme des politiques adaptées dans ce domaine.

C40 Cities

Le C40 Cities est un groupement de 40 capitales des cinq continents – dont Paris, Londres, Berlin, Madrid, Rome, Athènes et Varsovie, au titre de l'Union Européenne – mettant en commun leurs efforts pour lutter contre les effets du changement climatique. Créé en octobre 2005 à Londres, ce groupement initialement composé de 18 villes s'est très vite étoffé, bénéficiant dès Août 2006 du partenariat de la « Clinton Climate Initiative (CCI) dans le cadre d'une assistance financière et intellectuelle, pour l'ensemble des villes partenaires ou pour une ville particulière selon la demande, avec pour objectif commun la réduction des gaz à effet de serre et l'amélioration de l'efficacité énergétique des villes.

Dans le cadre de ce partenariat, le réseau C40 Cities offre ainsi aux villes membres un cadre de travail commun, un forum d'échanges et de partage d'idées, et propose des programmes d'action et des listes de cas et d'exemples à suivre, dans les domaines qui touchent aux problèmes urbains, la construction, l'énergie, les transports, l'éclairage, l'eau, les déchets et le recyclage. Ainsi, dans le cadre de l'adaptation au changement climatique, est proposée à la connaissance des membres les résultats d'une étude publiée par l'Académie des Sciences de la ville de New York « Climate change adaptation in New York City : building a risk management response » qui souligne les besoins d'adaptation à court terme de cette ville et identifie un programme d'actions et de bonnes pratiques.

Le réseau C40 Cities s'implique en outre à l'occasion de différents événements importants. Citons, en parallèle à la Conférence des Nations Unies sur le climat en Décembre 2009 à Copenhague, la tenue Sommet « Copenhagen Climate Summit of Mayors » qui a rassemblé les représentants de 80 villes du monde entier avec la présence de 55 Maires et pour lequel un message a été délivré aux chefs d'Etat « nous devons, nous pouvons et nous voulons ». Plus récemment, le C40 a organisé en 2010 deux « workshop », l'un à Berlin sur « les stratégies des villes résilientes », l'autre à Hong Kong sur « les villes à faible consommation de carbone et haute qualité de vie ». Le prochain congrès du C40 aura lieu à Sao Paulo en 2011.

Climate Alliance

Climate Alliance est un réseau européen d'autorités locales se souciant des questions climatiques mondiales et de leurs effets, avec une volonté effective d'agir en faveur de ceux-ci à travers des objectifs concrets, notamment par la réduction significative des émissions de CO₂ : 10% tous les cinq ans avec pour objectif d'atteindre en 2030 une baisse de moitié des émissions par rapport à 1990

Fondé en 1990, ce réseau regroupe plus de 1.500 communes et aires urbaines répartis dans 17 pays européens dont la France (quatre communes dont Nantes et Metz). Par ailleurs, plus de 50 régions et organisations non gouvernementales ont rejoint Climate Alliance comme membres associés.

Pour atteindre les objectifs climatiques retenus, notamment en matière de baisse des émissions de CO₂, les membres de Climate Alliance engagent des stratégies et actions dans les secteurs de la construction, des systèmes de transports et des formes de mobilité, de la planification urbaine (notamment dans le cadre des Agendas 21 locaux), ainsi que dans d'autres domaines comme l'agriculture, la forêt et le tourisme.

ICLEI

ICLEI - Local Governments for Sustainability - est une association internationale de collectivités locales et gouvernements locaux ou régionaux engagés dans une politique de développement durable. Fondée en 1990 à l'occasion du « Congrès mondial des autorités locales pour un avenir durable » rassemblant plus de 200 collectivités locales de 43 pays, l'organisation comprend aujourd'hui plus de 1118 collectivités locales et leurs associations, représentant plus de 300 millions de personnes dans 68 pays, ainsi que des membres associés tels des instituts de recherche, des organisations non gouvernementales ou des gouvernements d'Etats.

Grâce à ses programmes internationaux, ses campagnes et ses projets locaux, ICLEI aide les collectivités locales à prendre conscience de l'importance du développement durable et apporte

son savoir-faire à la mise en œuvre de projets concrets. ICLEI fournit ainsi l'information, offre la formation, organise des conférences, facilite le réseautage et les échanges de ville à ville, effectue des recherches et des projets pilotes, et offre des services techniques et de conseil, ainsi que des logiciels et outils pour aider les administrations locales à atteindre leurs objectifs de développement durable.

Grâce au travail effectué dans ce cadre, ainsi que la constitution de capacités de recherche interne s'appuyant sur des équipes pluridisciplinaires, ICLEI a acquis une expertise dans de nombreux domaines, tels l'Agenda 21 local, la participation du public et la bonne gouvernance, la protection du climat, l'efficacité énergétique, la gestion de l'eau, la gestion de la durabilité et l'approvisionnement durable. En 2002, par exemple, l'ICLEI a élaboré un programme de partenariat avec le Centre international pour le développement durable des villes, l'ONU-Habitat, et le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) sur la thématique « communautés résilientes et villes » afin d'élaborer une méthodologie pour la gestion de la résilience locale.

L'action de l'ICLEI dans le domaine du climat s'appuie notamment sur la campagne « Cities for Climate Protection » (CCP). Engagée pour la première fois en 1993 suite au sommet de Rio, et rapidement diffusée aux États-Unis, en Australie et en Europe, elle est devenue depuis lors un outil permettant la prise de conscience et le lancement d'actions concrètes en matière d'atténuation et d'adaptation en milieu urbain dans de nombreux pays en développement (Asie du Sud, en Amérique latine et en Afrique. La disponibilité d'outils logiciels de comptabilité et de contrôle des émissions de GES en milieu urbain, le renforcement des capacités et des activités de formation de ville à ville et le réseau de soutien à l'apprentissage sont l'appui logistique indispensable à la mise en place d'un plan d'action en cinq étapes dont s'engagent les villes adhérentes : mesure des émissions de gaz à effet de serre, engagement pour un objectif d'émission par rapport à une année de référence, plan d'action climat et mise en œuvre de celui-ci, surveillance des progrès acquis et évaluation des résultats.

Par ailleurs, L'ICLEI Europe s'est engagée dans le champ de l'adaptation des villes au changement climatique à partir de 2006.

Ses travaux sur cette thématique s'apprécient par :

- la constitution d'un groupe de travail rassemblant collectivités locales, chercheurs et praticiens, lieu d'informations, de débats et de partage d'idées sur les stratégies et mesures d'adaptation utiles pour les collectivités.
- l'organisation en mai 2010 du premier congrès « 2010 Resilient Cities ».
- sa contribution aux travaux du Comité des Régions sur les meilleures pratiques et outils d'adaptation mises en place dans 20 grandes villes et aires urbaines européennes. Un rapport publié en janvier 2011 doit identifier une panoplie d'actions et d'instruments et proposer des orientations et recommandations pour la mise en place d'une stratégie d'adaptation en milieu urbain.
- la collaboration avec l'Agence Européenne de L'Environnement d'un rapport prochainement publié (2011) sur les vulnérabilités au changement climatique, les indicateurs de vulnérabilité et les actions d'adaptation dans les villes et aires urbaines.
- la coordination du programme 2011-2013 « villes d'Asie, développement et adaptation au changement climatique » avec l'objectif d'améliorer la capacité de résilience des villes (Inde et Philippines) aux effets du changement climatique dans les domaines économiques, sociaux et environnementaux.

ICLEI Australie a par ailleurs mis au point un questionnaire aidant les collectivités locales dans leur démarche d'adaptation au changement climatique 'Local Government Climate Change Adaptation Toolkit'. Et ICLEI Amérique du Nord a collaboré au rapport 'Preparing for Climate Change: A Guidebook for Local, Regional and State Governments'⁴.

Enfin, ICLEI constitue le point focal des collectivités locales au secrétariat de la CCNUCC et est accrédité en qualité d'observateur au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

⁴ (<http://www.cses.washington.edu/db/pdf/snoveretalgb574.pdf>)

ANNEXE 3 Enquête auprès des Villes

Liste des personnes interviewées :

Villes françaises :

Virginie ADUBE (Agglomération de Montpellier)
Camille AUVRAY (Mairie de Montrouge)
Thomas BLAIS (ADEME)
Antoine CHARLOT (Comité 21)
Pierre CREPEAUX (Grand Lyon)
Benoit DAREM (Agglomération de l'Artois)
Yann FRANÇOISE (Ville de Paris)
Joël GARREAU (Nantes Métropole)
Sylvain GODINOT (Grand Lyon)
Alexia LESEUR (CDC Climat)
Thierry LAFONT (ADEME)
Julie LAULHERE (ADEME)
Jimmy MARY (Dunkerque)
Valéry MASSON (Grand Paris)
Nicolas MAT (Consultant)
Mlle MUNIAC (Ville du Port, La Réunion)
Bruno REBELLE (Consultant)
Bénédicte SALLE (Rouen Seine Aménagement)
Damien SAULNIER (Grand Lyon)

Villes internationales:

Anke ALTHOFF (Future Cities Project)
Joyce COFFEE (Ville de Chicago)
Mikaela ENGERT (Ville de Keene)
Stephen HAMMER (Columbia University)
Rachel JOUAN-DANIEL (Consultante)
Rhett LAMB (Ville de Keene)
David MACLEOD (Toronto Environment Office)
Anne MARIANI (Metropolitan Washington Council of Governments)
Daniel MORCHAIN (ICLEI's European Secretariat)
Alex NICKSON (Greater London Authority)
Julia PARZEN (Ville de Chicago)
Jennifer PENNEY (Clean Air Partnership)
Lalitha RAMACHANDRAN (Ville de Port Phillip)
Debra ROBERTS (Ville de Durban)
Fern UENNATORNWARANGGOON (Rockefeller Foundation)
Hans VAN AMMERS (Ville d'Arnhem, Pays-Bas)
Nick VAN BARNEVELD (Rotterdam Climate Proof)

ANNEXE 4 La concertation préparatoire au plan national d'adaptation au changement climatique

Le contexte

L'adaptation de notre territoire au changement climatique est devenue un enjeu majeur qui appelle une mobilisation nationale. Cette adaptation doit être envisagée comme un complément désormais indispensable aux actions d'atténuation déjà engagées.

Le rapport du groupe interministériel « impacts du changement climatique, coûts associés et pistes d'adaptation » qui a été rendu public en septembre 2009, donne des éléments montrant l'importance des impacts du changement climatique et des coûts ou des opportunités pour la France.

Ce rapport met en avant, à l'horizon 2050 et 2100 :

- des pertes pour le secteur agricole, à cause des épisodes de canicule et de sécheresse, qui annuleront l'effet positif de l'augmentation de productivité des plantes avec l'augmentation du CO₂ atmosphérique ;
- un manque de ressource en eau dans les zones déjà en situation difficile ;
- en Languedoc Roussillon, 140 000 logements et 10 000 entreprises qui seraient touchés par une élévation d'un mètre du niveau de la mer ;
- un patrimoine de routes nationales évalué à 2 milliards d'euros qui serait touché par une élévation d'un mètre du niveau de la mer ;
- une extension des zones touchées par le retrait-gonflement des argiles à cause des sécheresses amenant des dommages sur les habitations multipliant par 3 à 6 les coûts actuels de tels dégâts ;
- des gains en matière de consommation d'énergie bien que le développement de la climatisation soit un facteur limitant de ces gains.

La loi 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, prévoit, dans son article 42, qu'un plan national d'adaptation pour les différents secteurs d'activité devra être préparé au plus tard en 2011. Il rassemblera des orientations ambitieuses sur des sujets aussi divers que la lutte contre les inondations et l'adaptation des zones littorales, l'évolution des forêts, la question de l'eau et l'adaptation de l'économie.

Le Ministre d'Etat, ministre de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat a souhaité que l'élaboration du plan national d'adaptation fasse l'objet au préalable d'une vaste concertation qui s'est ouverte le 8 décembre 2009 avec le lancement des travaux par Chantal Jouanno, Secrétaire d'Etat à l'Ecologie.

La concertation engagée, placée sous la présidence de Paul Vergès, président de l'ONERC a pour but de :

- mobiliser l'ensemble des pouvoirs publics, des acteurs privés et de la société civile pour que l'adaptation soit reconnue au même titre que l'atténuation, et les sensibiliser aux défis qu'elle implique ;
- recueillir les avis et les recommandations pour la définition du plan national d'adaptation au changement climatique, prévu à l'article 42 de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

La phase nationale de la concertation

Elle était organisée sur la base des collèges du Grenelle Environnement - Elus et collectivités, Etat, Employeurs, Syndicats salariés, Associations - en trois groupes de travail qui traitaient :

- pour le groupe 1 - présidé par M. Michel Havard, député du Rhône -, de thèmes transversaux eau, biodiversité, santé, risques naturels) ;

- pour le groupe 2 - présidé par M. Jean Jouzel, climatologue et membre du GIEC -, de thèmes sectoriels agriculture/forêt/pêche, énergie, tourisme, infrastructures de transport, urbanisme et cadre bâti) ;
- pour le groupe 3 - présidé par M. Martial Saddier, député de Haute Savoie -, de la gouvernance, de la connaissance, de l'information/éducation et du financement.

Les groupes nationaux se sont réunis en séances plénières à quatre reprises entre janvier et mai.

Le rapport des groupes de travail a été remis à Chantal Jouanno le 15 juin au cours d'un atelier presse. Ce rapport comporte 202 propositions et il a été rendu public sur le site de l'ONERC.

Le rapport des groupes nationaux

Les recommandations communes :

Parmi les recommandations communes à tous les groupes, quatre actions en amont de la décision publique sont apparues prioritaires :

- améliorer les connaissances, ce qui suppose un effort dans les domaines de la recherche fondamentale et appliquée, notamment dans la connaissance des aléas, des méthodes d'évaluation des effets directs ou indirects, de la réduction de la vulnérabilité et de la résilience aux événements extrêmes ;
- renforcer l'observation à travers la collecte de données sur le long terme et leur mise à disposition à l'ensemble des acteurs et des territoires ;
- mettre en place des dispositifs et des méthodes d'évaluation afin de tirer tous les enseignements des épisodes passés qui pourraient préfigurer les évolutions climatiques futures (canicule, inondations, incendies, etc.) ;
- associer et faire participer les citoyens à l'élaboration de la décision et à sa mise en œuvre.

Pour mettre en œuvre la politique d'adaptation dans tous les domaines, les participants ont également souligné la nécessité :

- de fixer des valeurs de référence et des scénarios climatiques à prendre en compte (rôle de l'Etat), de manière à permettre aux acteurs de prendre des décisions lorsque celles-ci portent notamment sur des investissements de long terme (urbanisation, énergie, infrastructures, ou encore secteur forestier, par exemple)
- d'organiser rapidement une réflexion collective afin de définir la notion de risque acceptable, notion déterminante lorsqu'il s'agit par exemple de choisir entre une stratégie de protection et une stratégie de repli sur le littoral
- de mieux distinguer ce qui relève de la solidarité nationale, de ce qui relève de la responsabilisation des individus et des professionnels
- de mener, de manière expérimentale, des politiques prenant en compte l'adaptation dans des zones tests volontaires.

Un consensus s'est également dégagé pour souligner que si certaines mesures ne sont pas d'application immédiate, d'autres devront être prises dès maintenant, car elles se justifient quelle que soit l'ampleur du changement climatique. On qualifie ces mesures de « mesures sans regret ». Ainsi les décisions prises en matière d'urbanisme ayant des effets à long terme sur l'aménagement du territoire, l'intégration de la problématique de l'adaptation dans la politique menée en la matière doit être faite le plus tôt possible. Il en va de même des décisions en matière d'investissement pour des infrastructures.

La prise en compte rapide de l'adaptation au changement climatique vaut également pour les systèmes de prévention, de vigilance et d'alerte. Il sera également nécessaire de renforcer les synergies et la coordination entre ces divers systèmes. Dans l'exemple de la santé, si l'impact attendu du changement climatique ne justifie pas le développement de nouveaux dispositifs de surveillance, les dispositifs existants doivent être renforcés et pérennisés.

Au final, la politique d'adaptation passera davantage par l'intégration de l'adaptation dans les politiques actuelles que par la création d'une politique spécifique qui risquerait d'être incohérente. Les mesures adoptées devront viser à minimiser les financements additionnels nécessaires pour l'adaptation au changement climatique. Cela passera notamment par la prise en compte de l'adaptation dans les documents de planification et les choix d'investissement, le développement de l'information, de la formation et de l'expertise technique spécialisée.

Cette politique devra être construite à la fois à l'échelle nationale et à l'échelle territoriale. La dimension territoriale des impacts du changement climatique appelle en effet des solutions adaptées aux contextes locaux.

Mais cette politique d'adaptation ne saura être efficace sans l'implication des acteurs concernés et leur appropriation des mesures préconisées. Cela implique dès maintenant de renforcer les moyens de l'information du public. Il s'agit de faire partager les connaissances sur les risques dus aux impacts du changement climatique et de faire appréhender les mesures d'adaptation nécessaires. L'acceptation des décisions publiques constitue un facteur clé de réussite pour pouvoir agir dans le temps et en profondeur.

Les interactions entre les différentes thématiques :

A côté des recommandations spécifiques à chacun des groupes, les débats ont mis en exergue de nombreuses interactions entre les différentes thématiques. Celles-ci soulignent la nécessité d'envisager l'adaptation de manière transversale, pour éviter toute incohérence dans les stratégies adoptées. Les principales interactions mises en avant par les groupes sont les suivantes:

1-L'adaptation en zone littorale : à la croisée des risques côtiers, de l'urbanisme, du tourisme et de l'acceptation sociale

La hausse du niveau de la mer induite par le changement climatique entraînera des contraintes nouvelles pour différents secteurs, qui devront mettre en cohérence leurs stratégies d'adaptation. Sur l'ensemble des côtes basses, l'adaptation demande dès à présent que les constructions à durée de vie longue soient faites dans des espaces à l'abri des submersions marines, afin de ne pas augmenter la vulnérabilité des personnes, des biens et des activités économiques associées. Pour le patrimoine existant dans les zones basses, la hausse du niveau de la mer impliquera, à moyen terme, de faire des choix entre trois stratégies : la protection, le déplacement ou la gestion des perturbations temporaires. A court terme, une évaluation de l'efficacité des ouvrages de protection existants est également nécessaire, avec prise en compte du changement climatique. Ces différents aspects de l'adaptation en zone littorale se situent à la croisée des politiques d'aménagement urbanistique et de la gestion des risques aux personnes, aux biens et aux activités clés de ces territoires (en particulier le tourisme). Les choix auxquels les citoyens seront associés devront prendre en compte, au delà de la seule analyse socio-économique, l'acceptation du changement, son coût environnemental et les ressources financières disponibles. Le changement climatique pourrait améliorer le potentiel de certaines zones côtières et offrir des opportunités nouvelles pour des investisseurs de long terme.

2- La ressource en eau au cœur de nombreux enjeux : agriculture, énergie, transport, tourisme, biodiversité, etc.

La question de la ressource en eau est cruciale dans l'analyse des impacts du changement climatique et des réponses qui peuvent y être apportées. En effet, l'eau est au cœur de nombreux enjeux : agricoles (le manque d'eau estival conduit à des baisses de rendement des cultures), touristiques (via les impacts de la demande en eau potable des stations touristiques par exemple), énergétiques (de par la limitation de la production hydroélectrique et les contraintes de refroidissement de certaines centrales électriques), de transport fluvial et de biodiversité (via la dégradation des milieux).

Ainsi, il apparaît dès à présent nécessaire de promouvoir une stratégie concertée d'économies d'eau et d'optimisation de son usage, visant à limiter la pression sur la ressource et ainsi les situations de rareté, à prévenir les conflits par une gouvernance adaptée et à préserver les milieux aquatiques.

3- Préserver la biodiversité et son capital génétique pour l'adaptation

Le changement climatique sera un facteur aggravant des pressions existant sur la biodiversité. Or cette dernière constitue le principal capital génétique, source fondamentale d'éléments qui nous permettront, demain, de nous adapter et de tirer parti de la nouvelle donne climatique, par exemple en termes d'alimentation, de production de biomasse ou de santé.

Les efforts que nous fournissons pour maintenir et restaurer la biodiversité en contexte de changement climatique seront donc stratégiques pour l'agriculture, la sylviculture, la santé et le bien-être de demain.

4- La chaleur en ville et dans l'espace public : une préoccupation pour la santé, l'habitat, la ressource en eau, la biodiversité et l'énergie.

La hausse des températures, en particulier en été, dégradera le confort et la santé des personnes installées dans des bâtiments non adaptés. L'urbanisme et l'architecture auront leur rôle à jouer pour limiter ces effets, tout comme l'intégration de l'eau et de la nature en ville, qui réduira les besoins de refroidissement.

Il convient donc d'anticiper dès à présent l'adaptation de nos villes face au changement climatique, et de promouvoir des structures adaptées et adaptables aux variations climatiques, dans le cadre d'un développement toujours sobre en énergie, particulièrement en période chaude où son coût de production est plus élevé.

Une ville plus ouverte à l'eau et à la nature permettrait cumulativement le renforcement de la biodiversité urbaine et la continuité écologique, mais cette ouverture nécessiterait également une surveillance accrue, notamment de la qualité sanitaire des eaux de surface mobilisées.

5- L'absolue nécessité d'articuler politiques d'adaptation et d'atténuation

La politique d'atténuation déjà engagée vise à réduire nos émissions de gaz à effet de serre pour à terme stabiliser la hausse des températures.

La politique d'adaptation devra prendre en compte les orientations retenues dans la politique d'atténuation pour que la politique climatique globale de la France reste cohérente.

L'approche préconisée dans le rapport, qui est d'intégrer la politique d'adaptation dans les politiques existantes et de réviser cette politique périodiquement, s'inscrit dans cette recherche de cohérence, mais des arbitrages pourraient cependant être nécessaires. Ainsi la ville dense, favorable à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, devra prendre en compte le phénomène des îlots de chaleur. Un équilibre sera donc à trouver en optimisant les niveaux d'isolation thermique, la place des espaces verts ou des plans d'eau et la morphologie urbaine.

Les questions posées par le processus d'adaptation :

Le processus de concertation montre bien que l'adaptation au changement climatique soulève des questions fondamentales pour la société française et son organisation et c'est à l'ensemble de ces questions que devra répondre le Plan national d'adaptation :

- Comment aménager la ville de demain pour répondre à la fois au défi de l'atténuation et à celui de l'adaptation ?
- Comment adapter l'agriculture, non pas de manière globale et uniforme, mais au contraire en tenant compte des spécificités de chaque filière et des divers territoires de production ?
- Comment adapter l'économie des montagnes à un niveau d'enneigement réduit ?
- Comment prévenir et gérer au mieux les conflits d'usage de la ressource en eau ?
- Comment adapter les systèmes de vigilance, d'alerte et de santé à la nouvelle donne climatique ?
- Comment s'assurer de l'équité des mesures d'adaptation que nous choisirons ?
- Comment développer les capacités de la société à anticiper les opportunités et à faire face au changement climatique ?

Quelques mesures préconisées par les groupes de travail

Les recommandations élaborées par les groupes concernent principalement la métropole mais pourraient, pour la plupart, s'appliquer à l'Outre-mer. Il est à noter que certaines recommandations spécifiques à l'Outre-mer ont été proposées, notamment dans le cadre du groupe biodiversité.

Biodiversité : Expérimenter l'adaptation sur des territoires volontaires (recommandation 16)
Ressources en eau : Favoriser les économies d'eau dans tous les secteurs et par tous les usagers (recommandation 21)
Risques naturels : Développer des méthodes d'évaluation de l'impact et de l'efficacité des mesures de prévention que l'on envisage de prendre pour permettre une analyse coûts bénéfices (recommandation 33)
Santé : Faire évoluer les plans nationaux de prévention et de soins pour faire face aux conséquences sanitaires engendrées par les événements extrêmes (recommandation 80)
Agriculture : Orienter la recherche et le développement vers des systèmes agricoles plus adaptés au changement climatique (recommandation 85)
Energie : Garantir que les valeurs de référence utilisées dans les contrats de service public restent bien adaptées dans un contexte de changement climatique (recommandation 111)
Infrastructures : Passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien, l'exploitation et la sécurité des systèmes de transport (recommandation 116)
Tourisme : Etudier de façon prospective la transformation du tourisme face au changement climatique (recommandation 124)
Urbanisme : Prendre en compte les effets du changement climatique dans les documents d'urbanisme (recommandation 133)
Financement : Intégrer l'adaptation au changement climatique dans les critères d'éligibilité des investissements à des financements publics et privés, afin d'exclure les projets « mal-adaptés » (recommandation 139)
Gouvernance : Mener une réflexion sur les conditions de l'acceptabilité par la population des décisions sur l'adaptation (recommandation 158)
Information : Définir une stratégie de communication sur l'adaptation en direction du public, en liaison avec des professionnels du secteur (recommandation 167)
Recherche : Créer une Fondation pour la recherche sur l'adaptation en lien avec le volet climat de l'alliance ALLENI et sur le modèle de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (recommandation 188)

Conscients des enjeux fondamentaux que représente le changement climatique pour les territoires ultramarins, les groupes ont, en outre, exprimé une forte attente à l'égard des résultats de la concertation menée dans les régions d'Outre-mer, permettant de compléter leurs propositions. Enfin, la consultation du public et des régions, faisant suite à ce travail, s'inscrit pleinement dans une volonté générale d'associer les citoyens et les territoires à la définition de cette politique d'adaptation.

La concertation en Outre-mer

Parallèlement à la concertation nationale, des concertations ont eu lieu dans les 4 régions d'Outre-mer. Chaque région a été libre du format d'organisation de sa concertation. Les rapports transmis à la fin du mois de juin à la Secrétaire d'Etat chargée de l'Ecologie se sont en particulier appuyés sur les réunions suivantes organisées par les Préfectures, les services de l'Etat en Région et certains Conseils Régionaux le cas échéant :

- Guadeloupe : deux rencontres les 17 mai et 14 juin ;
- Guyane : une rencontre le 29 juin ;
- Martinique : une rencontre le 29 juin ;
- La Réunion : deux rencontres les 27 mai et 18 juin.

Remarques générales formulées par la concertation en régions d'Outre-Mer

Comme la France métropolitaine, les régions d'Outre-Mer seront concernées par l'évolution du climat : hausse des températures, perturbation du régime des précipitations, etc. Néanmoins, leur localisation géographique, leur climat très différent de la zone métropolitaine et leurs particularités géomorphologiques induiront un changement climatique très différent de celui de la métropole. Cette évolution du climat couplée aux particularités socio-économiques font que les impacts du

changement climatique et les mesures d'adaptation à envisager pourront être très différenciées de celles de la métropole.

Les régions d'Outre-Mer ont de plus une vulnérabilité spécifique du fait que les zones côtières sont les principales zones d'habitation et d'implantation économique : les évolutions futures du niveau de la mer de plusieurs dizaines de centimètres et les phénomènes d'érosion/sédimentation pourraient affecter ces zones, concentrant de forts enjeux. La géographie de ces espaces et la pression foncière existante rendent des plus délicates les options de repli stratégique : les reliefs des zones insulaires ou les massifs forestiers font qu'il existe aujourd'hui peu d'espace « disponible ».

Les régions d'Outre-Mer sont par ailleurs exposées au risque de tempêtes tropicales. Les projections climatiques sur ce type de phénomènes extrêmes sont encore incertaines. Cependant, plusieurs études projettent une hausse de leur intensité en lien avec le changement climatique mais également une diminution de leur fréquence. Ces tendances sont à prendre avec précaution mais incitent à ne pas sous estimer le phénomène.

Il ressort de l'ensemble des contributions les éléments généraux suivants

La plupart des recommandations formulées par les groupes de travail nationaux recouvrent des besoins d'adaptation en Outre-Mer. Certaines mesures nécessiteraient cependant une adaptation quant à leur mise en œuvre et déclinaison en Outre-Mer : des compléments ont été ainsi formulés et sont explicités ci-après.

Certains besoins particuliers en terme d'adaptation débouchent sur des recommandations complémentaires à celles des groupes nationaux.

Il a été souligné lors des débats que de nombreuses propositions pertinentes d'adaptation nécessiteront, pour leur déclinaison en Outre-Mer, une phase d'approfondissement technique préalable (cas notamment de la connaissance des scénarios climatiques futurs, des fonctionnements hydrologiques, etc.).

Enfin, toutes les régions ont soutenu et insisté sur les propositions visant à renforcer la communication et la sensibilisation sur le changement climatique, ses effets et ses conséquences. A l'image de la concertation nationale, un fort besoin a été identifié à destination du public et des décideurs.

Liste des recommandations nouvelles proposées par l'Outre-mer

Recommandation générale : Prendre systématiquement en compte les hypothèses du GIEC en terme de remontée du niveau de la mer lors des choix d'investissements en zone côtière ou vulnérable à la remontée du niveau de la mer.

Ressources en Eau : Réaliser un diagnostic de vulnérabilité des systèmes d'évacuation des eaux usées à la remontée du niveau de la mer et identifier des moyens d'adaptation.

Energie :

- Inciter au remplacement des climatiseurs trop énergétivores par des climatisations très performantes.
- Réduire la vulnérabilité aux extrêmes climatiques en développant l'interconnexion électrique entre la Martinique, la Dominique et la Guadeloupe.
- Mettre à disposition des scénarios d'évolution des gisements d'énergies renouvelables en lien avec le changement climatique (vent, ensoleillement, etc.) pour les intégrer aux études des dossiers d'implantation des unités de production.

Tourisme : Evaluer les implications du changement climatique pour le tourisme vert, en particulier pour le tourisme en zone forestière.

Recherche

- Développer et mettre à disposition des projections climatiques régionalisées qui puissent servir d'outil aux études de vulnérabilité et à la prise de décision.

- Développer les connaissances « eau et changement climatique à l'Outre-Mer » : hydrologie de surface et souterraine (y compris aquifères côtiers), modélisations d'écoulement dans les bassins versants, dynamiques d'érosion/sédimentation littorale, comportement des biseaux salés et cartographie des zones vulnérables à la remontée du niveau de la mer.
- Créer un centre expérimental sur l'évaluation des connaissances et la valorisation des pratiques d'adaptation au changement climatique en Outre-Mer

Les dernières étapes

En septembre-octobre, les rapports des groupes de travail nationaux et Outre-mer ont été soumis à une consultation en région, suivant le principe ci dessous :

- regroupement à Lille pour le Nord Ouest : Basse Normandie, Haute Normandie, Nord-Pas-de-Calais et Picardie
- regroupement à Nantes pour l'Ouest : Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes
- regroupement à Strasbourg pour l'Est : Alsace, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Lorraine et Franche-Comté
- regroupement à Toulouse pour le Sud Ouest : Aquitaine, Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées
- regroupement à Clermont Ferrand pour le Centre : Auvergne, Limousin et Centre
- regroupement à Paris pour l'Ile de France : Région Ile-de-France
- regroupement à Lyon pour le sud-est : Corse, Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Rhône-Alpes

Du 13 septembre au 15 octobre, l'avis du public a été sollicité par l'intermédiaire d'une consultation électronique sur internet. Plus de 4000 personnes ont répondu à cette consultation, montrant l'intérêt des Français pour ces travaux.

Enfin, en novembre, une table ronde finale sera organisée pour faire la synthèse des propositions et remarques reçues.

Suite à la remise du rapport des groupes nationaux, la Secrétaire d'Etat à l'Ecologie a d'ores et déjà mandaté deux missions exploratoires. La première, dont est chargé Jean Jouzel, vice-président du groupe 1 du GIEC, vise à

- définir des critères de choix des projections climatiques à utiliser pour la définition d'un scénario climatique en cohérence avec les travaux du GIEC ;
- proposer plusieurs scénarios climatiques permettant de couvrir un éventail de futurs possibles avec au moins une option dite optimiste, et une option dite pessimiste toujours en cohérence avec les travaux du GIEC ;
- définir la période climatique de référence à utiliser pour estimer l'évolution climatique à venir.

La deuxième mission est confiée à Alain Grimfeld, président du Comité de la Prévention et de la Précaution, pour réfléchir

- sur la définition du niveau de risque acceptable dans les différents domaines abordés lors de la concertation sur l'adaptation au changement climatique : risques naturels et aménagement du territoire, énergie, infrastructures de transport, etc.
- sur le processus de gouvernance accompagnant cette définition

Les éléments recueillis au cours de cette concertation fourniront la matière pour l'élaboration du plan national d'adaptation qui, conformément à la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, devra être adopté en 2011.

ANNEXE 5 Les activités de l'Observatoire en 2009 et 2010

Deux événements majeurs ont marqué l'activité de l'ONERC. Le premier concerne l'international puisqu'il s'agit de la conférence des Parties à la convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique qui s'est tenue à Copenhague à la fin du mois de décembre. Le deuxième est de niveau national avec le lancement, le 8 décembre par la secrétaire d'Etat à l'écologie, de la concertation nationale préparatoire à l'élaboration du plan national d'adaptation.

Événement majeur du calendrier international, la conférence de Copenhague a été précédée de plusieurs réunions de travail et elle a donné lieu à une couverture médiatique considérable. L'ONERC y était représenté par son président, Paul Vergès, son directeur, Pierre-Franck Chevet et son secrétaire général Nicolas Bériot.

La concertation préparatoire à l'élaboration du plan national d'adaptation, lancée par Chantal Jouanno, a été placée sous la présidence de Paul Vergès. L'Observatoire et la Direction Générale de l'Energie et du Climat à laquelle il est rattaché en assurent le secrétariat et l'animation. Les travaux s'échelonnent sur une grande partie de l'année 2010.

Mise en œuvre du réseau de correspondants et base de données

Le réseau de correspondants et la base de données permettent de rassembler, d'interpréter et de présenter les informations relatives aux impacts déjà observés et possibles dans le futur, afin de les porter à la connaissance des décideurs, des collectivités locales et du public. L'ONERC s'appuie sur un partenaire extérieur, le bureau Atema Conseil associé à Thalix, à Météo-France et au GIP Ecofor, pour assurer l'appui technique à l'animation de ce réseau en 2011.

Indicateurs de changements observés

Les indicateurs sont constitués avec les organismes scientifiques et opérationnels concernés, et sont présentés sur le site Internet de l'ONERC : <http://onerc.gouv.fr>.

Un indicateur sur le niveau global des océans a été rajouté cette année aux 24 indicateurs présentés sur le site de l'ONERC à la date de la rédaction de ce document.

En 2010, une mise à jour des indicateurs a été effectuée.

Séminaire technique « Les Régions françaises et la recherche sur le changement climatique »

Parallèlement au plan national, une action territoriale est attendue au travers des futurs Schémas régionaux climat air énergie créés par la loi du 12 juillet 2010, portant engagement national pour l'environnement, des Plans climat-énergie qui devront être établis par les départements, communautés urbaines, communautés d'agglomérations, communes et communautés de communes de plus de 50 000 habitants avant 2012.

L'objectif de ce séminaire était de faciliter les échanges entre les Régions et le monde de la Recherche.

Trois temps forts ont marqué ce séminaire :

- 1- Les actions de recherche sur le changement climatique ;
- 2- Les actions des régions en matière d'adaptation ;
- 3- Dialogue et échanges entre les participants.

Il faut noter une forte participation des services techniques des conseils régionaux et des DREAL à ce séminaire.

Bibliographie

La bibliographie sur l'effet de serre disponible sur le site public a été complétée par les références recueillies dans le cadre du travail du groupe interministériel sur les impacts et les coûts associés ainsi que des bibliographies proposées par les correspondants de l'ONERC sur les indicateurs. Cette bibliographie comprend désormais près de 800 références.

Simulateur de climat

Le site de l'ONERC dispose d'un simulateur de climat qui présente de façon interactive ce que pourrait être le climat de la France sur la deuxième moitié de notre siècle. Les modèles climatiques ne permettent pas réellement de prévoir le temps qu'il fera pour une année particulière mais la vocation de cet outil est de sensibiliser le public et son intérêt pédagogique est avéré. La consultation de ces pages du site internet se maintient depuis plusieurs années.

Accès au site indicateurs/bibliographie et simulation

Le site internet géré par Thalix pour l'ONERC permet de mettre à disposition les indicateurs du climat, la bibliographie et le simulateur de climat. Il est accessible via le site www.onerc.gouv.fr par la rubrique « données essentielles ».

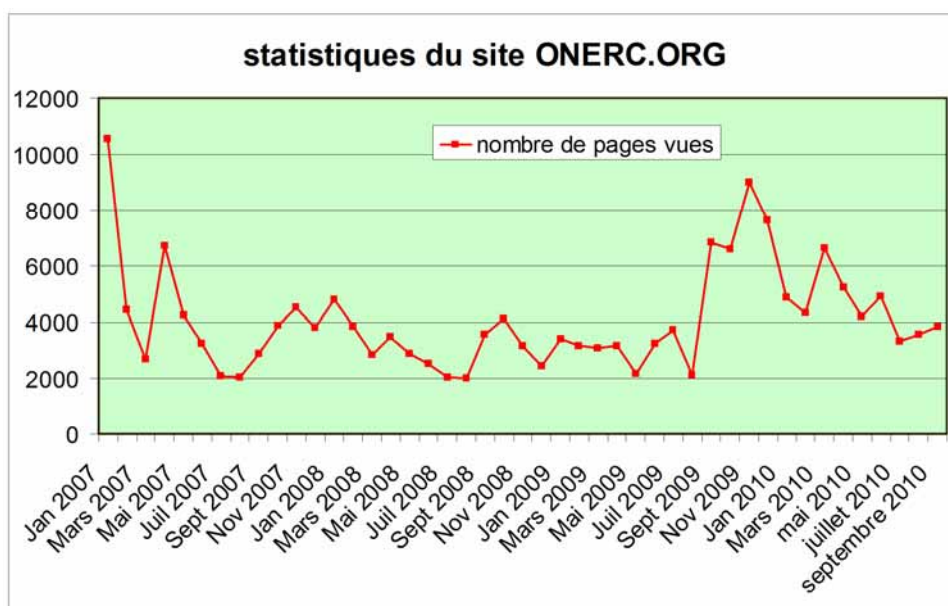


Figure 33 : nombre de pages visitées

On peut remarquer une nette augmentation de la fréquentation du site depuis la publication du rapport du groupe interministériel en septembre puis du rapport de l'ONERC. Cette fréquentation reste soutenue au début de l'année 2010.

Information des décideurs et du public

Publications

L'ONERC a publié son troisième rapport au Premier ministre et au Parlement, rapport qui a été remis par le président Paul Vergès au ministre d'Etat, Jean Louis Borloo le 25 novembre 2009.

Ce troisième rapport présente les principaux résultats du groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France » et une comparaison des stratégies d'adaptation en Europe.

Ce rapport a soulevé un grand intérêt de la part des médias et l'ONERC a été très sollicité dans les mois suivants tant par les médias audio-visuels que par la presse écrite.

Exposition itinérante

Le programme des présentations de l'exposition itinérante de l'ONERC, qui est constituée de 13 panneaux autoportants présentant les conséquences du changement climatique, est donné ci-après. Le taux de circulation de l'exposition est très satisfaisant. Une stratégie de diffusion – mailing d'information ciblé et encart dans la Lettre trimestrielle de l'ONERC n°1 - a permis de tripler le taux d'utilisation par rapport à 2008.

Structure	Type	Evènement
Eko Actions	Association	Salon "Vivre au naturel"
DREAL Limousin	DREAL	Exposition interne
Ville de Calais	Collectivité	Journées de l'environnement
Ville de Saint-Quay-Portrieux	Collectivité	Les Océaniques
Association ADEE (EIE)	Association	Diffusion
DREAL Aquitaine	DREAL	Exposition interne
DREAL Limousin	DREAL	Semaine du DD
Ville de Créteil	Collectivité	Semaine du DD
Grand Agglomération Roanne	Collectivité	Semaine du DD
Association Mission Planète Terre	Association	Intervention : collégiens/écoliers - Garges Lès Gonesse
Chambéry métropole	Collectivité	Forum climat
Agence d'urbanisme de la région stéphanoise	Association	Exposition interne
Eure Solaire / Agence locale de l'énergie et de l'environnement	Association	Sensibilisation étudiant IUT Evreux par agence locale de l'énergie et de l'environnement
Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis	Collectivité	Ouverture d'un EIE
Pays de Morlaix	Syndicat mixte	Journées d'échanges
Bureau de Jérôme BIGNON	Collectivité	Exposition dans les médiathèques de la circonscription
ADEME Rhône-Alpes	EPIC	Exposition interne
Syndicat Mixte du Pays Barrois	Syndicat mixte	Journées du bois
Ville de Paris	Collectivité	2e Journées parisiennes de l'énergie et du climat
Communauté de Communes du Castelbriantais	Collectivité	Exposition interne
Véolia Transport	Entreprise	Exposition à la mairie d'Epernay
Véolia Transport	Entreprise	Exposition à la mairie de Saint Dizier
Véolia Transport	Entreprise	Exposition au festival de géographie de Saint Dié
Véolia Transport	Entreprise	Exposition à la mairie de Luneville
Véolia Transport	Entreprise	Exposition à la mairie de Chaumont
Véolia Transport	Entreprise	Exposition à la mairie de Saint Avold

Lettre trimestrielle de l'ONERC



Demandée par les conseils d'orientation de 2007 et 2008, cette lettre a été mise en place en 2009 avec l'appui de l'agence ID Communes. Un comité éditorial a défini la trame éditoriale de cette lettre.

En page 1 : éditorial du président et article d'actualité présentant la problématique traitée dans le numéro

En page 2 : la parole est donnée à un membre du conseil d'orientation

En page 3 : on trouve une interview d'une personnalité

La page 4 est réservée à des témoignages d'acteurs locaux.

Trois numéros ont été publiés en 2009 dont, en septembre un numéro centré sur la mer et en décembre

sur les négociations de Copenhague et quatre numéros en 2010, centrés sur le plan national d'adaptation, l'agriculture, la biodiversité et la ville..

La lettre est envoyée à près de 7000 correspondants, élus nationaux, Conseils régionaux, Conseils généraux, et établissements publics de coopération intercommunaux.

figure 35 lettre de l'ONERC n°5

Site internet

Le site internet de l'ONERC est intégré à la rubrique DGEC du site du MEEDDM. Ce site a été totalement reconstruit au début de l'année 2010.

Il présente

l'ONERC et ses missions

des informations générales sur le GIEC, avec en particulier son mode de fonctionnement et l'appel à auteurs pour le prochain rapport ;

une rubrique importante sur l'adaptation (principes généraux, la stratégie nationale la concertation sur l'adaptation) ;

les publications de l'ONERC dont les rapports et la lettre trimestrielle ;

des exemples d'actions ou d'études entreprises dans les régions françaises.

Les statistiques de consultation donnent :

Mars	3230 visites
Avril	1855 visites
Mai	1731 visites
Juin	2538 visites

Actions vers les collectivités et les agents économiques

Dans la mesure de ses moyens, l'ONERC accompagne le développement d'actions au niveau local. Cela passe par une diffusion de l'information sur le changement climatique, ses impacts et l'adaptation à ses effets, par la mise à disposition de son exposition itinérante, par la participation à des débats, colloques ou réunions d'information en région. La rubrique « initiatives locales » du site internet présente des exemples d'actions locales en matière d'adaptation.

Le club ViTeCC

Le club ViTeCC (« Villes, territoires et changement climatique ») a été lancé en 2008 à l'initiative de la Mission Climat de la Caisse des Dépôts et Consignations (CDC), à la suite du colloque sur l'adaptation au changement climatique tenu en présence du Dr Pachauri⁵. L'ONERC est un des cofondateurs du club, aux côtés de la CDC et de Météo-France, et y représente le MEEDDM. Le club ViTeCC réunit aujourd'hui plus de 25 collectivités, locales et régionales, et entreprises de services..

5 Président du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) qui a obtenu le Prix Nobel de la Paix en 2007 avec Al Gore.



Quatre réunions se sont tenues fin 2009 et début 2010:
 le 19 octobre 2009 à Paris : « Adaptation, Transport et Climat à l'échelle du territoire »
 le 22 janvier 2010 : « Financement et Gestion des Infrastructures & Bilan des Négociations de Copenhague ».
 le 1 avril à Paris « taxe carbone, adaptation et inventaire des GES »
 le 1 juillet à Paris « Accès des villes à la finance carbone Événements extrêmes & Gestion des risques météorologiques »

L'ONERC participe à l'animation du club par des articles pour les documents distribués aux participants et des interventions en séance.

figure 36 dossier n°8 du club ViTeCC

Activités internationales

Dans ce domaine, les activités les plus marquantes ont été le suivi des activités du GIEC, et le soutien aux activités d'adaptation au changement climatique dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien.

Participation aux travaux du GIEC

L'ONERC est associé aux travaux du GIEC, en tant que point focal du gouvernement français. Au côté de Jean Jouzel qui siège au Bureau en tant que vice-président du Groupe de travail n°1, le secrétaire-général siège en tant que représentant du Gouvernement.

Le secrétaire-général a participé aux réunions du Bureau de septembre 2009 et mai 2010.

La délégation française à l'Assemblée plénière du GIEC en octobre 2009 à Bali comprenait 4 personnes et était pilotée par le secrétaire-général de l'ONERC. La délégation française a lancé une invitation pour accueillir la deuxième réunion des auteurs du Groupe 1 en juillet 2011 en France.

Participation à la 3ème Conférence Mondiale sur le Climat

Le secrétaire-général de l'ONERC a assisté à la conférence WCC3 à Genève du 31 août au 4 septembre 2009. Cette conférence a lancé les travaux de réflexion sur le futur Cadre global pour la fourniture de services d'information climatique, qui pourrait faire l'objet d'une décision du Congrès de l'OMM en mai 2011, et devrait jouer un rôle important dans les activités d'adaptation au cours des prochaines décennies.

Participation aux travaux de la CCNUCC

L'ONERC contribue aux travaux de la CCNUCC, au sein de l'équipe française de négociation. Il a participé aux réunions des organes subsidiaires à Bangkok en octobre 2009 et à Barcelone en novembre, puis à la Conférence des Parties à la Convention à Copenhague au mois de décembre. En 2010 la première réunion s'est tenue à Bonn en juin 2010.

Au sein de l'équipe française de négociation, l'ONERC apporte son expertise dans les matières scientifiques – recherche et systèmes d'observation, métriques communes, relations avec le GIEC - et pour l'adaptation.

Au niveau européen existent des groupes d'experts au service de la préparation des positions de négociation. L'ONERC envoie un représentant dans le groupe EGSCI (questions scientifiques) et un représentant au groupe EGAD (adaptation). Entre les rendez-vous de la CCNUCC, ces groupes EGSCI et EGAD se réunissent environ une fois par mois, à Bruxelles ou dans le pays assurant la présidence européenne.

L'ONERC a également suivi la mise en œuvre du « programme de travail de Nairobi sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation », qui vise à définir une vision partagée des aspects scientifiques et techniques sur ce sujet. Les objectifs de ce programme de 5 ans (2005-2010) sont d'aider tous les pays à évaluer les impacts du changement climatique et à prendre des décisions adéquates sur des actions et des mesures pratiques d'adaptation. Il s'agit d'un cadre international mis en application par les Parties, les organisations non gouvernementales, intergouvernementales, le secteur privé et les collectivités. On peut trouver sur le site Internet de la

CCNUCC (www.unfccc.int) des informations complémentaires sur ce programme et ses résultats, et notamment le « Compendium sur les méthodes et outils ».

L'Accord de Copenhague mentionne à plusieurs reprises les besoins d'adaptation, notamment pour les pays les moins développés, les petits états insulaires, et l'Afrique. Le financement dit « fast-start » de 30 milliards USD sur 2010-2012 doit servir autant aux actions d'atténuation qu'aux actions d'adaptation.

Participation aux travaux sur l'adaptation en Europe

L'Union européenne a publié son Livre blanc sur l'adaptation en avril 2009. L'approche proposée par le Livre Blanc se déroulera en deux phases. L'objectif de la première phase, jusqu'en 2012, est de mieux comprendre les effets du changement climatique et d'examiner les mesures d'adaptation envisageables ainsi que la façon d'intégrer l'adaptation dans les principales politiques communautaires. La Commission envisage ainsi de mettre en œuvre d'ici 2011 un centre d'échange d'informations sur les effets du changement climatique. La deuxième phase consisterait à élaborer pour 2013 une stratégie communautaire complète d'adaptation au changement climatique.

L'ONERC a participé à la définition de la réaction française sur ce document et à deux réunions de travail à Bruxelles.

L'ONERC travaille en liaison avec la Direction des Affaires Européennes et Internationales du MEEDDM et participe à la rédaction d'avis ou de positions de la France sur les documents Européens.

Projet sur l'adaptation dans l'Océan indien

Ce projet de coopération a été préparé en lien avec le ministère des affaires étrangères et européennes (MAEE), la Région Réunion, l'Agence française du développement (AFD), et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), et ses objectifs ont déjà été présentés en détail dans le cadre du 6^{ème} Conseil d'orientation. Il fait suite à deux décisions des États de la Commission de l'Océan Indien (COI : Comores, France, Madagascar, Maurice, Seychelles) qui ont été prises en 2005. Son objectif global est de renforcer la coopération régionale des pays membres de la COI sur les effets des changements climatiques, la vulnérabilité et l'adaptation. Cette coopération traitera des aspects scientifiques, économiques, techniques et institutionnels.

Le Comité de Pilotage du FFEM a approuvé le projet en 2007, pour un montant de 1 million d'euros, pour un coût total de 3,625 millions d'euros. Un assistant technique a été recruté par le MAEE pour sa mise en œuvre, qui est installé à Maurice dans les locaux de la COI depuis le mois de septembre 2008. La première réunion des parties prenantes du projet s'est tenue les 24 et 25 février 2009 afin d'en établir le programme de travail détaillé. La deuxième réunion du comité de pilotage a eu lieu les 29 et 30 avril 2010.

Autres actions de coopération internationale

L'ONERC a réalisé en juillet 2010 une mission d'une semaine à la demande du gouvernement Mauricien, grâce au support de l'Agence Française de Développement, afin d'aider à la mise en place du programme d'activité de la cellule changement climatique du nouveau ministère de l'écologie et du développement durable. Cette mission a permis de rencontrer le ministre de l'environnement et du développement durable et la plupart des ministères concernés par l'adaptation.

A la demande du Président du Syndicat pour la Promotion des Communes de la Polynésie Française et du Sénateur Richard Tuheiava, le Cabinet de Mme Jouanno a délégué le secrétaire Général de l'ONERC pour représenter le MEEDDM au XXII^{ème} Congrès des Communes de Polynésie du 2 au 6 août 2010, dont le thème était 'Les communes face au changement' et qui incluait un volet sur le changement climatique. A l'issue de ce congrès, une Déclaration des communes de la Polynésie française sur le changement climatique a été adoptée, montrant l'inquiétude et la volonté de ces élus de prendre en compte la lutte contre l'effet de serre et l'adaptation au changement climatique pour le développement durable de nos communes.

Divers

Participation à l'IFRECOR (Initiative Française pour les REcifs CORalliens)

L'ONERC participe aux travaux de l'IFRECOR dans le cadre du thème d'intérêt transversal (TIT) « changement climatique ». Le but principal de ce TIT est de créer des observatoires des coraux dans tous les territoires concernés. L'ONERC a participé à la définition d'indicateurs permettant de mettre en évidence les impacts du changement climatique sur les coraux et leur environnement. L'ONERC a été sollicité pour piloter un nouveau TIT sur l'adaptation au changement climatique dont l'objectif est de faire prendre en compte la problématique des récifs coralliens dans tous les exercices de planification de l'adaptation au changement climatique qui seront mis en place dans les Régions et Collectivités d'Outre-mer.

Autres activités

L'ONERC participe à différents groupes de travail scientifiques en France. On mentionnera principalement le Conseil d'orientation du programme Gestion des impacts du changement climatique (GICC) du MEEDDM.

ANNEXE 6 Bibliographie

Toutes les références sur internet ont été consultées en juillet 2010

Chapitre 1

- Angel S., Sheppard S. C., Civco D. L., Buckley R., Chabaeva A., Gitlin L., Kraley A., Parent J., and Perlin M.,** «*The dynamics of global urban expansion*» Transport and Urban Development Department, The World Bank 1, n°. 2, 2005, 3.
- Baccaïni B.,** «*Les flux migratoires interrégionaux en France depuis 50 ans.* » Population 62 2007, p. 143–160.
- Baccaïni B. Sémécurbe F.,** «*La croissance périurbaine depuis 45 ans - Extension et densification.*» Insee Première 1240, 2009, p. 4.
- Bessy-Pietri P.,** «*Les formes récentes de la croissance urbaine.*», Économie et statistique 336, n°. 6 2000, p. 35–52.
- Bulkeley H., Betsill M., et Betsill M.,** *Cities and climate change: urban sustainability and global environmental governance.* Routledge. 2005
- Burby R. J, Nelson A. C., Parker D., and Handmer J.,** «*Urban Containment Policy and Exposure to Natural Hazards: Is There a Connection?*.» Journal of Environmental Planning and Management 44, n°. 4, 2001, p. 475–490.
- Burby R.J., Birch E. L., and Wachter S. M.,** «*The problems of containment and the promise of planning..*» In Rebuilding urban places after disaster: lessons from Hurricane Katrina. University of Pennsylvania Press, 2006.
- CGEDD (Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable),** Veille Météo et Climat, n°35, Août 2010.
- Clark J. R.,** Coastal Zone Management Handbook. 1st ed. CRC-Press, 1996.
- Coutellier A.,** «*L'artificialisation s'étend sur tout le territoire.*» Les données de l'environnement, IFEN, n°. 80, 2003, p. 1–4.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Emergency Events Database, <<http://www.emdat.be/>>
- Dubois G., and Ceron J.,** «*Adaptation au changement climatique et développement durable du tourisme.*» Paris, Ministère délégué au tourisme. Direction du Tourisme, 2006.
- Ducharne A, Théry S., Viennot P., Ledoux E., Gomez E., Déqué.M.,** «*Influence du changement climatique sur l'hydrologie du bassin de la Seine.*» Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, n°. 4. Volume 4 Numéro 3, Décembre 2003. <<http://vertigo.revues.org/3845>>.
- Duranton G., et Puga D.,** «*Micro-foundations of urban agglomeration economies.*» Dans , 4:2063-2117. Handbook of Regional and Urban Economics. Elsevier, 2004.
- Fanouillet J. C., and Madinier C.,** «*L'extension des villes de 1936 à 1990.*» Insee Première 451, 1996, p. 4.
- Füssel H. M.,** «*Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research.*» Global Environmental Change 17, n°. 2, Mai 2007, p. 155-167.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC),** Climate change 2007: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. <<http://www.ipc.ch/>>
- Gill S. E., Handley J. F., Ennos A. R., et Pauleit S.,** *Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure.* Built environment 33, n°. 1, 2007, p. 115–133.
- Greater London Authority,** «*The London climate change adaptation strategy,*» 2008. <<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/c40/c40tokyo/pdf/session1/london.pdf>>.
- Hallegatte S., Hourcade J-C., Ambrosi P.,** *Using Climate Analogues for Assessing Climate Change Economic Impacts in Urban Areas,* Climatic Change 82 (1-2), 2007, p. 47-60
- Hallegatte S.,** «*An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the economic cost of Katrina.*» Risk Analysis 28, n°. 3, 2008, p. 779–799.

Hallegatte S., «Challenges ahead: risk management and cost-benefit analysis in a climate change context», in «The Economic Impact of Natural Disaster, D.» EarthScan, pending publication, 2010.

Hallegatte S., Henriet F., and Corfee-Morlot J., *The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale: A Conceptual Framework*. OECD Environment Working Paper 4, ENV/WKP, 2008. Paris: OECD. 2008

Hallegatte S., Patmore N., Mestre O., Dumas P., Corfee Morlot J., Herweijer C., Muir Wood R., *Assessing Climate Change Impacts, Sea Level Rise and Storm Surge Risk in Port Cities: A Case Study on Copenhagen*, OECD Environment Working Paper N°. 3 ENV/WKP, 2008 2.

Hamin E. M., et Gurran N., *Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia*. Habitat International 33, n°. 3 Juillet 2008, p. 238-245.

Huriot J. M., and Bourdeau-Lepage L., *Economie des villes contemporaines*. Economica, 2009.

INSEE. *Le tourisme en France*. INSEE Références, 2008. <<http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/sommaire.asp?codesage=FRATOUR08>>.

Jacquot A. «Des ménages toujours plus petits - Projection de ménages pour la France métropolitaine à l'horizon 2030.» Insee Première, n°. 1106, Octobre 2006. <http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1106®_id=0>.

Kroll C. A, Landis J. D., Shen Q., and Stryker S., «Economic impacts of the loma prieta earthquake: A focus on small business.» Berkeley Planning Journal 5, n°. 1, 1990, pp.. 39-58.

Lall S. V, et Deichmann U., «Density and Disasters.» Research Working papers 1, n°. 1, 2010, p. 1-48.

Laporte, V., «Croissance du nombre de logements en zones Inondables», collection Le Point Sur, SOES, 2009

Mairie de Paris, *Plan Climat de Paris*, 2007. <<http://www.paris.fr/portail/viewmultimediadocument?multimediadocument-id=33859>>.

Martine, G., and A. Marshall, *State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth*. UNFPA, 2007.

McEvoy D., Lindley S., et Handley J., *Adaptation and mitigation in urban areas: synergies and conflicts*. Municipal Engineer 159, n°. 4: 185-191. 2006.

McGranahan G., Balk D., et Anderson B., «The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones.» Environment and Urbanization 19, n°. 1, 2007, p. 17.

Miami-Dade County Climate Change Advisory Task Force, «Second report and initial recommendations presented to the Miami-Dade board of county commissioners. Miami» Miami-Dade County, 2008.

Nations Unies, «World Urbanization Prospects: The 2007 Revision Population Database,» 2008. <<http://esa.un.org/unup/>>.

Nicholls R. J., Hanson S., Herweijer C., Patmore N., Hallegatte S., Corfee-Morlot J., Château J., and Muir-Wood R., «Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes.» Organisation for Economic Co-operation and Development, Environment Working Paper 1, 2007, p. 53-57.

Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, *Changement climatique - Coûts des impacts et pistes d'adaptation*. La Documentation française., 2009. <<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000463/index.shtml>>.

Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, groupe de travail interministériel, «l'évaluation des impacts du changement climatique, du coût des dommages et des mesures d'adaptation en France » 2009. <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Rapport-du-groupe-de-travail.html>>.

de Perthuis C., Hallegatte S., and Lecocq F., «Economie de l'adaptation au changement climatique.» Rapport du CEDD, 2010. <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/001-3.pdf>>.

Préfecture de Police, secrétariat général de la zone de défense de Paris. «Le risque inondations en Île de France,» n.d. <http://www.prefecturedepolice.interieur.gouv.fr/content/download/2254/11662/file/PSSIZ_integral.pdf>.

Ranger N et al., 'An Assessment of the Potential Impact of Climate Change on Flood Risk in Mumbai', Climatic Change, à paraître

Rosenthal S. S., et Strange W. C., «Evidence on the nature and sources of agglomeration economies.» Dans , 4:2119-2171. Handbook of Regional and Urban Economics. Elsevier, 2004

Rosenzweig C., Solecki W. D., Cox J., Hodges S., Parshall L., Lynn B., Goldberg R., et al., «*Mitigating New York City's Heat Island: Integrating Stakeholder Perspectives and Scientific Evaluation.*» Bulletin of the American Meteorological Society 90, n°. 9, 2009, p. 1297-1312.

Scialabba N., «*Integrated coastal area management and agriculture, forestry and fisheries..*» FAO Guidelines (FAO), 1998.

Shashua-Bar L. et al., «*The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate*», Landscape and Urban Planning 92, 2009, 179–186

Small, C, et Naumann T., «*The global distribution of human population and recent volcanism.*» Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards 3, n°. 3, 2001, p. 93–109.

SOES, «*L'environnement en France* □ Édition 2010

Suarez P., Anderson W., Mahal V., and Lakshmanan T. R., «*Impacts of flooding and climate change on urban transportation: A systemwide performance assessment of the Boston Metro Area.*» Transportation Research Part D: Transport and Environment 10, n°. 3, 2005, p. 231–244.

Sungbin C, Gordon P., Moore II J. E., Richardson, H. W., Shinozuka M., and Chang S., «*Integrating Transportation Network and Regional Economic Models to Estimate the Costs of a Large Urban Earthquake.*» Journal of Regional Science 41, n°. 1. Journal of Regional Science, 2001, p. 39-65.

Tierney K. J., «*Impacts of recent US disasters on businesses: The 1993 Midwest Floods and the 1994 Northridge earthquake*», 1995.

Toronto Environment Office., *Ahead of the storm: Preparing Toronto for climate change*, 2008. <http://www.toronto.ca/teo/pdf/ahead_of_the_storm.pdf>.

Trocherie F., Eckert N., Morvan X., and Spadone R., «*Inondations récentes: quelques éclairages.*» Les données de l'environnement, IFEN, n°. 92, 2004, p. 1–4.

UN-HABITAT., *The State of the World's Cities Report 2004/2005*. Illustrated edition. Earthscan Ltd, 2004.

Webb G. R., Tierney K. J., and Dahlhamer J. M., «*Predicting long-term business recovery from disaster: a comparison of the Loma Prieta earthquake and Hurricane Andrew.*» Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards 4, n°. 2, 2002, p. 45-58.

Chapitre 2

City of Chicago, *Climate Change Action Plan*. Chicago, 2008. <<http://www.chicagoclimateaction.org/filebin/pdf/finalreport/CCAPREPORTFINALv2.pdf>>

City of Chicago. *Chicago Climate Action Plan Progress Report: The First Two Years*. 2010, <<http://www.chicagoclimateaction.org/filebin/pdf/CCAPProgressReportv3.pdf>>

Parzen J., *Lessons Learned: Creating the Chicago Climate Action Plan*. 2009. <<http://www.chicagoclimateaction.org/filebin/pdf/LessonsLearned.pdf>>

Constable, L., Cartwright. A., - *Municipal Adaptation Plan: Health and Water*. eThekweni Municipality Durban, 2009.

Environmental Management Department, *Climate Change. What does it mean for eThekweni Municipality?* eThekweni Municipality Durban, 2007.

Roberts D. *Thinking globally, acting locally: institutionalizing climate change at the local government level in Durban, South Africa*. Environment and Urbanization 20 (2), 2008, p. 521-537.

City of Keene., *Adapting to Climate Change: Planning a Climate Resilient Community*. 2007. <http://www.ci.keene.nh.us/sites/default/files/Keene%20Report_ICLEI_FINAL_v2_1.pdf>

Mayor of London, *The draft climate change adaptation strategy for London - Public Consultation Draft*. London: Greater London Authority. 2010.

Site Internet: Mayor of London. London Climate Change Adaptation Strategy. <<http://www.london.gov.uk/climatechange/>>

City of London Corporation, *Rising to the Challenge - The City of London Climate Change Adaptation Strategy*. 2010

Local Governments for Sustainability USA, *The Process Behind PlaNYC: How the City of New York Developed Its Comprehensive Long-Term Sustainability Plan*. ICLEI, 2010 <http://www.nyc.gov/html/planyc2030/downloads/pdf/iclei_planyc_case_study_201004.pdf>

Department of Environmental Protection, *Report 1: Assessment and Action Plan - A Report Based on the Ongoing Work of the DEP Climate Change Task Force New York City*. 2008. <http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/climate/climate_complete.pdf>

Panel on Climate Change, *Climate Risk Information*. New York City 2009
http://www.nyc.gov/html/planyc2030/downloads/pdf/nyc_climate_change_report.pdf >

Panel on Climate Change, *Climate Change Adaptation in New York City: Building a Risk Management Response*. Annals of the New York Academy of Science 1196, May 2010.

The City of New York, 2007. PlaNYC 2030.
<http://www.nyc.gov/html/planyc2030/html/downloads/the-plan.shtml>>

City of Port Phillip. *Climate Conversations: Take Local Action, Be Part of the Solution*, 2010..
http://www.portphillip.vic.gov.au/default/5904-CLIMATE_CONVERSATIONS_web%281%29.pdf >

City of Port Phillip, *Draft Climate Adaptation Plan: Climate Adept City*, 2010.
http://www.portphillip.vic.gov.au/default/DRAFT_CLIMATE_ADAPTATION_PLAN_web%281%29.pdf >

NATCLIM, *Planning for Climate Change : A Case Study (City of Port Phillip)*. 2007,
http://www.portphillip.vic.gov.au/default/Planning_For_Climate_Change_-_A_Case_Study.pdf >

Site Internet du « Rotterdam Climate Proof », *Rotterdam Climate Initiative*.
http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/en/100_climate_proof/rotterdam_climate_proof/introduction_rotterdam_climate_proof >

Rotterdam Climate Proof, *The Rotterdam Challenge on Water and Climate Adaptation: Adaptation Programme*, 2010.
http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/RCP/English/RCP_ENG_def.pdf>

Toronto Environment Office, *Ahead of the Storm... Preparing Toronto for Climate Change*, 2008..
http://www.toronto.ca/teo/pdf/ahead_of_the_storm.pdf>

Penney J. et Dickinson, T., *Climate Change Adaptation Planning in Toronto: Progress and Challenges*. Dans le cadre du «Fifth Urban Research Symposium". 2009.
<http://www.cleanairpartnership.org/files/Climate%20Change%20Adaptation%20Planning%20in%20Toronto.pdf> >

Penney J., *Climate Change Adaptation in the City of Toronto. Lessons for Great Lakes Communities*. Toronto: Clean Air Partnership. 2008.

Adger, W.N., Agrawala S., Mirza M. M. Q., Conde C., O'Brien K., Pulhin J., Pulwarty R., Smit B. and Takahashi K., *Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity*. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (GIEC) M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 717-743.

Burch S., *Transforming barriers into enablers of action on climate change: Insights from three municipal case studies in British Columbia, Canada*. Global Environmental Change 20, 2010 , 287-297.

Jones L., *Overcoming social barriers to adaptation*. Background Note, Overseas Development Institute. 2010

Repett, R., *The Climate Crisis and the Adaptation Myth*. Working Paper 13, Yale School of Forestry & Environmental Studies. 2008.

Chapitre 3

DIACT, *Dynamiques et développement durable des territoires* : Rapport de l'Observatoire des territoires 2008, Documentation française, Paris, 2009, 228 p.

MEEDDM/ CGDD, *Coûts et avantages des différentes formes urbaines*, Etudes et Documents, 32 p. mars 2010,

MEEDDM/CGDD, *L'exposition aux risques environnementaux, davantage ressentie dans les villes*, Le point sur, 4 p. Avril 2009

Hulme M. et al., *Does climate adaptation policy need probabilities ?* Climate Policy, Volume 4, Number 2, 2004 , p. 107-128

Simonet G., *Le concept d'adaptation : polysémie interdisciplinaire et implication pour les changements climatiques*, Nature Sciences et Sociétés Ouranos, Canada, 2009.

Bertrand F. et al *La prise en compte des risques associés climatiques dans les politiques locales* UMR CITERES, Tours, 2007.

MEEDDM/CGDD *les villes au cœur de la transition vers les sociétés post-carbone* Horizons 2030-2050, veille de la mission prospective, Décembre 2009.

ONERC, Météo France, CDC Climat, *Adaptation, Transport et Climat à l'échelle du territoire* Club VITeCC dossier n°5, Octobre 2009.

Colombert M., *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, Thèse, Décembre 2008.

Science et Vie, *Climat : comment les villes se préparent aux changements*, Science et Vie, Décembre 2009.

P. Jacquet, R. K. Pachauri, L. Tubiana, *Regards sur la Terre 2010, Villes : changer de trajectoire*, Presses Sciences Po.

IDDRI/Sciences PO *Adaptation au changement climatique* Institut de L'énergie et de l'environnement de la francophonie, n°85, 4eme trimestre 2009.

Roaf S., Crichton D., Nicol F., *Adapting buildings and cities for climate change*, Architectural Press, seconde édition, Avril 2009.

OECD, *Competitive cities and climate change*, Regional Development Working Papers N°2, 2009.

World Bank, *Cities and climate change - Sharpening the tools of diagnosis dialogue*, literature review, April 2009.

ANNEXE 7 Sigles et acronymes

AAP Appel A Projet
ABF Architectes des bâtiments de France
ADEME l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFD Agence Française de Développement
AMICA Adaptation and Mitigation - an Integrated Climate Policy Approach
ANR Agence Nationale pour la Recherche
ANAH Agence Nationale de l'Habitat
ANRU Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine
APR Appel à Proposition de Recherche
AVAP Aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine.
AZI Atlas des zones inondables
BRGM. Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C3ED Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement
CAP Clean Air Partnership
CCAP Chicago Climate Action Plan
CCE Conseil des Communes d'Europe
CCNUCC Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CCP Cities for Climate Protection
CCRE Conseil des Communes et Régions d'Europe
CDC Caisse des Dépôts et Consignations
CEA Commissariat à l'Energie Atomique
CEDD Conseil économique pour le développement durable
CEMAGREF Institut de Recherche en Sciences et technologies pour l'Environnement
(anciennement : Centre national du machinisme agricole, du génie rural et des eaux et forêts)
CEPRI Centre Européen de Prévention des Risques
CERFACS Centre européen de recherche , formations avancées en calcul scientifique.
CEPT Centre d'étude de l' environnement terrestre et planétaire
CETMEF Centre d'études techniques maritimes et fluviales
CGEDD Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
CIRED Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement
CITERES Centre Interdisciplinaire Cités, TERritoires, Environnement et Sociétés
CNRM Centre National de Recherche Météorologique
CNRS Centre national de recherche Scientifique
COI Comission de l'Océan Indien
CRESS Centre de Recherche en Sciences Sociales
CSTB Centre scientifique et technique du bâtiment
DOM-TOM Départements d'Outre-mer - Territoires d'Outre-mer
DDRM Dossier départemental des risques majeurs
DICRIM Document d'information communal sur les risques majeurs
DREAL Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DRIAS Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements
DIREN Direction régionale de l'environnementEGAD European Group ADaptation
EIE Espace info-énergie
EIVP Ecole des ingénieurs de la ville de Paris
ENGREF Ecole nationale du génie rural des eaux et forêts
ENPC Ecole nationale des ponts et chaussées Paris Tech
EPAMARNE Etablissement public d'aménagement de Marne la Vallée
EPCI Etablissement public de coopération intercommunale
EPIC Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
ESCI Expert Group SCIENCE
ESPACE Étude des Structures, des Processus d'Adaptation et des Changements de l'Espace

FEDER Fonds Européen de Développement Régional
 FFEM Fond Français pour l'Environnement Mondial
 FONDATERRA Fondation Européenne pour les territoires durables
 FRAMEE Fonds Régional d'Aide à la Maîtrise de l'Energie et de l'Environnement
 GAME Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique
 GES Gaz à effet de serre
 GICC Gestion des impacts du changement climatique
 GIEC Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
 GRC Green Ribbon Committee
 GIS Groupement d'intérêt scientifique
 HURRBIS Hydrologie Urbaine Réseau de Recherche Bassins Inter Sites
 ICLEI International Council for Local Environmental Initiatives
 ICU ilot de chaleur urbain
 IDDRI Institut du développement durable et des relations internationales
 IFRECOR Initiative Française pour les REcifs CORaliens
 INEE Institut Ecologie et Environnement
 INH Institut National d'Horticulture
 INSA Institut national des sciences appliquées
 INRETS Institut national de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
 INRIA Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
 INSEE Institut national de la Statistique et des Etudes Economiques
 IPSL Institut Pierre Simon Laplace
 IRSN Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire
 KNMI Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
 LADYSS Laboratoire des Dynamiques Sociales et Recomposition des Espaces
 LCCP London Climate Change Partnership
 LCPC Laboratoire central des Ponts et Chaussées
 LISA Laboratoire inter-universitaire des systèmes atmosphériques
 LMD Laboratoire de météorologie dynamique
 LOCEAN Laboratoire d'océanographie et du climat
 LSCE Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement
 MAE Ministère des Affaires Etrangères et Européennes
 MEEDDM Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer
 MNHN Muséum National d'Histoire Naturelle
 MRN Mission risques naturels
 NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration
 NPCC New York City Panel on Climate Change
 OCDE Organisation de Coopération et de Développement Economique
 ONERA Office national d'études et de recherches aérospatiales
 ONERC Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique
 ONG Organisation non-gouvernementale
 ORSEC Organisation des secours
 PACA région Provence Alpes Côtes d'Azur
 PADD Plan d'aménagement et de développement durable
 PCET Plan climat énergie territorial
 PCRDT Programme cadre pour la recherche et le développement technologique
 PCS Plan communal de sauvegarde
 PDU Plan de déplacement urbain
 PLU Plan local d'urbanisme
 PIB Produit intérieur brut
 PIRVE Programme Interdisciplinaire Ville et Environnement
 PPRI Plan de prévention des risques d'inondation
 PPRN Plan de prévention des risques naturels
 PREBAT Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie et le bâtiment
 PREDIT Programme de recherche et d'Innovation dans les transports terrestres
 PRIMEQUAL pour une meilleure qualité de l'air
 PUCA Plan Urbanisme, Construction et Architecture
 RAEE Rhône Alpes Energie Environnement

RExHySS Impact du changement climatique sur les Ressources en Eau et les Extrêmes
 Hydrologiques dans les bassins de la Seine et la Somme
 RGA Retrait-gonflement des argiles
 RSA Rouen Seine Aménagement
 RT Réglementation thermique
 SA Service d'Aéronomie
 SCOT Schéma de cohérence territoriale
 SISYPHE unité mixte de recherche Structure et fonctionnement des systèmes hydriques
 continentaux
 SoeS Service de l'observation et des statistiques
 SRU Loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains
 SRES Special Report on Emissions Scenarios
 SETRA Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
 SRCAE Schéma Régional climat air énergie
 TIT Thème d'Intérêt Transversal
 UQAM Université du Québec à Montréal
 UFR Unité de Formation et de Recherche
 UMR Unité mixte de Recherche
 UNFPA United nations population fund
 URBAN-NET Réseau européen de recherche dans le domaine de la ville durable
 ViTeCC Villes, Territoires et Changement Climatique
 WCC World Climate Conference
 ZAPA Zones d'Action Prioritaires pour l'Air
 ZPPAUP Zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager

ANNEXE 8 Personnes ayant contribué à ce rapport

Ce document a été réalisé sous la direction de **Pierre Franck Chevet**, Directeur de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique et **Nicolas Bériot**, Secrétaire Général

Auteurs

Février Elvyne, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Garnaud Benjamin, Institut du développement durable et des relations internationales

Hallegatte Stéphane, Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement /Météo-France

Viguié Vincent, Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement

Personnes ayant contribué à l'écriture

Billé Raphaël, Institut du développement durable et des relations internationales

Daccarett Tania, Sciences Politiques - Institut du développement durable et des relations internationales

Demasse Yohan, Ecole nationale des ponts et chaussées Paris Tech - Institut du développement durable et des relations internationales

Duquette Martine, Université du Québec à Montréal - Institut du développement durable et des relations internationales

Genovese Elisabetta, Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement

Gential Oscar, Ecole nationale des ponts et chaussées Paris Tech - Institut du développement durable et des relations internationales

Lefevre Benoît, Institut du développement durable et des relations internationales

Magnan Alexandre, Institut du développement durable et des relations internationales

Masson Valéry, Météo-France

Pigeon Grégoire, Météo-France

Przyluski Valentin, Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement

Personnes ayant contribué à la relecture

Bourcier Vincent, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Delalande Daniel, Direction générale de l'énergie et du climat

Galliot Michel, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Le Du Hélène, Direction générale de l'énergie et du climat

Omarjee Younous, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Pacteau Chantal, Groupement d'intérêt scientifique climat environnement société

Reysset Bertrand, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Crédit photographique page de couverture

© MEEDDM / Laurent Mignaux

© MEEDDM / Laurent Mignaux

© MEEDDM / Thierry Degen

4eme de COUVERTURE

Les travaux réalisés à l'échelle internationale s'accordent sur le fait que les actions en matière de lutte contre le changement climatique nécessitent une approche selon deux axes visant d'une part à réduire les émissions de gaz à effet de serre (atténuation du changement climatique), et d'autre part, à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux impacts induits par ce changement (anticipation et adaptation).

Les villes présentent une vulnérabilité particulière compte tenu d'une forte concentration de population et du regroupement d'infrastructures et de biens matériels sur leur territoire et elles sont très sensibles à toute évolution brusque de leur environnement naturel ou socio-économique. L'adaptation des villes à l'accroissement de l'intensité ou de la fréquence de certains aléas climatiques constitue donc un enjeu important pour l'avenir de nos sociétés.

Depuis sa création en 2001, l'ONERC contribue à donner aux pouvoirs publics et aux élus les informations nécessaires aux choix stratégiques et aux décisions politiques en matière de changement climatique.

Dans le cadre de sa mission de réflexion et de proposition de recommandations sur les mesures de prévention et d'adaptation à envisager pour limiter les risques liés au changement climatique, l'ONERC a demandé à deux organismes de recherche, le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement et l'Institut du développement durable et des relations internationales de réaliser une synthèse des vulnérabilités des villes et un tour d'horizon de l'état des politiques des villes françaises et internationales en matière d'adaptation. Mise en perspective, cette synthèse a été complétée par un panorama de la recherche française traitant de la ville face à l'enjeu climatique.