

# Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique





# **Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique**

## Collection Connaissances

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

## Remerciements

Cet ouvrage, oeuvre collective du Cerema, a été réalisé à la demande de la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM).

Sa réalisation a été pilotée par Florence Bordère (Cerema Territoires et ville)

Sont remerciés :

pour leur participation au comité de pilotage de l'étude d'analogie internationale sur quatre agglomérations étrangères :

- Didier Plat, chercheur, Laboratoire aménagement économie transports (LAET)
- Fernando Lozada, chercheur
- Julien Allaire, association Coopération pour le développement et l'amélioration des transports urbains et périurbains (Codatu)
- Yves Demange et Jean-François Richon, Marseille Provence Métropole
- Edouard Emptaz, agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise

pour la production des éléments qui ont permis cette synthèse et pour la discussion des résultats :

- Virginie Lasserre (Cerema Centre-Est)
- Benoît Ronez (Cerema Territoires et ville)
- Cécile Clément (Cerema Territoires et ville)
- Julie Pélata (Cerema Territoires et ville)

pour leur relecture :

- André Leuxe et Olivier Gavaud (DGITM)
- Anne Guillabert (SGAR Rhône-Alpes)
- Yves Demange (Marseille Provence Métropole)
- Tristan Guilloux (Cerema Territoires et ville)
- Philippe Jary (Cerema Territoires et ville)
- Marie Colin (Cerema Infrastructures de transport et matériaux)
- Nicolas Furmanek (Cerema Territoires et ville)
- Grégoire Carrier (Cerema Territoires et ville)
- Cyril Pouvesle (Cerema Territoires et ville)

Comment citer cet ouvrage :

Cerema, *Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique*. Bron : Cerema, 2018. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-217-9

# Sommaire

<b>Introduction - Objectifs de cet ouvrage</b>	<b>7</b>
<b>Adapter la mobilité au changement climatique : quelle anticipation ?</b>	<b>10</b>
Qu'est-ce que l'adaptation au changement climatique ?	10
Quels sont les changements climatiques auxquels s'adapter ?	11
Pourquoi adapter localement la mobilité au changement climatique ?	12
<b>Démarche et méthodes pour adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique</b>	<b>14</b>
Les préalables pour construire la démarche :	14
1 <sup>er</sup> étape/ Déterminer les fondamentaux : sensibiliser, choisir le climat auquel s'adapter, choisir un horizon de temps, préparer la territorialisation des résultats	15
2 <sup>e</sup> étape/ Identifier et territorialiser les effets du changement climatique sur la mobilité du territoire en s'appuyant sur neuf effets identifiés	17
3 <sup>e</sup> étape/ Relier effets et leviers à travers des scénarios d'adaptation, soit en précisant les enjeux, soit en précisant les leviers	19
4 <sup>e</sup> étape/ Mobiliser sept leviers d'adaptation pour définir/affiner le scénario souhaitable d'adaptation de la mobilité et le mettre en œuvre	21
<b>Trois exemples d'études régionales françaises d'adaptation au changement climatique</b>	<b>25</b>
L'étude MEDCIE Grand Sud-Est	26
le SRCAE Rhône-Alpes	31
Le SRCAE Bourgogne	37
<b>Analogies internationales : quels enseignements tirer de l'expérience de quatre agglomérations étrangères ?</b>	<b>40</b>
1/ Les fondamentaux : horizon de temps, climat, choix des agglomérations françaises et étrangères	40
2/ quatre expériences d'agglomérations étrangères dont tirer des idées d'adaptation	43
3/ à l'issue de ces quatre expériences étrangères, les objectifs pratiques à convertir en leviers pour adapter la mobilité au changement climatique	59
4/ Quelques indicateurs pour suivre l'adaptabilité de la mobilité	66
<b>Conclusion</b>	<b>68</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>70</b>
<b>Table des matières</b>	<b>73</b>

## Avertissement

Le champ de l'adaptation au changement climatique a connu une forte évolution ces dernières années.

Cet ouvrage présente une méthode qui s'appuie sur des retours d'expériences et traverse les évolutions sans s'inscrire dans une temporalité immédiate.

Initiée en réponse au plan national d'adaptation au changement climatique 1 (PNACC1), la démarche proposée est innovante en termes de méthodes et d'outils, elle s'appuie notamment sur une série d'effets et de leviers opérationnels qui peuvent contribuer à la mise en œuvre du PNACC2.

# Introduction

## Objectifs de cet ouvrage

Si le changement climatique se traduit déjà concrètement dans nos observations quotidiennes (par exemple canicules ou fortes pluies plus fréquentes et plus intenses ou bien fonte des glaciers), il constitue néanmoins un phénomène complexe à appréhender. En effet, le climat n'est pas constatable instantanément : c'est une moyenne généralement sur trente ans de différents paramètres météorologiques.

Avéré et modélisé par les scientifiques du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le changement climatique induit déjà des modifications dans le fonctionnement des territoires. Spontanément, on pense à l'augmentation des risques naturels, à l'évolution des pratiques agricoles, aux effets sur la forêt, sur la biodiversité, sur la ressource en eau, ou encore à la pérennité de la pratique du ski en montagne et à l'îlot de chaleur urbain. On pense moins aux conséquences du changement climatique sur la mobilité. Or, la question de l'évolution de la demande de transport avec le changement climatique est complexe.

L'inertie du système climatique est telle que malgré la mise en œuvre des politiques d'atténuation du changement climatique, à l'avenir il sera nécessaire de s'adapter aux évolutions du climat afin d'en limiter les effets dans les territoires. Des phénomènes déjà observés vont s'accroître et des phénomènes nouveaux vont apparaître, comme l'élévation du niveau de la mer.

**Quelles incidences sur la mobilité ? Quelle vulnérabilité de la mobilité ? Comment anticiper et mettre en œuvre dès maintenant des actions d'adaptation de la mobilité au changement climatique ?**

Pour répondre à ces questions, plusieurs échelles d'action s'emboîtent :

- **à l'échelle de la planète** émerge une solidarité de destin inédite, au gré des conférences internationales des Nations unies sur le climat. La conférence de Paris en décembre 2015 a abouti à un accord qui organise les engagements de 195 États vers des objectifs communs. Cette échelle internationale n'est pas l'objet de cet ouvrage ;
- **à l'échelle nationale** s'élabore le plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC). Le premier PNACC, portant sur la période 2011-2015, comprend de nombreuses actions thématiques, dont quatre concernent les infrastructures et systèmes de transport – le PNACC2 abordera également ces questions. Cet ouvrage apporte une contribution du PNACC, qui consiste à étudier, pour les voyageurs urbains, le lien entre politique d'aménagement de la ville et transport et à examiner les effets possibles de l'évolution du climat. Le PNACC précise qu'« *une politique d'adaptation est par essence une politique de l'anticipation.* » L'adaptation au changement climatique suppose donc une réflexion prospective. C'est pourquoi les éléments de méthode tirés du guide Transport, énergie, climat : comment mobiliser la prospective territoriale ? sont extraits et présentés dans la **première partie**. Notons que le deuxième PNACC 2018-2022 entend mobiliser l'ensemble de la société pour anticiper et pour développer l'adaptation de la France au changement climatique ; pour ce faire,

ce plan entend développer la résilience des territoires au changement climatique et identifie spécifiquement la thématique mobilité ;

- **l'échelle régionale** voit la création des schémas régionaux climat air énergie (SRCAE), intégrés dans les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) et l'échelle locale (en particulier intercommunalités de plus de 20 000 habitants) est portée par les plans climat air énergie territoire (PCET puis PCAET). Le présent ouvrage tire les enseignements de démarches récentes et multiples (méthodes, échelles, maîtres d'ouvrage) qui abordent le sujet de la mobilité et rendent nécessaire un retour de méthode. La **deuxième partie** tire ainsi les enseignements de trois études régionales françaises.

Enfin, la **troisième partie** réalise une analogie avec quatre agglomérations étrangères pour alimenter les réflexions sur l'adaptation de la mobilité urbaine en France.

Au total, cet ouvrage propose d'une part des méthodes et des questionnements pour adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique et, d'autre part, présente des mesures d'adaptation rencontrées dans certains territoires et qui pourront en inspirer d'autres. Toutefois, il faut retenir que **le choix des mesures d'adaptation est toujours une question locale** : les questionnements en montagne sont différents des questionnements sur le littoral, en ville ou dans l'espace rural, dans le nord ou dans le sud de la France.

L'ouvrage s'adresse ainsi aux acteurs des territoires (Régions, métropoles et agglomérations, DREAL) afin de les aider à agir dans un cadre harmonisé de politiques locales en matière d'adaptation. Il ne constitue pas un guide, l'état de l'art sur le sujet étant en émergence, mais il met à disposition des acteurs des territoires un premier recueil de connaissances acquises, tisse des liens entre différents travaux pour nourrir les réflexions locales sur l'adaptation de la mobilité au changement climatique.

Trois remarques sur le champ couvert par cet ouvrage :

- cet ouvrage ne traite pas de l'adaptation de la société à la raréfaction des ressources fossiles et à la volatilité des prix de l'énergie, ni de la précarité énergétique (certains schémas ont une acception large de l'adaptation intégrant ces problématiques, à l'instar du SRCAE de Bourgogne, pour lequel le sujet sera évoqué) ;
- il ne détaille pas la vulnérabilité des infrastructures et systèmes de transport à un accroissement des risques dû au changement climatique (sujet traité par les autres actions « Infrastructures et systèmes de transport » du PNACC), mais s'intéresse à l'évolution des comportements de mobilité probables : localisation des populations et des activités, préférences modales, horaires de déplacements ;
- pour appréhender l'adaptation de la mobilité au changement climatique en milieu urbain, il a été nécessaire d'aborder des questions d'infrastructure, de considérer le territoire dans lequel s'inscrit la ville, et de réfléchir aux futurs du territoire au-delà du devenir de son climat.

Comme l'ouvrage le soulignera dans la partie méthode, il est nécessaire de coupler les réflexions concernant l'adaptation et l'atténuation. Aussi, il convient de mentionner la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), publiée au *Journal officiel* le 18 août 2015. Cette loi dessine l'avenir énergétique de la France et les actions à mettre en œuvre pour y parvenir. En particulier, la LTECV fixe des objectifs chiffrés à moyen et à long termes en matière d'émission de gaz à effet de serre (GES), de consommation d'énergie finale et d'énergie fossile, et enfin de mix énergétique. Elle institue la stratégie nationale bas carbone (SNBC), outil de pilotage des émissions



sous forme de budgets carbone par période (2016-2018, 2019-2023, 2024-2028), déclinés à titre indicatif par secteur. Ainsi, pour le secteur des transports, l'objectif indicatif est de diminuer de 29 % les émissions de GES à l'horizon 2024-2028 par rapport à 2013 et d'au moins deux tiers d'ici 2050. Les actions sur l'efficacité énergétique des véhicules routiers (notamment la réduction des consommations unitaires, ou le meilleur remplissage des véhicules de transport de fret), la maîtrise de la demande de mobilité (report modal vers les modes non routiers, covoiturage, modes à énergie alternative, développement des modes actifs, aménagement du territoire, développement du télétravail...), le soutien aux alternatives à la voiture, doivent permettre d'y parvenir. Ces orientations nationales en matière d'énergie influenceront sur la demande de déplacements et sont donc à intégrer dans la réflexion sur l'adaptation de la mobilité au changement climatique.

# Adapter la mobilité au changement climatique : quelle anticipation ?

## Qu'est-ce que l'adaptation au changement climatique ?

---

Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de définir les termes que nous utiliserons : climat, changement climatique, vulnérabilité au changement climatique, adaptation au changement climatique.

Le **climat** est défini par les valeurs moyennes, généralement sur trente ans, de variables météorologiques (température, pluviométrie, vent, ensoleillement...), ainsi que par leurs dispersions autour de cette moyenne.

Le **changement climatique** désigne une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat persistant pendant plusieurs décennies.

Dans ce rapport, la **vulnérabilité au changement climatique** d'un système ou d'un territoire désigne le degré auquel il risque d'être affecté négativement par les effets du changement climatique. La vulnérabilité résulte du croisement entre :

- l'ampleur du changement climatique (intensité des évolutions moyennes, intensité et fréquence des événements extrêmes) ;
- la sensibilité du système ou du territoire, c'est-à-dire la proportion dans laquelle le système est affecté. Par exemple, un territoire avec une population âgée importante sera plus sensible à une vague de chaleur qu'un territoire avec une forte proportion de jeunes adultes ;
- la capacité d'adaptation du système ou du territoire.

Le troisième rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit **l'adaptation au changement climatique** comme « *l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques* ». Le quatrième rapport du GIEC propose dans son glossaire la définition suivante pour l'adaptation : « *initiatives et mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des changements climatiques réels ou prévus.* »

Pour qualifier l'adaptation, on parlera de :

- maladaptation, définie par le GIEC comme un changement dans les systèmes naturels ou humains qui conduit à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire ;
- adaptation réactive : adaptation effectuée après les évolutions climatiques ;
- adaptation anticipative : adaptation planifiée avant les évolutions climatiques. Le PNACC précise : « *Une politique d'adaptation est par essence une politique de l'anticipation* », excluant ainsi la maladaptation et l'adaptation réactive.

On retiendra de ces définitions que l'adaptation au changement climatique consiste à anticiper en réduisant la vulnérabilité d'un système et en saisissant les opportunités offertes par ce changement.

Enfin, pour compléter ces définitions, quelques mots sur une notion proche : celle de résilience. La **résilience** d'un territoire au changement climatique peut être définie comme la capacité à anticiper, à atténuer les effets des perturbations et à rebondir. Voisine de la notion d'adaptation anticipative, la résilience territoriale face à des perturbations lentes ou brutales insiste sur le développement des capacités d'agir, des liens entre les acteurs, des capacités de rebond, en complétant les réponses techniques par des réponses relevant du champ social telles que la collaboration, la prise en compte du bien-être, la créativité, l'inscription dans l'histoire et la recherche d'autonomie.

## Quels sont les changements climatiques auxquels s'adapter ?

---

Les données dont nous disposons sur les futurs climatiques possibles, aussi appelées projections climatiques, sont issues de scénarios socioéconomiques réalisés par le GIEC, qui décrivent des futurs possibles de notre société, y compris en ce qui concerne la mise en application de politiques d'atténuation ou encore l'utilisation de nouvelles technologies émettant moins de GES. Ces scénarios socioéconomiques sont utilisés pour générer des scénarios de concentration en GES dans l'atmosphère. Cette concentration est une donnée d'entrée des modèles climatiques, qui fournissent eux-mêmes des scénarios climatiques c'est-à-dire des valeurs de température, de précipitations, etc., pour les années futures et en différentes zones géographiques du globe. Après évaluation de nombreux modèles par le GIEC, celui-ci a publié une analyse qui livre un aperçu général des changements climatiques à venir dans le monde entier. Les changements que connaîtront les territoires varient en fréquence et en intensité selon les scénarios, mais leurs natures restent les mêmes :

- **augmentation de la température atmosphérique ;**
- **élévation du niveau de la mer ;**
- **augmentation de la température des cours d'eau, des lacs et de la mer ;**
- **modification des régimes de précipitations ;**
- **augmentation des événements extrêmes.**

Pour établir sa politique nationale d'adaptation au changement climatique (PNACC), la France s'est appuyée sur certains scénarios socioéconomiques du GIEC, actualisés depuis la publication du PNACC 2011-2015. Les simulations climatiques basées sur les anciens et les nouveaux scénarios sont néanmoins proches. Les nouveaux scénarios utilisés sont appelés RCP (*representative concentration pathways*) : ils donnent une meilleure représentation des évolutions possibles des quantités de gaz à effet de serre présentes dans l'atmosphère au fur et à mesure des années. Le scénario optimiste, qui suppose la mise en œuvre et l'application de politiques qui permettraient de limiter le réchauffement climatique en deçà de 2° C, prévoit en France pour la période de 2075 à 2100 une augmentation des températures moyennes de 0,9° C en hiver et 1,3° C en été. Pour la même période le scénario pessimiste, qui suppose qu'aucune politique d'atténuation ne serait mise en place, prévoit une augmentation d'environ 3,5° C en hiver et entre 2,6° C et 5,3° C en été, plus particulièrement marquée dans le sud-est de la France.

## Pourquoi adapter localement la mobilité au changement climatique ?

### Quatre idées fausses à combattre

---

**Idée fausse n°1 : les politiques d'atténuation (limitation des émissions de gaz à effet de serre) limiteront suffisamment le changement climatique pour que l'adaptation se fasse de manière spontanée.**

**Non, l'adaptation est nécessaire !**

Les politiques d'atténuation ne peuvent pas capturer les gaz à effet de serre déjà émis dans l'atmosphère et qui, on le sait, vont conduire à la poursuite du réchauffement déjà observé. S'ajoute à cette inertie la difficulté à mettre en œuvre des politiques d'atténuation garantissant que l'augmentation de la température moyenne restera sous la barre des 2° C. En effet, les négociations internationales de la COP21 à Paris en décembre 2015 ont fait progresser les objectifs communs et ont planifié les contributions volontaires des États, mais le respect de ces objectifs dépendra de l'engagement de planifications nationales et d'une implication ambitieuse des territoires dans la réalisation de ces objectifs. Ainsi, la descente d'échelle des objectifs climatiques dans les politiques territoriales n'est pas acquise et le changement climatique à venir n'est pas encore endigué. Or, au-delà de 2° C d'augmentation de la température, les experts du GIEC considèrent que les événements extrêmes se multiplieront et qu'il sera bien plus difficile de s'adapter.

**Idée fausse n°2 : le changement climatique ne sera important qu'après 2050, il est donc inutile de s'adapter maintenant.**

**Non, l'adaptation de la mobilité est nécessaire dès maintenant !**

L'inertie du système climatique est telle que le CO<sub>2</sub> déjà émis dans l'atmosphère détermine en bonne partie le climat des trente prochaines années, soit une augmentation de 0,5° C à 1,5° C. Les politiques d'atténuation auront des conséquences plus sensibles entre 2050 et 2100. Dès lors, pourquoi ne pas attendre 2050 pour s'adapter ?

Pour planifier le moment optimal d'adaptation, il s'agit de conjuguer :

- un point de vue économique, pour déterminer le moment optimal de mobilisation de la ressource (financière, technique) permettant de minimiser les effets du changement climatique à moindre coût ;
- un point de vue sociétal, pour choisir d'agir au moment où l'action est reconnue comme légitime par les populations concernées et maintenir un niveau de risque acceptable pour la société.

Or, du point de vue économique, « *si l'on ne se prépare pas au changement climatique, il induira des dommages et des coûts bien supérieurs à l'effort d'anticipation* » (PNACC). Ainsi, en 2006, le rapport de l'économiste Nicholas Stern (professeur à la *London School of Economics* et professeur au Collège de France, alors en poste au ministère des finances britannique) évalue le coût de l'inaction entre 5 % et 20 % du PIB mondial par année, et celui de l'action de 1 à 2 %. Par exemple, le GIEC prévoit une augmentation maximale du niveau de la mer d'un mètre en 2100 si aucune politique climatique n'est mise en œuvre. La DGITM, dans le cadre des travaux de l'Observatoire

(ONERC), évalue le coût patrimonial d'une remontée d'ensemble du niveau de la mer d'un mètre à près de 2 milliards d'euros pour les routes nationales métropolitaines hors autoroutes.

Concernant la mobilité, l'adaptation dès maintenant est rendue indispensable par la longue durée d'utilisation des réseaux et matériels de transport. Il s'agit donc de faire évoluer le système de transport pour qu'il soit moins vulnérable, plus résilient, mais aussi plus adapté et adaptable au changement climatique.

**Idée fausse n°3 : le changement climatique est plein d'incertitudes, il est donc trop tôt pour s'y adapter.**

**Non ! Anticiper le devenir du climat, de la société et du territoire est possible et fructueux dès aujourd'hui.**

Les incertitudes de prévision du climat existent. Elles sont liées à quatre paramètres :

- les incertitudes sur les futures émissions de GES ;
- les incertitudes liées à la connaissance imparfaite des phénomènes et à leur représentation approximative dans les modèles ;
- l'incertitude liée à la variabilité climatique intrinsèque ;
- l'incertitude sur la descente d'échelle pour le niveau régional.

Cependant, le changement climatique est sans équivoque et avéré par les travaux du GIEC. De récentes recherches montrent même que le changement climatique pourrait avoir des effets bien plus marqués<sup>1</sup>.

**Idée fausse N°4 : le changement climatique est global, l'adaptation doit être nationale et internationale.**

**Non ! Une approche locale est nécessaire.**

Si le changement climatique est global, il ne se manifeste pas de la même façon dans les différents territoires : les questionnements d'adaptation en montagne sont différents des questionnements sur le littoral, en ville ou dans l'espace rural, dans le nord ou dans le sud de la France. C'est pourquoi les politiques d'adaptation sont nécessaires au niveau local. Une stratégie territoriale d'adaptation pourra se traduire dans de nombreux documents locaux, comme le montre ce schéma extrait de l'étude interrégionale MEDCIE.

En particulier en matière de mobilité, les Régions, et à l'échelle des agglomérations les autorités organisatrices de la mobilité (AOM), définissent les politiques locales de mobilité et sont en première ligne pour adapter la mobilité au changement climatique.

Les méthodes et exemples présentés plus loin permettent de préparer l'avenir sans peur, en identifiant les conséquences à long terme du changement climatique, en aidant les processus décisionnels actuels, y compris en prenant en compte des scénarios difficiles : il s'agit de prendre aujourd'hui les meilleures décisions pour demain.

<sup>1</sup> De Conto Robert M., Pollard David, *Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise*, in *Nature*, avril 2016. En intégrant une nouvelle modélisation du comportement de la calotte glaciaire antarctique, les auteurs ont découvert que l'élévation du niveau de l'océan pourrait atteindre deux mètres d'ici la fin du siècle dans un scénario sans politique d'atténuation, contre une estimation à un mètre de la part du GIEC.

# Démarche et méthodes pour adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique

Publié en décembre 2014 par le Cerema, l'ouvrage « *Transport, énergie, climat : comment mobiliser la prospective territoriale ?* » propose des éléments de méthode pour les territoires afin d'adapter leur mobilité au changement climatique et d'opérer la transition énergétique (atténuation) de leur mobilité. Cette approche couplée de l'atténuation du changement climatique et de l'adaptation de la mobilité à ce changement s'est appuyée sur sept expériences de prospective territoriale menées en France, ainsi que sur plus de 180 références bibliographiques.

Aussi, sans réécrire l'ensemble du contenu du guide, auquel il est utile de se référer, voici les préalables et les quatre étapes à retenir en matière de démarches et de méthodes pour adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique.

## Les préalables pour construire la démarche :

---

- **Porter autant d'attention à l'avenir du territoire local qu'à l'avenir du climat local**
- **Coupler démarches d'adaptation et d'atténuation**
- **Associer largement les acteurs locaux pour préparer l'avenir du territoire, mieux identifier les effets du changement climatique et mieux y répondre**

Penser l'adaptation au changement climatique en imaginant que seul le climat va changer risque de limiter la réflexion sur l'adaptation, de la porter vers des leviers pertinents aujourd'hui sans imaginer ceux qui seront pertinents demain. C'est pourquoi la méthode proposée invite à une prospective d'ensemble du territoire, incluant l'évolution du climat mais ne s'y limitant pas.

D'une part, adapter la mobilité de son territoire au changement climatique suppose en effet :

- une réflexion sur l'avenir du territoire, à partir d'hypothèses démographiques et économiques locales, reflets de tendances et de choix politiques ;
- des prévisions du climat à long terme, climat qui dépend des émissions de CO<sub>2</sub>, résultant elles-mêmes de conditions démographiques et économiques globales.

Afin d'assurer la cohérence des hypothèses démographiques et économiques locales et globales, il est nécessaire d'aborder en même temps l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à ce changement.

Un autre argument pèse en faveur de cette approche conjointe atténuation-adaptation : une réflexion sur l'adaptation de la mobilité qui n'inclurait pas de volet atténuation risque de raisonner à système de transport constant, sans envisager sa décarbonation. Elle pourrait alors mener à une maladaptation qui augmente les émissions de GES, par exemple si le système routier s'adapte davantage que le système des transports en commun.

Dans cette réflexion conjointe sur l'atténuation et l'adaptation, on envisagera ainsi l'avenir du territoire dans l'ensemble de ses composantes, de manière transversale. On y intégrera utilement des réflexions prospectives sur d'autres sujets que l'énergie ou le climat : incidences du numérique sur la mobilité, développement de la mobilité collaborative, avènement des véhicules autonomes, évolution des formes de travail et des modes de vie... Des éléments de projection de trafic sont également utiles à connaître. Pour cela, on se référera notamment aux travaux du Commissariat général au développement durable sur le sujet (voir la bibliographie en fin de l'ouvrage).

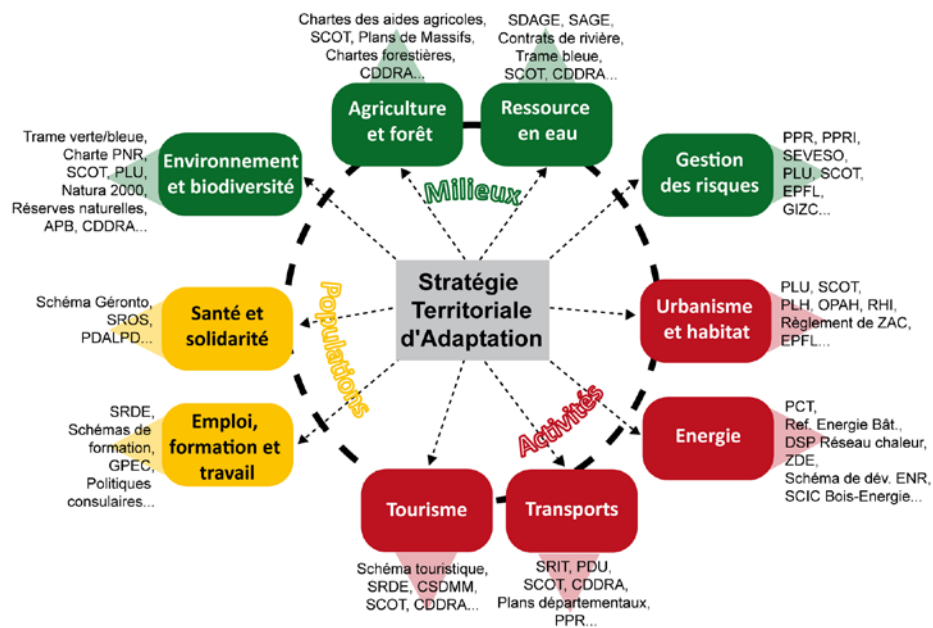
D'autre part, les différentes démarches territoriales qui traitent d'adaptation au changement climatique soulignent un levier d'action très en amont agissant sur la sensibilisation des acteurs locaux, l'amélioration de la culture du risque, le partage du diagnostic pour mieux préparer les parties prenantes du territoire au climat de demain. La réflexion sur l'adaptation au changement climatique de la mobilité du territoire est un des lieux de cette sensibilisation, de cette culture, de ce partage. De plus, penser et préparer l'avenir du territoire ne peut se faire sans ses forces vives. Enfin, la déclinaison locale des effets du changement climatique nécessite une connaissance pointue et détaillée du territoire que seuls les acteurs locaux détiennent. Ainsi, le travail avec ces derniers paraît indispensable pour comprendre et agir sur l'adaptation de la mobilité au changement climatique.

## **1<sup>re</sup> étape/ Déterminer les fondamentaux : sensibiliser, choisir le climat auquel s'adapter, choisir un horizon de temps, préparer la territorialisation des résultats**

---

Afin de cadrer la réflexion sur le devenir du territoire, il faut préciser quelques fondamentaux qui structureront cette réflexion.

Tout d'abord, il est nécessaire de développer la connaissance et de sensibiliser les acteurs concernés à la thématique. Pour cela, il est possible d'utiliser d'une part des données sur le climat passé (mesures météorologiques) et d'autre part des indicateurs d'effets du changement climatique (évolution des dates des vendanges, évolution de la ressource en eau...). L'application ClimathD (<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>) fournit des données sur le climat passé aux échelles française ou régionale (anciennes Régions) ; par ailleurs, des exemples d'indicateurs de suivi des effets du changement climatique sont disponibles sur les sites des observatoires régionaux du climat (par exemple l'observatoire régional des effets du changement climatique de Rhône-Alpes : <http://orecc.auvergnerhonealpes.fr/fr/donnees-territoriales/indicateurs.html>). Ces connaissances permettront, tendanciellement, de projeter un futur des impacts climatiques possibles, sans qu'il soit besoin d'obtenir des projections climatiques à l'échelle du territoire. Cette



Source : Étude MEDCIE, phase 2, août 2010, synthèse des documents des collectivités pouvant intégrer la question de l'adaptation (*Rq : certaines dénominations ont évolués depuis 2010*)

méthode facilite la territorialisation des effets du changement climatique et la hiérarchisation des enjeux. C'est celle qui a été adoptée par le SRCAE Bourgogne (chapitre suivant). Le climat étant défini par une moyenne de variables climatiques sur trente ans, attention toutefois de ne pas prolonger une série de données annuelles récentes trop courte pour être significative. Par exemple, pour se projeter à dix ans, il ne suffit pas de prolonger les tendances des dix dernières années : il faut réaliser une projection de la différence entre les données relatives aux indicateurs de suivi d'aujourd'hui (moyenne des données des trente dernières années) et les données d'il y a dix ans (moyenne des données entre les quarante et les dix dernières années).

Ensuite, il s'agira de **choisir le climat auquel s'adapter**. Pour cela, il est nécessaire d'obtenir des données sur les futurs possibles du climat au niveau régional. En première approche, il est possible d'utiliser le volet « climat futur » de l'application ClimatHD pour obtenir des projections de températures, de précipitations et de phénomènes climatiques extrêmes, aux échelles française ou régionale (anciennes Régions). Pour obtenir des données plus précises, l'utilisation de DRIAS, Les futurs du climat (adresse internet en bibliographie), est recommandée. Les acteurs du territoire y trouveront des références climatiques précises, sous forme de variables climatiques (température moyenne quotidienne, température maximale quotidienne, nombre de jours de vague de chaleur, précipitations moyennes quotidiennes...) avec une résolution de 12 km sur toute la France métropolitaine et jusqu'à l'horizon 2100. Le territoire d'étude peut être défini manuellement et la période de projection est également laissée au choix de l'utilisateur (choix de l'année de début et de fin de la période de projection, choix des mois de l'année pour lesquels les projections doivent être extraites). Des données sont également disponibles pour l'Outre-Mer. Enfin, il est également nécessaire de choisir un scénario de projection (RCP) et un modèle climatique. Sur les évolutions de moyen à long terme (2050 à 2100), le choix d'un scénario induit des valeurs de variables climatiques différentes. Aussi le choix du scénario à retenir pose-t-il question : que faut-il retenir ?

- un scénario qui prolonge les tendances actuelles ?
- un scénario pessimiste pour s'adapter au pire ?
- les tendances convergentes entre plusieurs scénarios (comme l'a fait le SRCAE Rhône-Alpes) ? Mais que signifie la convergence de résultats issus de scénarios qui représentent des futurs sociétaux distincts ?



- un scénario climatique qui correspond aux efforts d'atténuation que le territoire est prêt à engager, pour assurer une cohérence adaptation / atténuation ?

Le choix du scénario relève à la fois d'une vision du monde et d'un positionnement politique.

Il s'agira aussi de déterminer l'horizon de temps de la réflexion :

- souhaite-t-on travailler à court et moyen terme (cinq à dix ans) ?
- ou bien à plus long terme (de vingt à plus de cinquante ans, intégrant les échéances les plus lointaines des prospectives climatiques de Météo France à 2080) ?

Après le choix de la méthode d'estimation du climat auquel s'adapter et de l'horizon de temps, il importe aussi de préparer une **territorialisation des résultats** de l'étude qui soit suffisamment fine pour déployer des leviers pertinents. En effet, le changement climatique affecte des territoires dont les spécificités d'aménagement et de fonctionnement détermineront la vulnérabilité et les effets territorialisés. On en déduira des leviers adaptés. On verra par exemple dans la partie suivante une étude interrégionale sur le Grand Sud-Est qui développe ses résultats sur sept sous-territoires au fonctionnement relativement homogène (espace alpin, littoral languedocien et catalan, littoral provençal, sud vallée du Rhône, Corse, Massif central, métropole lyonnaise). Pour chaque démarche d'adaptation on s'interrogera ainsi sur l'échelle de territorialisation des résultats.

Pour territorialiser les enjeux, trois modalités de travail, cumulables, sont possibles :

- le découpage en sous-territoires d'étude selon leurs évolutions climatiques et leur fonctionnement socioéconomique, en s'appuyant sur les axes principaux de mobilité ;
- l'évaluation des enjeux par les acteurs du territoire ;
- les études d'effets localisées plutôt qu'une prospective climatique descendante.

## 2<sup>e</sup> étape/ Identifier et territorialiser les effets du changement climatique sur la mobilité du territoire en s'appuyant sur neuf effets identifiés

---

Une fois l'horizon de temps déterminé, une fois précisé le climat auquel le territoire souhaite s'adapter, et une fois les éventuels sous-territoires définis, il s'agit d'identifier et de territorialiser les effets du changement climatique sur la mobilité du territoire.

Pour chaque sous-territoire, à l'horizon de temps déterminé et en fonction du climat projeté, on pourra s'aider des neuf effets déjà identifiés dans des études locales et, pour chacun d'eux, examiner dans quelle mesure (où, combien, comment) le territoire est concerné. L'exploration de la situation future avec des acteurs locaux permettra la déclinaison territorialisée de ces effets potentiels et leurs croisements afin d'identifier les effets domino. Sans qu'ils soient exhaustifs, neuf effets pourront ainsi être déclinés. Les cinq premiers sont permanents, les cinq derniers sont dus à des événements extrêmes (le cinquième est à la fois permanent et dû à des événements extrêmes) :

**Effet N°1/** Une hausse moyenne des températures dans le sud de l'Europe affecterait la **bonne tenue dans le temps des infrastructures ferrées et routières**, pouvant conduire non seulement à un vieillissement précoce mais aussi à des **détériorations physiques** et des **dégradations de niveau de service (durée de transport plus longue du fait de vitesses réduites pour raison de sécurité, stabilité des systèmes de signalisation) voire interruption de lignes de transport pendant certaines périodes**. À l'inverse, une diminution des épisodes neigeux et de gel pourrait être favorable à une meilleure tenue dans le temps des infrastructures de transport. Ces modifications climatiques nécessitent de faire évoluer la conception et la maintenance des infrastructures.

**Effet N°2/** Avec plus d'incertitude, une baisse des niveaux des eaux intérieures après 2050 pourrait affecter la **navigation sur les fleuves et rivières** ; cet effet concerne essentiellement le transport de marchandises.

**Effet N°3/** La hausse des températures pourrait, en hiver, au printemps et en automne, **faciliter la pratique des modes actifs** (marche, vélo). Toutefois, le vieillissement de la population invite à nuancer les potentialités de ces modes, praticables par les retraités mais peu adaptés au grand âge.

**Effet N°4/** L'évolution des conditions climatiques conduirait à une **modification géographique et temporelle des flux touristiques** : reconversion ou fermeture de stations de moyenne montagne, pression accrue sur les stations de haute altitude qui conservent un bon enneigement, allongement et augmentation de la saison estivale de montagne, éventuelle évolution de la fréquentation touristique dans le Sud et dans les villes si la chaleur est dissuasive l'été ou si la douceur printanière et automnale est propice au tourisme.

**Effet N°5/** De possibles **recompositions de la distribution spatiale de la population sont à attendre** :

- par accroissement des risques dans les zones d'habitat existantes ou projetées, parfois à proximité des transports en commun urbains ou ferroviaires (quartiers de gares) ;
- par évolution des activités : les pratiques touristiques modifiées peuvent engendrer un départ des populations de montagne qui ne trouveraient plus de revenu suffisant à leur maintien sur place ;
- en zone de montagne, par le renforcement de l'étalement urbain du fait d'un accès facilité aux zones périurbaines d'altitude ;
- par l'élargissement des zones à risques, qui provoquera une concurrence foncière accrue entre occupations du sol artificielles (habitat, économie, zones mixtes, infrastructures).

**Effet N°6/** La hausse des températures et des précipitations conduirait à une **hausse des risques** pesant sur les infrastructures : inondations, incendies de forêt, mouvements de terrain, submersion marine, retrait-gonflement des argiles ; en particulier, l'érosion du trait de côte toucherait directement les infrastructures s'y trouvant, mais modifierait aussi la localisation des flux de déplacements à venir (rapport Jouzel, mars 2015).

**Effet N°7/** Cette hausse des températures affecterait aussi le confort des voyageurs lors des épisodes de canicule. Ce phénomène serait aggravé en ville à cause de l'îlot de chaleur urbain, pouvant **accroître l'usage de la voiture individuelle climatisée**, au détriment de l'usage des transports en commun et des modes actifs.

**Effet N°8/** Du fait de la recrudescence des canicules et de leur incidence sur la **pollution** à l'ozone, les mesures de **restriction de la circulation** augmenteront probablement.

**Effet N°9/** Les conditions climatiques extrêmes (fortes chaleurs, fortes pluies, fortes neiges) peuvent engendrer des **difficultés de déplacements** pour tous (perturbations et gênes) ; ces difficultés peuvent être plus importantes pour certaines populations sensibles : les personnes âgées (de plus en plus nombreuses avec le vieillissement de la population), les jeunes enfants et les personnes à mobilité réduite ont une sensibilité particulière à ces conditions climatiques. Ces conditions pourront conduire à modifier le moment du déplacement (dans la journée, décaler les plages horaires de travail aux heures moins perturbées ou différer un déplacement non contraint un autre jour) ou encore à supprimer le déplacement (télétravail).

Les acteurs locaux pourront aussi identifier d'**autres effets** liés à leurs spécificités territoriales ou à la combinaison de plusieurs facteurs, aux incidences particulières dans certains secteurs géographiques ou pour certaines activités.

### 3<sup>e</sup> étape/ Relier effets et leviers à travers des scénarios d'adaptation, soit en précisant les enjeux, soit en précisant les leviers

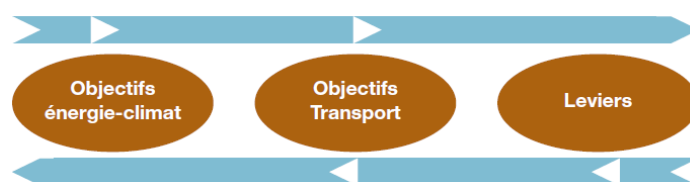
À ce stade, le pilote de la réflexion devra choisir entre deux méthodes. En effet, on pourra :

- soit poursuivre la réflexion sur les effets par un travail de hiérarchisation des enjeux et de construction d'une stratégie d'ensemble à partir de ces enjeux. Dans cette hypothèse, il s'agira de :
  - affiner si besoin **les effets avec les enjeux locaux**, en identifiant les effets indirects et effets dominos éventuels. On pourra de plus hiérarchiser l'importance de ces effets selon des critères à définir (par exemple le maintien de l'emploi local, la préservation de liaisons stratégiques...) ; ces critères constituent alors des choix stratégiques qui sont déjà le reflet d'un projet local,
  - analyser si certains effets conduisent à des **risques de rupture sans adaptation**, notamment dus à des facteurs aggravants internes ou exogènes (par exemple la saturation actuelle des infrastructures ou la faiblesse de l'offre de transports en commun),
  - identifier quelles **opportunités** le changement climatique révèle, qui pourraient être saisies localement.

Par ce travail sur les enjeux, les risques et les opportunités, une vision stratégique sera construite :

- parmi les effets, quels sont ceux sur lesquels agir prioritairement ?
- doit-on viser la continuité de l'ensemble des activités ou privilégie-t-on un repli stratégique ?

C'est la lecture de gauche à droite (flèches du haut) du schéma ci-dessous :



Source : *Transport, énergie, climat : comment mobiliser la prospective territoriale ?*

- soit travailler sur les leviers d'adaptation pour hiérarchiser ceux que le territoire souhaite actionner et pour les définir localement. C'est la lecture de droite à gauche (flèches du bas) du schéma ci-dessus. Dans cette hypothèse, on se reportera directement à la 4<sup>e</sup> étape.

La première méthode poursuit le travail d'analyse pour se doter d'objectifs d'adaptation, construire ainsi une stratégie puis la décliner en actions : elle part des objectifs que l'on veut atteindre et en déduit les actions à réaliser. La seconde méthode part des mesures possibles et acceptables localement pour élaborer une stratégie répondant aux effets identifiés : elle part des actions que l'on souhaite mettre en œuvre et en déduit une stratégie. Ces deux méthodes constituent ainsi des constructions technico-politiques différentes.

Grâce aux éléments précédents (les enjeux prioritaires dans la première hypothèse, les leviers prioritaires à mobiliser dans la seconde), on pourra **définir des scénarios possibles d'adaptation pour le territoire**. Plusieurs types de scénarios pour l'adaptation ont été rencontrés, selon l'ambition plus ou moins forte qu'ils incarnent et selon la gouvernance porteuse de cette ambition. En fonction de la réflexion locale, on pourra s'en inspirer ou imaginer d'autres visions pour son territoire :

- des scénarios sans adaptation et sans atténuation efficaces : par manque d'anticipation, le laisser-faire politique se conjugue avec une inorganisation de la société civile pour conduire à une situation de crise climatique. En réaction, certaines mesures d'urgence à moindre coût peuvent limiter les conséquences négatives. Ce type de scénario est utile pour mettre en évidence les risques, et en particulier les territoires et populations les plus fragilisés ;
- des scénarios d'adaptation et d'atténuation fortes, avec une rupture urbanistique et/ou une forte appropriation par la société civile des actions à mettre en œuvre ; ces scénarios ambitieux permettent de travailler sur les conditions d'émergence du volontarisme politique et/ou citoyen ;
- des scénarios d'adaptation et d'atténuation médians, dans lesquels soit une rupture technologique permet une atténuation, soit la société civile commence à engager des actions ; dans ces deux cas, ces scénarios doivent identifier l'écart entre les actions mises en œuvre et le niveau des enjeux.

En se projetant dans différents scénarios, le pilote de la réflexion permettra au territoire de faire des choix stratégiques conduisant à un scénario souhaitable, mixant peut-être plusieurs éléments des scénarios précédents, ou proposant un nouveau scénario.

## 4<sup>e</sup> étape/ Mobiliser sept leviers d'adaptation pour définir/affiner le scénario souhaitable d'adaptation de la mobilité et le mettre en œuvre

---

Ensuite, pour définir ou affiner le scénario souhaitable d'adaptation, on peut choisir les leviers du scénario parmi les sept leviers d'adaptation suivants :

- améliorer la connaissance des effets du changement climatique sur le territoire ;
- sensibiliser les acteurs concernés ;
- concevoir, modifier, entretenir et exploiter les infrastructures et systèmes de transport pour faire face aux effets du changement climatique ;
- adapter la localisation de l'habitat, les activités touristiques et leurs mobilités au climat futur ;
- favoriser le confort d'été des déplacements en modes actifs et en transports en commun ;
- faire évoluer les conditions de travail pour limiter les déplacements en situation dégradée ou perturbée ;
- anticiper et faciliter la mobilité des populations vulnérables aux conditions climatiques extrêmes.

Un levier n'est retenu que si l'effet auquel il répond est prioritaire, s'il est pertinent pour des scénarios jugés souhaitables ou probables. Seul un travail au plus près du terrain est en capacité de territorialiser ainsi les leviers d'action de l'adaptation.

- a) Améliorer la **connaissance** des conséquences des évolutions climatiques sur le territoire :
- développer des dispositifs de veille, de recherche et de diffusion de connaissances, par exemple à travers un observatoire, en intégrant les variables climatiques affectant les transports et la mobilité ;
  - établir un état de la vulnérabilité des réseaux de transport au changement climatique.

Cette meilleure connaissance est un levier indirect, un outil pour ajuster, au fur et à mesure de son acquisition, les autres leviers à mettre en place. Ce levier concerne tous les effets identifiés lors de la 2<sup>e</sup> étape.

- b) **Sensibiliser** les acteurs concernés (collectivités, gestionnaires de réseaux, exploitants, professions particulièrement touchées), faire en sorte qu'il s'approprient la culture du risque et la renforcer, pour activer les prises de conscience et faire évoluer en conséquence les modes de vie. La meilleure connaissance des évolutions climatiques (point précédent) est nécessaire pour cette sensibilisation, qui va conduire le territoire à s'engager dans une démarche d'adaptation grandissante. C'est un levier indirect pour dynamiser la démarche d'anticipation locale, qui concerne tous les effets identifiés lors de la 2<sup>e</sup> étape.

- c) Par rapport aux risques pesant sur les infrastructures, **concevoir, modifier, entretenir et exploiter les infrastructures et systèmes de transport** pour faire face aux effets ponctuels (évolution des risques dus aux événements extrêmes) et continus (élévation de la température, qui fait partie de la tendance de fond) du changement climatique. Ce levier concerne les effets N<sup>os</sup> 1 et 6 de la 2<sup>e</sup> étape. L'objectif est de préserver l'intégrité des infrastructures stratégiques :

- s'interroger sur la localisation des futures infrastructures afin qu'elles ne subissent pas d'aléas et pour limiter la fragmentation des espaces (maintien de la biodiversité) ;
- protéger du risque d'inondation ou de submersion marine les lignes de transport en commun structurantes, dont le métro particulièrement sensible et structurant, mais aussi le réseau routier structurant ;
- dans les secteurs à risques de ruissellement urbain, rendre plus perméable les revêtements de voirie pour limiter l'aléa, redimensionner les drainages ;
- adapter la gestion du trafic et l'information aux voyageurs : fermetures de tronçons inondés et rabattement vers les axes stratégiques hors d'eau, ou fermeture à des trafics lourds en cas de forte chaleur.

Concernant ce levier, on se reportera aux autres actions portant sur l'adaptation des infrastructures de transport au changement climatique, réalisées par le Cerema Infrastructures de transport et matériaux (bibliographie en fin de cet ouvrage).

**d) Adapter la localisation de l'habitat, les activités touristiques et leurs mobilités au climat futur.** Ce levier concerne les effets N<sup>os</sup> 4 et 5 de la 2<sup>e</sup> étape. En effet, ce climat futur a pour conséquences :

- de nouveaux risques à réévaluer et de nouvelles pollutions à l'ozone, d'où la nécessité d'une politique d'urbanisme et d'aménagement limitant l'exposition des populations ;
- un accès facilité à certaines zones de montagne, pouvant provoquer un étalement urbain accru ;
- une évolution de la fréquentation touristique et une évolution de l'offre touristique, se traduisant selon les zones touristiques, à titre d'exemples, par :
  - une reconversion (moyenne montagne pour le tourisme hivernal),
  - une moindre fréquentation (Sud de la France et villes pour le tourisme estival si la chaleur est dissuasive),
  - une fréquentation accrue (stations de montagne d'altitude élevée pour le tourisme hivernal, Sud de la France au printemps et en automne).

Ainsi, un jeu de contraintes et d'opportunités autres modifiera les critères de choix de localisation de l'habitat et des activités. Les mobilités qui en résulteront obligeront à adapter les systèmes de transport.

Ces localisations de l'habitat, des activités et des mobilités en découlant se traduiront au sein des outils de **planification du territoire** : schémas de cohérence territoriale (SCoT), plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi), plans climat air énergie territoire (PCAET), plans de déplacements urbains (PDU).

**e) Pour éviter un accroissement de l'usage de la voiture climatisée en ville, favoriser le confort d'été des déplacements en modes actifs et en transports en commun et limiter l'îlot de chaleur urbain.** Ce levier concerne les effets N<sup>os</sup> 7 et 8 de la 2<sup>e</sup> étape. Il consiste à :

- adapter les revêtements de voirie en accroissant leur albédo pour diffuser moins d'énergie, afin de limiter l'îlot de chaleur urbain en période de forte chaleur ; l'utilisation de surfaces plus claires doit être compatible avec d'autres objectifs (comme la réduction du bruit). Par exemple, on étudiera la possibilité de végétaliser la voirie qui peut l'être soit avec la même fonction (plate-forme de tramway ou stationnements enherbés), soit avec une fonction différente (voirie convertie en cheminement doux avec un revêtement moins diffuseur de chaleur) ;
- ombrager les voies de déplacements doux (voies piétonnes et cyclables), par exemple à l'aide d'espèces végétales (adaptées au climat futur) ;
- rafraîchir les transports en commun : aménagements, évolution du matériel roulant (climatisation), ombrage des terminus, rafraîchissement nocturne des dépôts de matériels roulants.

En offrant une alternative meilleure à la voiture, ce levier favorise également l'atténuation du changement climatique par la mobilité, en cohérence avec la déclinaison locale de la stratégie nationale bas carbone (SNBC).

**f) Faire évoluer les conditions de travail pour limiter les déplacements** en situation dégradée ou perturbée. Ce levier concerne l'effet N° 9 de la 2<sup>e</sup> étape. Il consiste à :

- en période de forte chaleur : adapter les horaires pour éviter les heures les plus chaudes ;
- lors d'événements climatiques exceptionnels (fortes pluies) : faciliter le télétravail pour éviter les déplacements en situation perturbée.

**g) Anticiper et faciliter les déplacements des populations vulnérables** aux conditions climatiques extrêmes. Ce levier concerne également l'effet N° 9 de la 2<sup>e</sup> étape. Il consiste à :

- localiser les services de santé de manière accessible pour ces populations, y compris lors d'événements climatiques extrêmes ;
- assurer des possibilités de déplacement minimales en conditions extrêmes pour ces populations, avec si besoin des services spécifiques.

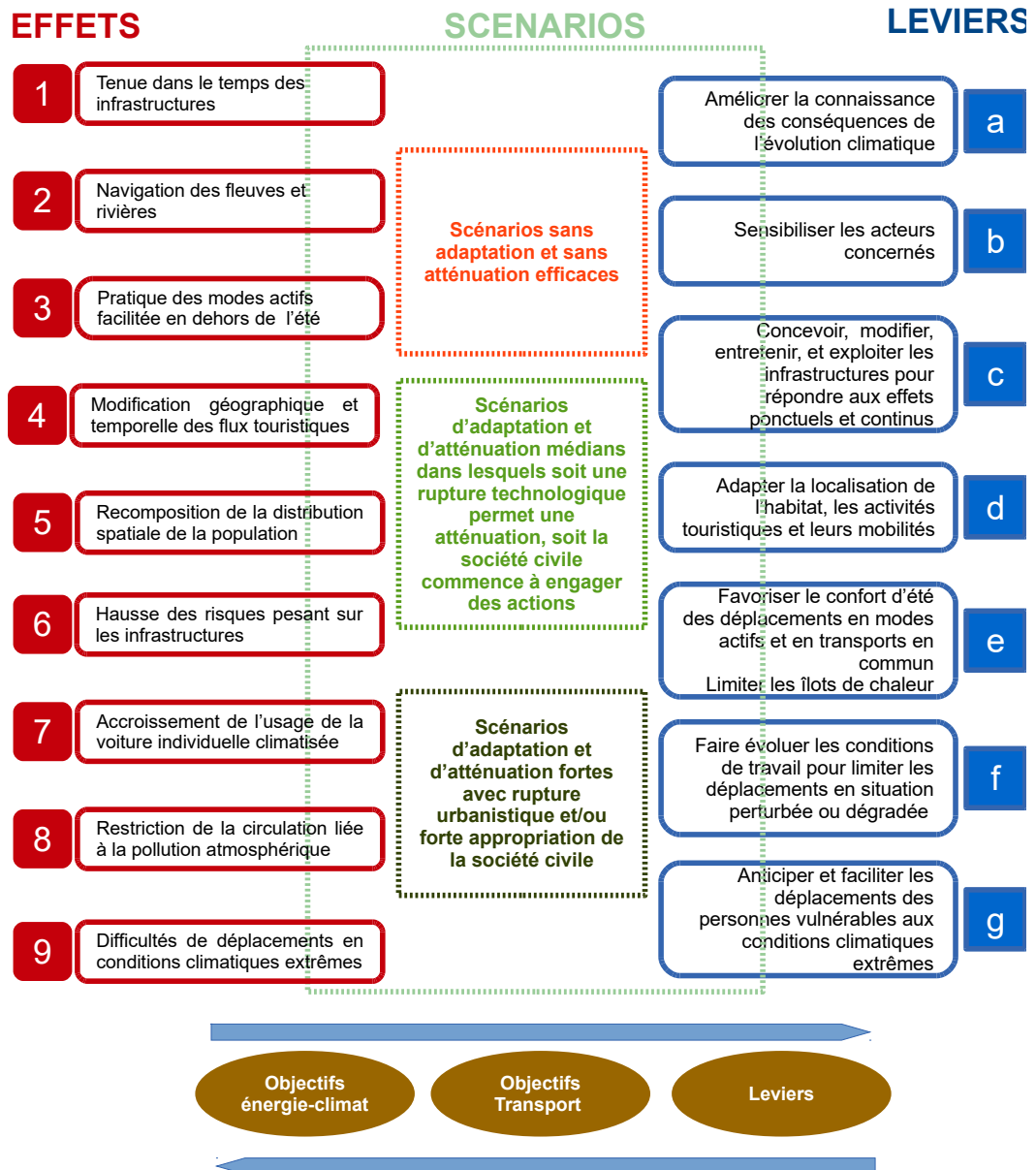
Ces différents leviers d'adaptation ne doivent pas faire oublier l'objectif d'atténuation, avec lequel on s'assurera de la cohérence des politiques menées.

À travers cette partie, le lecteur aura pu construire sa démarche grâce à quelques principes préalables puis à quatre étapes :

- cadrer l'horizon de temps, le climat futur et la territorialisation des résultats ;
- identifier les effets du changement climatique sur la mobilité du territoire, en s'appuyant sur neuf effets répertoriés ;
- élaborer des scénarios avec deux méthodes possibles et trois familles de scénarios répertoriées ;
- choisir un scénario et des leviers de mise en œuvre en s'appuyant sur sept leviers répertoriés.

Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique nécessite d'engager une démarche d'anticipation complexe. Sa réussite repose sur :

- une explication des différentes étapes de la démarche et des méthodes à l'œuvre, afin que les différents acteurs soient partie prenante de la réflexion ;
- une appropriation des résultats de démarches d'adaptation déjà menées par certains territoires : connaissance de neuf effets du changement climatique à territorialiser sur son territoire, de trois familles de scénarios dont s'inspirer, de sept leviers d'action à utiliser ; ce repérage dans l'état de l'art actuel est fourni ici comme appui et tremplin, mais ne doit pas empêcher chaque territoire d'inventer les effets, les scénarios, les leviers qui lui sont spécifiques ;
- un partage des nombreux choix à opérer (choix de temps, de climat, de gouvernance, de méthode, de scénarios, de leviers), afin d'engager les parties prenantes du territoire dans des actions à la hauteur des objectifs d'adaptation visés.



Dans la partie suivante, le lecteur trouvera une présentation de trois études régionales françaises, qui ont suivi la démarche et les méthodes expliquées dans la partie précédente. On y trouvera un détail des méthodes utilisées ainsi que les avantages et limites des choix opérés.



# Trois exemples d'études régionales françaises d'adaptation au changement climatique

## Présentation du contexte des trois études régionales françaises analysées

Les schémas régionaux climat air énergie (SRCAE), co-élaborés par l'État et la Région, doivent<sup>2</sup> :

- analyser la vulnérabilité de la région aux effets du changement climatique, identifier les territoires et les secteurs d'activités les plus vulnérables et définir les enjeux d'adaptation auxquels ils devront faire face ;
- fixer des orientations visant à adapter les territoires et les activités socioéconomiques aux effets du changement climatique ;
- formuler des recommandations, notamment en matière de transport et d'urbanisme, de nature à contribuer aux orientations qu'il définit.

Les plans climat énergie territoire et les plans de déplacements urbains doivent être compatibles avec les objectifs et orientations du SRCAE.

Au-delà des éléments réglementaires, les SRCAE des Régions Rhône-Alpes et Bourgogne ont développé leurs propres méthodes d'analyse de la vulnérabilité de leurs territoires. Le SRCAE Rhône-Alpes a en particulier bénéficié d'une étude préalable interrégionale prospective sur les effets du changement climatique, commanditée par la mission d'études et de développement des coopérations interrégionale et européenne (MEDCIE). C'est pourquoi ces trois démarches (étude MEDCIE, SRCAE Rhône-Alpes, SRCAE Bourgogne) ont été retenues pour un retour d'expérience.

Cette première partie livre, pour chacune d'elles, une analyse :

- de la démarche : structuration de la réflexion en étapes de travail, intervention d'expertises nationale ou locale, mobilisation d'acteurs locaux ;
- des méthodes d'analyse des effets du changement climatique et de la vulnérabilité des territoires ;
- des mesures d'adaptation de la mobilité prises ou évoquées.

Enfin, une synthèse des apports de chaque étude sur ces trois points clôt chaque analyse.

À noter deux évolutions majeures du contexte actuel concernant ce type d'études en France :

- avec la loi<sup>3</sup> relative à la délimitation des Régions, le périmètre de la plupart des Régions s'est élargi par fusion de Régions ; ainsi, les futures études régionales sur l'adaptation devront accorder une importance particulière à la territorialisation de leurs résultats ;

2 Décret n° 2011-678 du 16 juin 2011 relatif aux SRCAE, pris en application de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle 2

3 Loi n° 2015-29 du 16 janvier 2015.

- avec la loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République (dite loi NOTRe), le SRCAE sera intégré au schéma régional d'aménagement et de développement durable et d'égalité des territoires, à l'horizon 2019. Le projet d'adaptation au changement climatique que comprendra ce schéma de portée plus vaste pourra s'inspirer des exemples d'études régionales présentés dans cette partie.

## L'étude MEDCIE Grand Sud-Est

---

### A/ Une démarche qui croise prospective climatique et prospective territoriale

Cette étude prospective des effets du changement climatique sur le Grand Sud-Est a été pilotée par la mission d'études et de développement des coopérations interrégionale et européenne (MEDCIE) des préfetures des Régions Auvergne, Corse, PACA, Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon et financée par la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR, actuel Commissariat général à l'égalité des territoires, CGET). Elle couvre donc un territoire de cinq régions. Débutée en 2008, elle s'est achevée en 2011.

La démarche entreprise a la particularité de coupler une prospective climatique et une prospective socioéconomique. Par le croisement des deux prospectives, l'étude propose une analyse dynamique de la vulnérabilité des différents sous-territoires déterminés au changement climatique, intégrant l'évolution possible de l'aménagement et du fonctionnement de chacun d'eux.

Elle débouche sur des propositions de mesures d'adaptation, priorisées en fonction des trois scénarios de fonctionnement du territoire.

### B/ Une méthode d'analyse des effets et de vulnérabilité en six étapes pour établir des propositions de mesures priorisées

L'étude commence par une **1<sup>re</sup> étape de prospective climatique**, qui transpose trois scénarios du GIEC localement pour fixer des températures et des précipitations en 2030, 2050 et 2080.

Ensuite, la **2<sup>e</sup> étape évalue les effets du changement climatique**, selon sept territoires au fonctionnement homogène (espace alpin, littoral languedocien et catalan, littoral provençal, sud vallée du Rhône, Corse, Massif central, métropole lyonnaise), par thématique. Ce travail est réalisé par synthèse d'études et grâce à du dire d'experts. Les effets sur la mobilité sont les suivants :

- **tourisme :**
  - nécessaire ajustement de l'offre des stations de moyenne montagne, voire risque de fermeture de stations de ski si elles ne se reconvertissent pas,
  - remise en cause possible de l'économie touristique hivernale,
  - gestion d'un risque de pression touristique accrue sur les stations de haute altitude,
  - exposition accentuée des touristes aux risques naturels,
  - l'été, développement du tourisme rural et montagnard,
  - allongement de la saison estivale,
  - impact négatif des canicules sur la fréquentation touristique, notamment dans le Sud et dans les villes,

- impacts éventuels indirects de la politique d'atténuation *via* des coûts de transport qui seraient plus élevés, conduisant à une modification de la distribution internationale des flux touristiques (évolution des stratégies des opérateurs touristiques) ;
- **risques et infrastructures de transport :**
  - probable augmentation des mesures de restriction de la circulation du fait de la recrudescence des canicules et de leur incidence sur la pollution à l'ozone, avec des effets notamment sur l'attractivité des périphéries et du périurbain,
  - nécessaire adaptation des moyens de transport aux nouvelles conditions climatiques,
  - détérioration des routes et voies ferrées, interruption de lignes de transport pendant certaines périodes,
  - exposition accrue des infrastructures aux risques naturels.

Après avoir choisi un des scénarios du GIEC (le scénario A1B) pour préciser le niveau d'amplitude du changement climatique, la **3<sup>e</sup> étape analyse la vulnérabilité au changement climatique** par territoire en supposant un fonctionnement socioéconomique constant du territoire concerné. Il s'agit alors de croiser les aléas et les enjeux pour évaluer un niveau de vulnérabilité (limité, moyen, fort, très fort). Ce travail analyse :

- l'exposition actuelle au changement climatique ;
- la vulnérabilité future au changement climatique ;
- le risque de rupture lié au changement climatique ;
- les facteurs d'aggravation exogènes au territoire ;
- les facteurs d'aggravation internes au territoire.

Par exemple, sur le littoral provençal, la saturation actuelle des infrastructures de transport et la faiblesse de l'offre en transports en commun apparaissent comme des facteurs aggravants de la perturbation du fonctionnement du territoire qu'engendre l'érosion du trait de côte.

	Exposition actuelle au Changement climatique			Vulnérabilité future au Changement climatique			Risque de rupture liée au Changement climatique		Facteurs d'aggravation exogènes au territoire		Facteurs d'aggravation interne au territoire	
	Aléa	Enjeux	Niveau d'exposition	Aléa	Enjeux	Niveau d'exposition	Tension : aléa/enjeux	Niveau d'exposition	Facteurs et conséquences	Niveau d'exposition	Facteurs et conséquences	Niveau d'exposition
<b>Territoire cohérent en termes d'aménagement et d'évolution climatique</b>	Erosion, recul des côtes et submersion marine	Littoral fortement urbanisé		Côtes urbanisées			Recul trait de côte/Remise en cause de l'urbanisation résidentielle et tourisme		Concurrence touristique d'autres territoires littoraux Migration de la population âgée / Remise en cause du bénéfice issu des systèmes de solidarité nationale		Saturation du foncier et des infrastructures de transport Offre de TC faible	

Niveau de vulnérabilité « très fort »  
 Niveau de vulnérabilité « fort »  
 Niveau de vulnérabilité « moyen »  
 Niveau de vulnérabilité « limité »

Extrait de la synthèse des enjeux par territoire, étude MEDCIE, phase 2, Cerema/B. Ronez

La **4<sup>e</sup> étape applique trois scénarios socioéconomiques à 2050**, en faisant varier le fonctionnement du territoire selon trois visions prospectives :

- scénario A : « La préservation de la civilisation périurbaine par un investissement technique renforcé » ;
- scénario B : « La sobriété énergétique et spatiale et la coopération des territoires » ;
- scénario C : « L'absence de coopération et le déficit de moyens ».

Pour chaque scénario, les questions de mobilité sont décrites pour chacun des sept territoires homogènes.

2050 – scénario climatique A1B		
IMPACTS déplacements - Scénario A « La préservation de la civilisation péri-urbaine par la technologie »	IMPACTS déplacements - Scénario B « La sobriété énergétique et spatiale et la coopération des territoires »	IMPACTS déplacements - Scénario B « L'absence de coopérations et le déficit de moyens »
- Pop France : 67 millions d'habitants - Pop grand Sud-Est : 17,5 millions d'habitants - Prix baril : 150\$ HT - Taxe carbone : 30€/TCO2	- Pop France : 70 millions d'habitants - Pop grand Sud-Est : 19,8 millions d'habitants - Prix baril : 300\$ HT - Taxe carbone : 250€/TCO2	- Pop France : 59 millions d'habitants - Pop grand Sud-Est : 15,4 millions d'habitants - Prix baril : 100\$ HT - Taxe carbone : 0€/TCO2
Poursuite du développement des agglomérations. Forte croissance économique permet d'atténuer les coûts énergétiques pour les ménages. Les collectivités se mobilisent peu pour limiter le phénomène. <b>Métropole Lyonnaise</b> : La métropolisation sur Lyon implique une périurbanisation accentuée ; d'où une augmentation des déplacements automobile et des mesures de restriction de la circulation fréquente qui paralysent l'activité locale. Fragilisation du tourisme urbain (canicule). <b>Sud vallée du Rhône</b> : Renforcement des capacités de transport. Mesures de restriction de circulations fréquentes. Déclin de l'activité touristique. <b>Littoral Provençal</b> : Infrastructures de transports du littoral engorgées. Poursuite de l'étalement urbain rend difficile le développement des transports en commun. Baisse de l'activité touristique. <b>Littoral Languedocien et catalan</b> : Périurbanisation croissante implique une hausse des distances quotidiennes. Menace sur le trait de côte et les infrastructures s'y trouvant. Attractivité touristique fortement pénalisée. <b>Espace Alpin</b> : Mise en service de grands projets (Lyon-Turin, Haut Bugey et percée ferroviaire de Montgenève). Dispersion de l'habitat maintient une dépendance aux énergies fossiles. Diversification de l'offre touristique. <b>Espace Massif Central</b> : Planification pour une re-densification ciblée. Grands projets achevés (RN88 entre Albi et l'A75 / A89 Lyon-Balagny et RN88 entre Le Puy et Saint-Etienne / LGV Poitiers-Limoges, Paris-Lyon par le Nord de l'Auvergne, Lyon-Bordeaux via Clermont-Ferrand et Limoges). Diversification de l'offre touristique. <b>Corse</b> : Progression des surfaces urbanisées et saturation des infrastructures routières par l'accroissement du nombre de véhicules particuliers. Tourisme pénalisé.	Dynamiques de périurbanisation quasi interrompues. Retour des populations vers les centres. Des mobilités organisées autour des TC. <b>Métropole Lyonnaise</b> : Densification des zones déjà urbanisées. Forts investissements dans les transports en commun qui deviennent concurrentiels à l'automobile pour l'interurbain. La population cherche à réduire ses déplacements (énergie chère), et cherche donc une localisation en cœur d'agglomération. Infrastructures actuelles en saturation donc renforcement des réseaux de transports en commun inter-urbains vers les centres secondaires. <b>Sud vallée du Rhône</b> : Réduction des fonctions de transit de la vallée du Rhône (nuisances, risques). Couloir de transit dans le Massif Central. L'offre de transport en commun se renforce et est cohérente. <b>Littoral Provençal</b> : Maîtrise foncière. Système de transport alternatif à l'automobile performant à l'échelle du littoral (desserte TGV des grandes villes + TER cadencé + TC urbains et modes doux). Permet de désengorger les infrastructures existantes. Développement de circuits courts. Diversification de l'offre touristique. <b>Littoral Languedocien et catalan</b> : Renforcement de l'offre de transport en commun et modes doux. Protection des infrastructures au risque submersion. <b>Espace Alpin</b> : Diversification du tourisme. Développement des circuits courts. Densification des zones urbanisées. Structuration polycentrique des infrastructures. <b>Espace Massif Central</b> : Concentration sur les villes existantes. Limitation de l'habitat diffus. Priorité aux grands projets ferroviaires (LGV Limoges-Poitiers). Développement des circuits courts. <b>Corse</b> : Développement résidentiel sur les centres. Étalement du tourisme sur 4 saisons. Optimisation de l'offre de transport en commun.	Dynamiques urbaines régulées au cas par cas du fait de l'absence de politique nationale. Les coûts énergétiques augmentent modérément. <b>Métropole Lyonnaise</b> : Projets d'infrastructures retardés ou abandonnés (LGV Lyon-Turin et Centre- France). Périurbanisation continue. Hausse des dépenses de déplacements. Restriction de la circulation qui paralyse l'activité locale. <b>Sud vallée du Rhône</b> : Développement de la fonction de transit de la vallée. Mitage urbain et coût des déplacements augmentent. Restriction de la circulation paralyse l'activité locale. Déclin de l'attractivité touristique du territoire. <b>Littoral Provençal</b> : Périurbanisation croissante, hausse des distances quotidiennes, engorgements des réseaux routiers. Les transports en commun sont saturés et l'inconfort renforcé par les canicules. Mesures de restrictions de la circulation et conséquence économique. <b>Littoral Languedocien et catalan</b> : Dégradation de l'attractivité du territoire ; faible offre de transport en commun, engorgement des réseaux routiers. Baisse d'attractivité touristique. <b>Espace Alpin</b> : Consommation de l'espace accrue. Politiques de l'offre de transports en commun difficile à mettre en œuvre. La consommation énergétique du secteur transport augmente. <b>Espace Massif Central</b> : Les projets d'infrastructures de transport permettent de désenclaver le territoire (RN88 entre Albi et l'A75 / A89 Lyon-Balagny et RN88 entre Le Puy et Saint-Etienne / LGV Poitiers-Limoges). Habitat dispersé et fort développement de l'automobile. Allongement des distances parcourues. <b>Corse</b> : Priorité à l'amélioration du réseau routier et à la valorisation du foncier disponible pour attirer des résidents. Progression démographique ralentie néanmoins.

Synthèse des trois scénarios de prospective territoriale à l'horizon 2050 concernant la mobilité ; le scénario du GIEC retenu est A1B

Lors de la **5<sup>e</sup> étape**, les bureaux d'étude ont produit une série de **propositions de mesures d'adaptation**.

Enfin, en **6<sup>e</sup> étape**, les trois scénarios socioéconomiques sont utilisés pour prioriser les mesures d'adaptation en fonction du contexte socioéconomique. Par exemple, l'obligation de nouveaux revêtements de voirie adaptés à la canicule et aux risques de ruissellement urbain apparaît prioritaire dans le scénario A où la tendance est à un fort investissement dans les infrastructures, alors que cette mesure ne sera pas retenue dans le scénario C où les marges de manœuvre financières ne le permettent pas.

## C/ Des propositions techniques de mesures d'adaptation de la mobilité limitées

Les mesures d'adaptation proposées par l'étude MEDCIE sont des propositions techniques de bureaux d'études, qui ne définissent pas une politique publique des maîtres d'ouvrage.

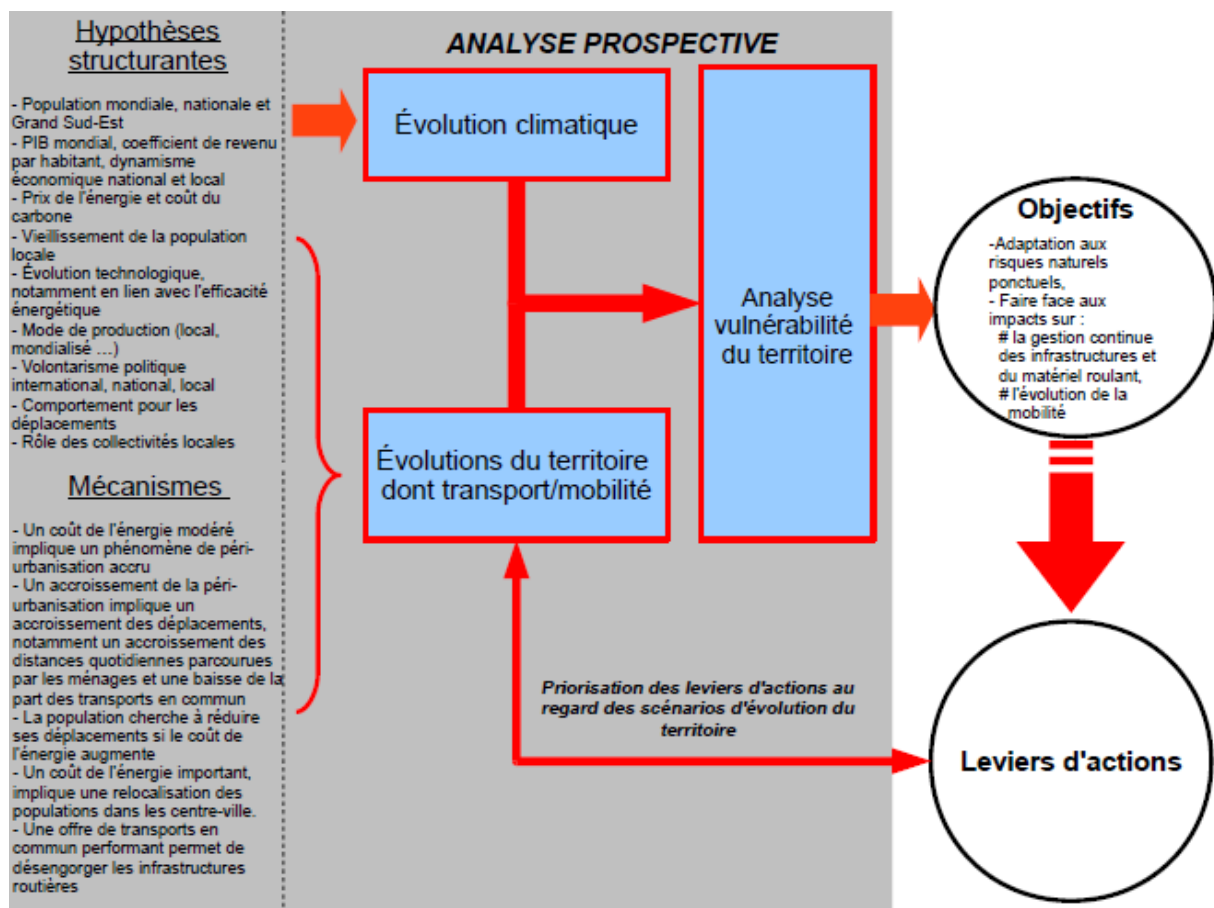
Concernant l'adaptation au changement climatique de la mobilité, elles comportent :

- des orientations globales de **réflexion et de sensibilisation des acteurs** concernés :
  - connaissance du changement climatique (cartographie),
  - culture du risque,
  - cadre d'analyse de projets urbains, analyse de risque climat dans les SCoT et PLU ;
- ainsi que des éléments concernant la **conception et l'entretien des infrastructures** (revêtements adaptés à la canicule et au risque de ruissellement urbain, perméabilisation des voiries dans les zones à risques) ;
- une orientation concernant la mobilité : **convertir des espaces de voirie en espaces de déplacements doux et verts**. Pour cela, il s'agira tout d'abord d'identifier des espaces de voirie

susceptibles d'être convertis en espaces verts dans le cadre d'un programme de trame verte, et de saisir les opportunités d'enherbement des plates-formes de tramway, ainsi que les opportunités lors des projets urbains ANRU.

## D/ Synthèse des apports de l'étude MEDCIE

La méthode adoptée par l'étude MEDCIE peut être schématisée ainsi :



Synthèse de la méthode de l'étude MEDCIE, Cerema/B. Ronez

Les apports de cette expérience d'étude MEDCIE sont les suivants :

- **le croisement d'une prospective climatique et d'une prospective territoriale** comprend de nombreux avantages :
  - il évite de figer la réflexion dans la situation actuelle ou dans un scénario idéal, en intégrant la variabilité des futurs possibles,
  - il accroît la pertinence de l'étude de vulnérabilité du territoire puisqu'elle intègre les évolutions et les ruptures possibles des politiques d'aménagement,
  - il territorialise la réflexion pour penser les mesures d'adaptation appropriées au territoire,
  - il souligne de plus la portée des décisions politiques locales d'aménagement du territoire en remettant au centre des discussions les leviers d'actions des décideurs et acteurs du territoire pour adapter le territoire au changement climatique,
  - il aboutit à une priorisation des mesures d'adaptation selon les trois scénarios socio-économiques : les mesures sont pertinentes au regard d'un contexte donné, incertain.

Ainsi, bien plus que la seule évolution du climat, le fonctionnement du territoire et la décision des acteurs qui le composent sont décisifs pour identifier et hiérarchiser les effets pertinents et arrêter des leviers d'adaptation cohérents avec les projets de territoire ;

- le **travail sur sept sous-territoires** donne une vision plus fine que l'échelle interrégionale de l'étude : pour chacun des sept sous-territoires, des fonctionnements et vulnérabilités sont établis, à partir desquels des leviers peuvent agir ;
- un travail sur les facteurs internes d'aggravation de la vulnérabilité **évalue la capacité d'un territoire à adapter sa mobilité plus ou moins facilement.**

Enfin, les méthodes de construction de scénarios utilisées soulèvent également **quelques questions qui constituent autant de pistes de réflexion :**

- le choix d'un scénario climatique fixe non seulement les émissions de GES et donc les évolutions des variables climatiques, mais il est aussi sous-tendu par des choix d'évolutions démographiques et économiques mondiales. Or, les trois scénarios socioéconomiques de fonctionnement du territoire font des hypothèses qui peuvent s'avérer plus ou moins convergentes avec les hypothèses socioéconomiques du scénario climatique retenu. On peut certes avoir des évolutions socioéconomiques locales différentes de la moyenne mondiale, mais ces différences méritent d'être explicitées et le rapprochement entre les hypothèses des deux types de scénario (climatique et socioéconomique) mérite certainement d'être réalisé. Ceci permettrait de relier réflexion locale d'adaptation et réflexion mondiale d'atténuation ; cette liaison peut passer par un rapprochement avec les objectifs locaux d'atténuation, qui peuvent toutefois différer de ceux du scénario du GIEC choisi dans la réflexion d'adaptation selon que l'on adopte une approche :
  - pragmatique, qui retiendra une trajectoire de GES que l'on est capable d'atteindre en fonction de la trajectoire actuelle,
  - volontariste, qui visera un objectif d'émission de GES,
  - catastrophiste, qui prendra en compte la pire trajectoire de GES étant donné la trajectoire actuelle ;
- les scénarios sont construits sur la base d'hypothèses socioéconomiques et de mécanismes de causalité engendrant une réaction des territoires à ces hypothèses. Les hypothèses concernent :
  - la démographie : population, vieillissement,
  - l'économie : le PIB, le dynamisme économique, le revenu par habitant,
  - l'énergie : prix de l'énergie, coût du carbone.

Les mécanismes de causalité ne sont pas explicités. En ce qui concerne la mobilité, d'après une analyse de ces scénarios, ceux-ci semblent se baser sur les mécanismes suivants :

- a)** Un coût de l'énergie modéré entraîne une périurbanisation accrue. Inversement, si le coût de l'énergie augmente, la population cherche à réduire ses déplacements. Un coût de l'énergie important implique une relocalisation des populations dans les centres-villes.
- b)** Une périurbanisation accrue engendre un accroissement des déplacements, notamment un accroissement des distances quotidiennes parcourues par les ménages et une baisse de la part modale des transports en commun.
- c)** Une offre de transports en commun performante permet de désengorger les infrastructures.

Ces mécanismes ne sont pas justifiés ; nous pouvons supposer qu'ils sont soit issus de prolongations de tendances actuelles, soit d'une logique de bon sens. Ils reposent essentiellement sur des éléments qui font débat dans la communauté scientifique :

- les impacts supposés d'un accroissement du coût de l'énergie sur le comportement des ménages et les déplacements ;

- le lien entre accroissement de la densité et réduction des déplacements ;
- l'efficacité supposée et systématique de l'amélioration de l'offre de transport pour atteindre des objectifs climatiques, réduire la congestion et améliorer la qualité de l'air.

Enfin, les scénarios auraient pu intégrer des éléments de rupture, comme un fort volontarisme politique ou sociétal.

Le deuxième exemple d'étude régionale, celui du SRCAE Rhône-Alpes, s'est nourri de l'étude MEDCIE réalisée.

## le SRCAE Rhône-Alpes

---

### A/ Le rôle central d'un groupe d'acteurs locaux dans une démarche en trois étapes

- études préalables
- analyse de la vulnérabilité
- finalisation des orientations

La Région et l'État ont organisé l'élaboration du volet adaptation du SRCAE en trois étapes, pour une adoption du schéma en avril 2014, après une première version du document rendue publique en décembre 2011.

#### 1<sup>re</sup> étape d'études préalables

#### L'étude MEDCIE, une prospective climatique, des expertises thématiques d'effets et une synthèse « AFOM » (atouts, faiblesses, opportunités, menaces)

Le SRCAE a bénéficié de réflexions menées en amont de son élaboration :

- l'étude interrégionale MEDCIE Grand Sud-Est (présentée précédemment). Cette étude a été synthétisée et ses résultats ont été territorialisés et croisés avec d'autres travaux ;
- un guide produit par l'association Rhône-Alpes Énergie Environnement en 2007 : *Changement climatique : comment s'adapter en Rhône-Alpes*.

De plus, deux études préalables ont été réalisées spécialement par Météo France Centre-Est :

- une étude du climat de la région Rhône-Alpes ;
- une prospective du changement climatique de la région Rhône-Alpes.

Enfin, un travail bibliographique et la consultation d'experts ont conduit à la réalisation de fiches d'effets du changement climatique sur onze thématiques :

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| ▪ ressource en eau | ▪ industrie             |
| ▪ biodiversité     | ▪ tourisme              |
| ▪ forêt            | ▪ bâtiments – urbanisme |
| ▪ risques          | ▪ population            |
| ▪ santé            | ▪ montagne              |
| ▪ agriculture      |                         |

L'ensemble de ces travaux a alors fait l'objet d'une synthèse, notamment sous la forme d'un travail sur les atouts, faiblesses, opportunités, menaces (AFOM) : *Engagement du volet adaptation au changement climatique du SRCAE – état de la connaissance en Rhône-Alpes*.

Deux remarques de méthode sur cette 1<sup>re</sup> étape :

- la mobilité et les transports ne font pas l'objet d'une thématique en eux-mêmes, mais d'une approche indirecte : les réflexions sur les risques, sur l'urbanisme, le tourisme, la population ou la montagne intègrent les questions de mobilité ;
- de plus, la prospective a concerné la question climatique, mais l'ensemble de l'évolution du territoire n'a pas fait l'objet d'une réflexion prospective : c'est une approche à territoire constant et climat changeant.

## 2<sup>e</sup> étape d'analyse de la vulnérabilité

### Trois ateliers d'un groupe d'acteurs locaux

Un panel d'acteurs locaux a été constitué, rassemblant État, élus, associations, syndicats et universitaires, pour travailler sous forme d'ateliers sur :

- la vulnérabilité (1<sup>er</sup> atelier),
- les enjeux prioritaires (2<sup>e</sup> atelier),
- les orientations et recommandations (3<sup>e</sup> atelier).

Ces trois ateliers de travail ont permis de :

- diffuser et partager la connaissance des scénarios climatiques possibles, s'approprier la synthèse des études préalables ;
- construire collectivement les vulnérabilités, avec une validation et une territorialisation par les acteurs locaux des effets élaborés par les experts, et enfin une déclinaison fine des enjeux par type de territoire ;
- hiérarchiser les enjeux et proposer des orientations et recommandations.

## 3<sup>e</sup> étape de finalisation des orientations

### Trois orientations transversales de réduction de la vulnérabilité

Les maîtres d'ouvrage du SRCAE Rhône-Alpes ont fait le choix de faire ressortir plusieurs types d'orientations :

- des orientations sectorielles (dont urbanisme et transport, bâtiment...),
- des orientations structurantes (gouvernance, précarité énergétique...),
- des orientations transversales : traitant d'une part de la qualité de l'air et d'autre part de l'adaptation au changement climatique.

Les travaux ont conduit à retenir trois orientations transversales d'adaptation :

- intégrer l'adaptation climatique dans les politiques territoriales ;
- gérer la ressource en eau dans une perspective de long terme ;
- améliorer et diffuser la connaissance des effets du changement climatique pour la région.



## B/ Une analyse thématique des effets du changement climatique qui concerne indirectement la mobilité, mais une territorialisation qui intègre le fonctionnement des territoires et la mobilité

L'approche indirecte de la mobilité nécessite de parcourir les différents documents (fiches thématiques d'effets, synthèse des études préalables, orientations du SRCAE), pour extraire et rassembler les éléments qui concernent la mobilité. Toutefois, l'approche territoriale par les acteurs locaux permet d'intégrer le fonctionnement du territoire, et donc les questions de mobilité, à l'analyse de vulnérabilité au changement climatique.

Concernant les **risques**, la région est touchée par un accroissement des risques naturels :

- risque d'inondations notamment dans la vallée du Rhône, les fonds de vallées alpines et les plaines alluviales, où sont localisées de nombreuses infrastructures de transport locales, régionales et internationales. En vallée du Rhône, de Vienne à Valence, les risques diminuent la surface du foncier facilement accessible, ce qui entraîne une compétition accrue pour son usage : infrastructures de transport, habitat et activité économique (effet domino) ;
- risque d'incendies en Ardèche et dans la vallée du Rhône (A7 et ligne TGV) ;
- risque de mouvements de terrain en zone de montagne.

L'entretien, la localisation et la conception des infrastructures de transport doivent ainsi s'adapter à ces risques soit nouveaux, soit d'incidence accentuée. Le rapport de synthèse des études préalables conclut que « *le contexte topographique de la région, avec une concentration des flux sur un nombre d'axes limité, souvent en zone à risque (vallée du Rhône, vallées alpines...) et l'absence de possibilité de contournement engendrent une vulnérabilité accrue* ».

De plus, **l'inconfort thermique en milieu urbain durant les périodes de chaleur** aura des effets sur la répartition journalière de la mobilité et sur le volume des déplacements en voiture particulière climatisée.

Le rapport de synthèse des études préalables note que « *les périodes de chaleur sont susceptibles de conduire à une dégradation des infrastructures routières (amollissement des routes, création d'ornières, etc.) et ferroviaires (déformation des voies) et à une baisse du confort thermique des moyens de transport avec un risque accru de recours à la climatisation. Cet impact peut être très significatif sur le plan de la qualité de service. En effet, il conduirait à l'interruption temporaire de lignes de transport, à une durée de transport plus longue sur un trajet ferroviaire du fait de limites de vitesse réduites pour raisons de sécurité liées à la tenue du matériel, mais également à des coûts de maintenance supplémentaires et à un vieillissement prématuré* ». De plus, avec le radoucissement hivernal, la succession plus importante de l'alternance des cycles gel / dégel est de nature, elle aussi, à dégrader les revêtements de surface des chaussées.

Concernant **le tourisme**, qui représente 7 % du PIB régional, l'analyse pointe une évolution des saisons et des localisations touristiques :

- en montagne (les trois quarts du territoire régional sont en zone de massif) : des simulations réalisées par le centre d'études de la neige du Centre national de recherches météorologiques ont montré qu'en cas de réchauffement de +2° C par rapport aux décennies 1980 et 1990 dans les Alpes du Nord, la durée d'enneigement devrait diminuer d'un mois et l'épaisseur du manteau neigeux de 40 cm. Un rapport de l'OCDE de 2007 établit que sur les 102 stations de montagne de la région, seules 68 conservent un enneigement naturel fiable en cas de réchauffement de +2° C, et seulement 44 en cas de réchauffement de +4° C. Ces évolutions hivernales pourraient :

- faire baisser les revenus liés au tourisme hivernal notamment pour les stations à trop faible enneigement, avec un risque de départ des populations de montagne qui ne trouveraient plus d'activité,
- inversement, concentrer la fréquentation dans les stations les mieux enneigées, certaines stations de Savoie notamment, conduisant à un accroissement de la pollution de l'air (effet cascade).

La fréquentation de la montagne en été pourrait en revanche s'accroître par la recherche de fraîcheur ;

- en ville (un habitant sur deux habite dans une agglomération de plus de 50 000 habitants, dont les quatre grandes aires urbaines de Lyon, Grenoble, Saint-Étienne, Annemasse, concentrant près de 3 millions d'habitants), l'augmentation des températures (îlot de chaleur urbain) entraînerait un risque de baisse de la fréquentation touristique ;
- dans l'espace rural, le souhait des individus de s'éloigner de l'inconfort thermique des îlots de chaleur urbains provoquerait une possible hausse de la fréquentation.

Ces éléments de vulnérabilité pour le transport à motif de tourisme ou de loisir sont accrus par :

- l'importance des flux de transports locaux, régionaux et internationaux ;
- l'étalement urbain, signalé comme un risque aggravant, car les déplacements domicile-travail depuis la montagne seraient facilités l'hiver (déplacements quotidiens).

Ainsi, la région pourra comporter des zones de saturation et des risques de rupture de liaisons.

Concernant les **populations** :

- du fait de difficultés de vie accrues dans les zones de moyenne montagne limitrophes de la Drôme et de l'Ardèche, ou plus au sud de la région méditerranéenne, une augmentation de la population est pressentie dans ces deux départements, avec un étalement urbain accru et donc une mobilité accrue, alors que les infrastructures de transport sont plus vulnérables (effet cascade) ;
- en zone de montagne, l'accès hivernal facilité à la montagne pourrait faciliter l'étalement urbain vers des secteurs plus en altitude. De plus, le réchauffement climatique pourrait amplifier les répercussions sanitaires des pollutions de la cuvette grenobloise. En effet, l'ozone est produit par réaction photochimique à moyenne altitude, donc dans des secteurs qui risquent de s'urbaniser à moyen terme ;
- une relative dégradation de la qualité de vie apparaîtrait dans l'agglomération lyonnaise, par inconfort thermique ;
- dans le nord lyonnais et le bassin de Bourg-en-Bresse, la vulnérabilité aux inondations des tracés ferroviaires et des projets d'urbanisation le long ces axes ferroviaires invite à une mesure préventive pour éviter l'urbanisation en zones inondables.

Pour hiérarchiser les enjeux, le travail d'atelier les a évalués par une note, sur la base de critères proposés par la maîtrise d'ouvrage. Parmi ces critères, les suivants sont en lien avec la mobilité :

- un mode de développement plus durable prenant en compte le sol et le coût de l'environnement ;
- le maintien de l'emploi ;
- des villes denses et attractives ;
- ne pas accroître la mortalité en période de canicule ;
- ne pas accroître les capacités d'enneigement artificiel en montagne et savoir accompagner les stations de ski dans la diversification.

## C/ Les mesures d'adaptation prises par le SRCAE Rhône-Alpes

Les orientations retenues sur l'adaptation ne concernent qu'à la marge les questions de mobilité. Elles visent à :

- améliorer la **connaissance des effets du changement climatique** ;
- **reconvertir le tourisme de montagne**, ce qui aura des incidences directes sur la mobilité ;
- **améliorer la prise en compte des risques** dans l'aménagement :
  - en réévaluant les politiques de risques vis-à-vis du changement climatique,
  - en intégrant des mesures d'adaptation dans les documents de planification et de programmation de l'urbanisme et des transports,
  - en aménageant les infrastructures de transport pour se prémunir face aux risques naturels ou pour atténuer les effets de la hausse des températures. En particulier, il s'agit de **maintenir les transports collectifs et modes doux supportables : ombrage des voies piétonnes et cyclables, rafraîchissement des bus et métros...**
  - en réfléchissant à la **localisation des équipements stratégiques**,
  - en prenant en compte l'adaptation dans les politiques de financement public.

## D/ Synthèse des apports du SRCAE Rhône-Alpes

Les apports du SRCAE Rhône-Alpes sur l'adaptation de la mobilité au changement climatique sont essentiellement méthodologiques.

### - **une étape centrale de mobilisation d'un groupe d'acteurs locaux**

L'implication d'acteurs locaux (services déconcentrés de l'État, élus et techniciens de collectivités, syndicats, universitaires) dans l'étape centrale d'analyse de vulnérabilité avait pour objectifs à la fois une appropriation locale des effets du changement climatique et une déclinaison territoriale pertinente de ces effets pour aller vers des leviers d'adaptation : ils ont été atteints.

### - **une approche indirecte de la mobilité mais une analyse territoriale des effets en cascade**

Si la mobilité a été traitée indirectement dans plusieurs analyses thématiques, ce qui aurait pu estomper la prise en compte de ses enjeux, le travail des acteurs locaux en ateliers a au contraire intégré la logique de fonctionnement des territoires, en y incluant la mobilité. Le résultat rend compte de la complexité des effets du changement climatique sur un territoire, allant jusqu'à des effets domino.

Cette complexité des effets susceptibles d'advenir ne peut être analysée qu'avec une connaissance pointue du fonctionnement de territoires relativement homogènes, donc avec des acteurs locaux (point précédent).

### - **zoom sur une méthode originale de prospective des pics de pollution à l'ozone et aux particules**

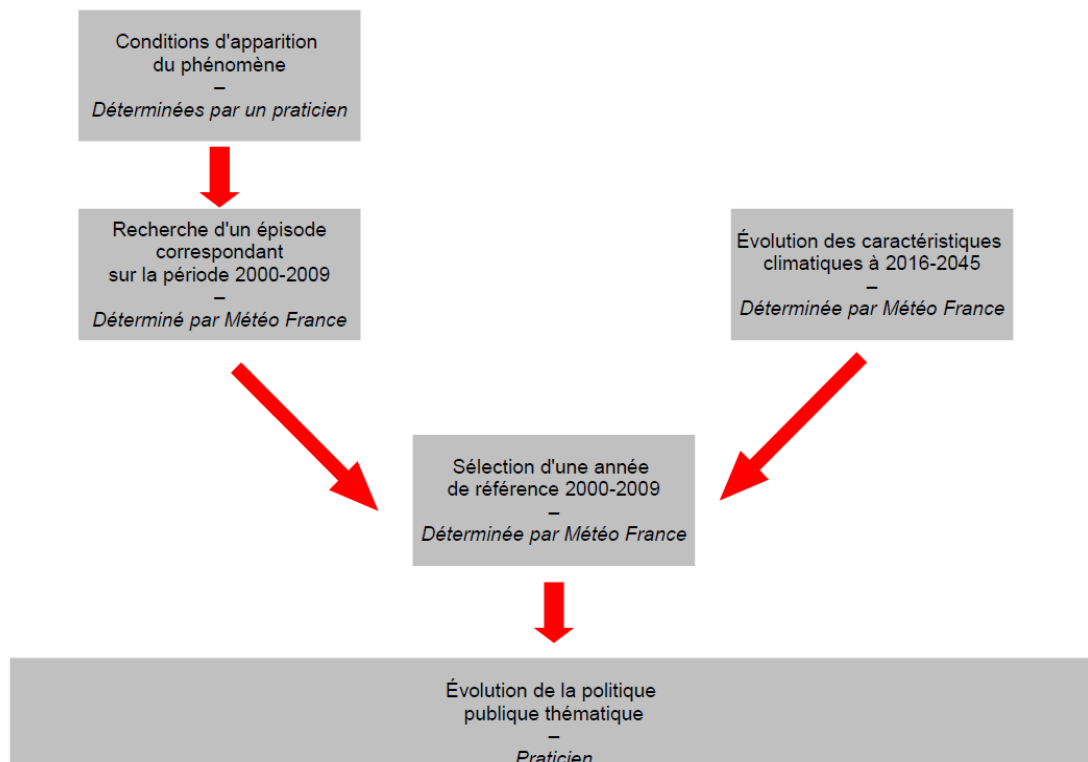
L'étude prospective climatique réalisée par Météo France Centre-Est lors de la 1<sup>re</sup> étape d'études préalables contient une analyse des saisons représentatives concernant les conditions favorables d'apparition de pics de particules et d'ozone. La démarche est la suivante :

- les experts des pics de pollution déterminent les conditions météorologiques favorables à ce type d'événement. Les associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ont préconisé trois types de conditions :

- journée froide (température minimale inférieure à 0° C),
- journée chaude (température maximale supérieure à 30° C),
- vent faible (moyenne quotidienne du vent moyen inférieure à 1 m/s).

Météo France a ajouté une condition de durée des épisodes sélectionnés.

- Météo France recherche alors les épisodes météorologiques correspondant à ces critères d'apparition des pics de pollution dans les années 2000-2009 ;
- parallèlement, Météo France compare les conditions climatiques moyennes des années 2016-2045 avec celles des années 2000-2009, conduisant à retenir un été et un hiver de 2000-2009 représentatifs des étés et hivers de 2016-2045 du point de vue des pics de pollution.



Synthèse de la méthode de recherche de saisons représentatives pour la qualité de l'air, SRCAE Rhône-Alpes, Cerema/B. Ronez

Cette méthode d'analyse repose sur une caractérisation du phénomène par les acteurs de l'aménagement du territoire (ici les AASQA). Elle permet de proposer aux praticiens de travailler à des leviers d'action concrets sur la base d'une année de référence connue, d'où une meilleure compréhension du changement climatique. D'autres événements pourraient être traités de cette manière (canicule, forte pluie), pour travailler à des retours d'expérience sur les questions de mobilité et anticiper une augmentation de fréquence ou d'intensité des événements au regard de la prospective climatique.

Enfin, **l'approche à territoire constant et climat changeant** interroge sur l'ouverture de la réflexion sur l'avenir à l'ensemble des évolutions territoriales possibles. En effet, bien plus que la seule évolution du climat, le fonctionnement du territoire et la décision des acteurs qui le composent sont déterminants pour identifier et hiérarchiser les effets pertinents et définir des leviers d'adaptation cohérents avec les projets de territoire. Aussi, la démarche choisie pour le SRCAE Rhône-Alpes, basée sur une prospective uniquement climatique, invite à réfléchir à une prospective plus large, proposant aux acteurs de se mettre en situation d'avenir et de travailler aux conséquences à long terme des politiques d'aménagement des territoires en cours.

## Le SRCAE Bourgogne

---

### A/ Une démarche basée sur des expertises locales et une acception de l'adaptation qui inclut la précarité énergétique

Le SRCAE Bourgogne a été adopté en juin 2012. Sa démarche repose sur un fort parti pris de méthode, qui a consisté à ne pas commencer par une prospective climatique transposant les scénarios mondiaux du GIEC au niveau local. La démarche s'est au contraire appuyée sur des expertises locales présentes en Bourgogne (Alterre Bourgogne d'une part et le centre de recherche de climatologie du CNRS et de l'université de Bourgogne d'autre part). Ces expertises ont porté sur des observations des tendances locales (faune, flore, campagnes de mesure), qui montrent que le chemin parcouru jusqu'à présent est celui du scénario le plus pessimiste du GIEC (scénario A2). Le constat des évolutions en cours du climat est ainsi utilisé pour comprendre les conséquences à court et moyen termes sur les territoires.

Les maîtres d'ouvrage du SRCAE Bourgogne ont fait le choix d'inclure sous le terme d'adaptation la question de la précarité énergétique des ménages. En effet, l'adaptation aux évolutions climatiques et la précarité énergétique renvoient aux mêmes mécanismes d'une nécessaire évolution de la société humaine, évolution continue ou avec ruptures, évolution au caractère incertain. Ainsi, en Bourgogne, l'enjeu prioritaire d'adaptation au sens large concernant la mobilité est la question de la précarité énergétique des ménages due à leurs déplacements.

### B/ Méthode d'analyse de vulnérabilité : la mobilisation des professions concernées, mais peu d'approche des questions de mobilité

Le document adopté du SRCAE Bourgogne fait peu état des effets attendus du changement climatique. Ceux-ci ont pourtant été analysés avec l'expertise du centre de recherche de climatologie CNRS / université de Bourgogne et par Métro France, puis retravaillés par les acteurs locaux (collectivités, direction régionale de la SNCF, opérateurs de l'énergie, experts locaux de l'Ademe et du Cerema, chambres consulaires, acteurs du logement, du bâtiment, associations, parcs naturels régionaux, pays, syndicats...) lors de séminaires thématiques décomposés en ateliers. La démarche a alors consisté, à partir des évolutions climatiques en cours, à travailler sur leurs effets sur l'activité humaine, avec en référence des événements passés particuliers, ceci avec les professions des branches d'activité concernées (agriculture, sylviculture, viticulture, élevage). Ainsi, des analyses poussées ont été réalisées sur l'eau, la biodiversité, la sylviculture, les activités agricoles, notamment viticoles. En revanche, les questions de mobilité n'ont pas fait l'objet d'un tel travail de détail, ayant été abordées dans un atelier portant sur l'aménagement, le cadre bâti et les risques naturels lors du séminaire du SRCAE portant sur l'adaptation.

## C/ Les mesures d'adaptation prises par le SRCAE Bourgogne

Les mesures d'adaptation de la mobilité au changement climatique sont les suivantes :

- améliorer la **connaissance** des effets du changement climatique (création d'un observatoire des effets du changement climatique) ;
- intégrer les mesures d'adaptation dans les documents de **planification et de programmation** de l'urbanisme et des transports ;
- intégrer les effets du changement climatique dans les politiques et documents de **gestion du risque** ;
- faire évoluer les **modes de vie : adaptation des horaires de travail**.
- De plus, deux autres pistes avaient été évoquées dans le document de synthèse des enjeux :
- veiller au **confort d'été dans les transports collectifs** ;
- **limiter la fragmentation des espaces par les infrastructures de transport**, pour faciliter le maintien de la biodiversité, soumise à un stress encore plus fort avec le changement climatique.

## D/ Synthèse des apports du SRCAE Bourgogne

Les travaux du SRCAE n'ont pas identifié la mobilité comme une question prioritaire de l'adaptation au changement climatique. Ceci est peut-être dû à une dilution des « parties prenantes » : autant il existe des représentants des professions par branches d'activité, susceptibles d'être impliqués et intéressés pour réfléchir aux effets du changement climatique, autant les questions de mobilité concernent à la fois tous les habitants, toutes les entreprises, et toutes les collectivités organisatrices de transports.

Cela invite à réfléchir, pour les prochains schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), à la **place que prendront les réflexions et orientations concernant l'adaptation de la mobilité au changement climatique**.

De plus, **le choix de partir du constat des évolutions climatiques en cours** traduit probablement la volonté de faire toucher du doigt aux acteurs locaux les changements à l'œuvre et à venir. D'une certaine manière, cette méthode refuse de se positionner au regard des politiques mondiales d'atténuation du changement climatique qui détermineront l'ampleur de ce changement et donc les besoins d'adaptation à long terme. Elle balaie tout volontarisme ou catastrophisme pour se concentrer sur les enjeux immédiats du territoire, conséquences du constat des évolutions climatiques en cours.

Toutefois, cette méthode comporte un danger : celui de confondre des évolutions météorologiques et des variations annuelles avec des tendances de fond du climat observées sur des périodes longues. En effet, le changement climatique est une tendance de long terme ; la variabilité météorologique interannuelle est telle qu'il n'est pas possible d'extrapoler aux années futures des variations locales constatées sur seulement dix ans. Aussi, la méthode doit-elle s'attacher avec rigueur à travailler sur des observations de long terme, et non seulement sur les quelques dernières années qui ne seraient pas significatives du point de vue climatique.

Le choix d'une telle méthode permet de mobiliser facilement les acteurs du territoire sur des problématiques actuelles et donc tangibles. En revanche, cette méthode n'envisage pas d'éventuelles ruptures climatiques ni de ruptures en matière d'aménagement du territoire.

Enfin, **mutualiser la réflexion sur adaptation et vulnérabilité énergétique** permet d'agir sur un levier commun que constitue l'évolution de la localisation des populations. Pour les décideurs, on peut comprendre qu'il paraisse artificiel de séparer les deux réflexions. De plus, cette réflexion commune oblige à une vision stratégique d'aménagement du territoire et à des arbitrages : par exemple, on peut imaginer qu'une action d'adaptation visant à minimiser les phénomènes d'îlots de chaleur conduise à limiter la densité des espaces urbanisés ; toutefois cette même action, en accroissant les trajets en voiture des ménages, augmenterait leur vulnérabilité énergétique.

Cette partie a plongé le lecteur dans les choix méthodologiques et de démarche de trois expériences françaises d'échelles régionale ou interrégionale. On aura compris l'intérêt de :

- considérer de concert les évolutions climatiques et les évolutions territoriales à venir ;
- territorialiser finement les résultats. Pour ce faire, déterminer des secteurs géographiques homogènes en termes d'effets du changement climatique sur l'organisation territoriale. Cette maille territoriale n'est pas absolue mais dépend des caractéristiques (physiques, économiques, de mobilité...) du territoire ;
- réunir et faire débattre des acteurs locaux variés pour croiser et affiner les vulnérabilités ;
- partir des tendances climatiques observées dans le passé jusqu'à aujourd'hui pour faire toucher du doigt les évolutions climatiques en cours et à venir, sensibiliser concrètement et par là-même impliquer les décideurs dans leurs responsabilités vis-à-vis de l'avenir.

Dans la partie suivante, on observera des villes qui connaissent aujourd'hui des conditions climatiques proches de celles que connaîtront certaines villes françaises à la fin du siècle, pour voir si les caractéristiques de leur mobilité peuvent inspirer l'adaptation des villes françaises au changement climatique.

# Analogies internationales : quels enseignements tirer de l'expérience de quatre agglomérations étrangères ?

En observant la mobilité des agglomérations qui connaissent actuellement des conditions climatiques voisines de celles que connaîtront les agglomérations françaises à l'avenir, peut-on déduire des préconisations pour adapter les agglomérations françaises au changement climatique ? Dans l'analyse de ces agglomérations étrangères, quelles interactions se dégagent entre comportements de mobilité, conditions climatiques, forme urbaine, système de transport ? Ainsi, quelles configurations territoriales, quelles politiques publiques sont-elles propices à une bonne adaptation de la mobilité du territoire au changement climatique ?

Cette partie ne reprend pas dans le détail l'étude confiée à Systra en 2013-2014 sur ce sujet, mais en tire les enseignements. Ainsi, nous ne relaterons pas l'ensemble de l'analyse qui a conduit à sélectionner quatre villes étrangères parmi une centaine, mais nous résumerons l'analogie climatique support du raisonnement. De même, nous ne décrirons pas chacune de ces quatre villes, mais nous présenterons les éléments de contexte utiles à la compréhension des résultats avancés.

Les enseignements issus des quatre études de cas étrangers sont présentés tout d'abord sous forme d'une boîte à idées, puis sous forme d'une trame de questionnements pour aborder l'adaptation de la mobilité.

## 1/ Les fondamentaux : horizon de temps, climat, choix des agglomérations françaises et étrangères

---

Pour réaliser ce travail de *benchmarking* international, nous avons fait des choix d'hypothèses de travail :

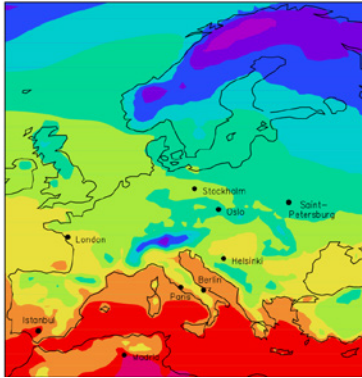
- concernant l'horizon de temps, nous nous sommes intéressés au climat que connaîtront les villes françaises à l'horizon de la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle ;
- concernant le climat futur auquel s'adapter, nous nous sommes basés sur les scénarios SRES<sup>4</sup> décrits dans le volume 2 du rapport dirigé par Jean Jouzel, *Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle*, et sur le modèle Aladin-Climat de Météo France<sup>5</sup> ;
- concernant les choix de territoires, nous nous sommes appuyés sur deux agglomérations françaises aux climats différents, Marseille et Strasbourg. Puis, pour imaginer comment adapter

4 SRES pour *Special Report on Emissions Scenarios*, du nom du rapport dans lequel le GIEC a publié ces scénarios.

5 Depuis, les travaux du GIEC ont pris de nouveaux scénarios, dits RCP pour *Representative Concentration Pathways*.



leurs mobilités au changement climatique, nous avons procédé par comparaison entre chacune d'elles et deux agglomérations étrangères qui ont actuellement certaines caractéristiques climatiques analogues à celles que connaîtront les deux agglomérations françaises référentes à la fin du siècle : c'est la méthode dite des analogues climatiques.

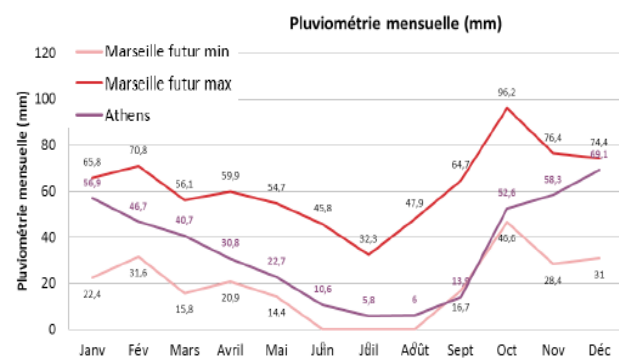
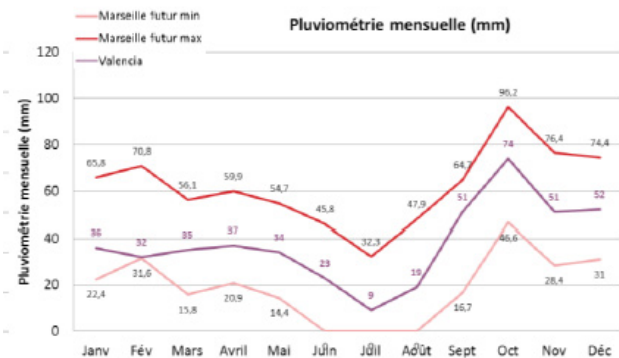
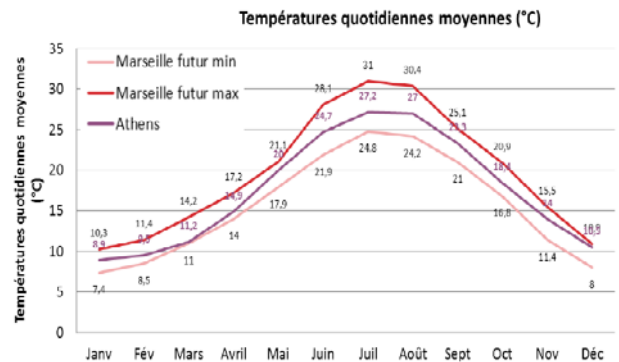
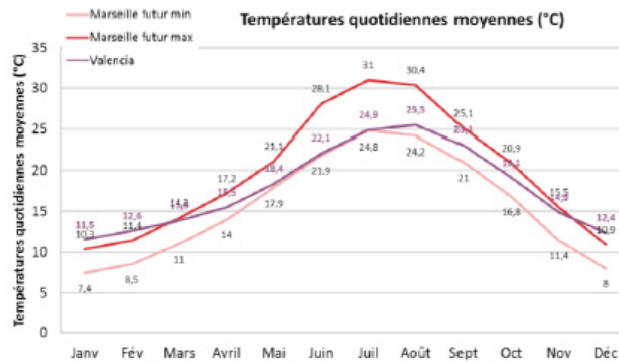


Ci-contre: une carte des analogues climatiques de plusieurs villes d'Europe à l'horizon de la fin du siècle (2070-2100), sur la base du scénario SRES A2 du GIEC. Les couleurs représentent un gradient de températures moyennes ; les villes sont localisées selon leur climat futur

Source : Kopf, Hallegatte, Ha-Duong - *L'évolution climatique des villes européennes*

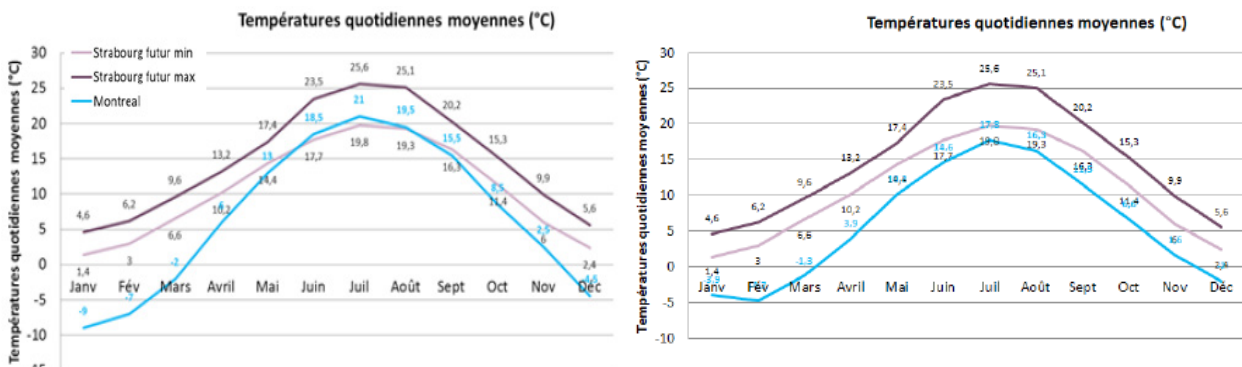
Il s'agissait donc de sélectionner deux agglomérations étrangères à comparer à Marseille et deux agglomérations étrangères à comparer à Strasbourg. À partir d'une base d'une centaine de villes étrangères, les critères climatiques, mais aussi des critères socioéconomiques, démographiques, de forme urbaine et de disponibilité des données ont permis la sélection.

Pour Marseille, deux agglomérations étrangères analogues climatiques ont été choisies : Valence (Espagne) et Athènes (Grèce). Les deux graphiques ci-dessous montrent que le climat actuel de fond de ces deux villes étrangères est voisin de celui que connaîtra Marseille à la fin du siècle (courbes minimales et maximales établies sur le niveau de confiance de 95 %). En effet, les courbes de températures et de précipitations d'Athènes (graphiques de droite) et de Valence (graphiques de gauche) se trouvent entre les courbes d'estimation minimales et maximales des températures



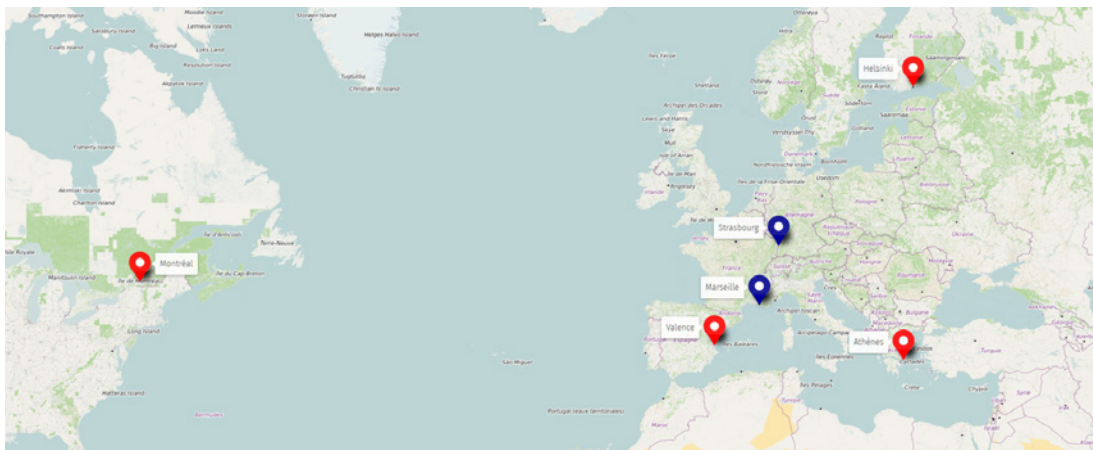
Pour Strasbourg, le raisonnement a été différent : il n'a pas porté sur les conditions climatiques de fond, mais sur les conditions climatiques extrêmes de forte neige. En effet, le changement climatique modifie le régime des précipitations et accroît la probabilité que surviennent des événements extrêmes ; de plus, à la fin du siècle, Strasbourg devrait continuer à connaître des températures hivernales suffisamment basses pour que continuent à se produire des épisodes neigeux. Aussi, la combinaison de ces différents facteurs pourrait conduire à des épisodes de forte neige (vague de froid et forte précipitation neigeuse concomitantes). Le caractère paradoxal du travail (pourquoi étudier de fortes chutes de neige alors que les températures montent ?) n'est donc qu'apparent : le travail s'étant tourné vers les phénomènes météorologiques exceptionnels de forte neige à Strasbourg, la recherche de villes étrangères s'est portée vers des villes qui connaissent aujourd'hui de fortes neiges. Helsinki (Finlande) et Montréal (Canada) ont été retenues.

Ainsi, pour Helsinki et Montréal, la courbe des températures moyennes est plus basse que celle du futur climatique de Strasbourg, mais lors d'une vague de froid, Strasbourg pourrait connaître les températures hivernales moyennes de chacune de ces deux villes étrangères.



Une fois les choix d'agglomérations effectués, nous avons réalisé une analyse de la mobilité sur chacune des six agglomérations : Marseille, Strasbourg, Valence, Athènes, Helsinki, Montréal. Pour permettre la comparaison, ces six analyses ont toujours porté sur les mêmes thèmes : géographie, climat, démographie, économie, forme urbaine, offre de transport (route, transports en commun, gouvernance, modes actifs), comportements de mobilité (fréquentation des différents modes, horaires des déplacements).

Précisons enfin que l'analyse des agglomérations étrangères n'a pas porté sur l'effet du changement climatique dans les villes étrangères. Notre démarche relève d'une analogie spatiotemporelle : considérant que le futur d'ici ressemble au présent d'ailleurs, que pouvons-nous déduire pour préparer demain ? Ainsi, l'analyse des déterminants de la mobilité urbaine des villes étrangères concerne uniquement les conditions actuelles.



## 2/ Quatre expériences d'agglomérations étrangères dont tirer des idées d'adaptation

Ces quatre expériences étrangères apportent des réponses concernant certains des neuf effets du changement climatique sur la mobilité d'un territoire identifiés dans la première partie :

- certains effets n'ont pas pu être abordés car ils concernaient une évolution entre deux états climatiques : N°4 modification des flux touristiques, N°5 recomposition de la distribution spatiale de la population ;
- d'autres n'étaient pas l'objet des présents travaux : N°2 transport de marchandises, N°6 étude de vulnérabilité aux risques ;
- pour deux effets, les études de cas n'ont rien recueilli de spécifique : N°8 restrictions plus fréquentes de la circulation par pollution, N°9 difficultés de déplacements pour les populations sensibles ;
- restent trois effets sur lesquels ces villes étrangères apportent des éléments : N°1 dégradation des niveaux de service lors d'un événement exceptionnel, N°7 accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée par temps chaud, N°9 difficulté de déplacement des populations lors d'événements extrêmes.

Le tableau suivant récapitule les effets sur lesquels les études de villes étrangères apportent des enseignements.

Pour chaque effet, nous examinerons comment la ville étrangère y est confrontée, quels stratégies ou facteurs de robustesse lui permettent d'y faire face, quelles situations sont à éviter ou quelles actions pourraient être mises en place.

N°1/ Dégradation des niveaux de service des transports lors d'un temps exceptionnel	Enseignements de Valence, Athènes, Helsinki, Montréal
N°2/ Difficultés de navigation fluviale (marchandises)	<i>Non abordé dans les études de cas</i>
N°3/ Pratique des modes actifs facilité au printemps, en automne et en hiver	<i>Non abordé dans les études de cas</i>
N°4/ Modification des flux touristiques	<i>Non abordé dans les études de cas</i>
N°5/ Recomposition de la distribution spatiale de la population	<i>Non abordé dans les études de cas</i>
N°6/ Hausse des risques sur les infrastructures	<i>Peu abordé dans les études de cas</i>
N°7/ Accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée	Enseignements de Valence, Athènes
N°8/ Restrictions plus fréquentes de la circulation car pollution	<i>Non abordé dans les études de cas</i>
N°9/ Difficulté de déplacements pour les populations, notamment pour les populations sensibles	Enseignements de Valence, Athènes

## A/ Valence (Espagne)

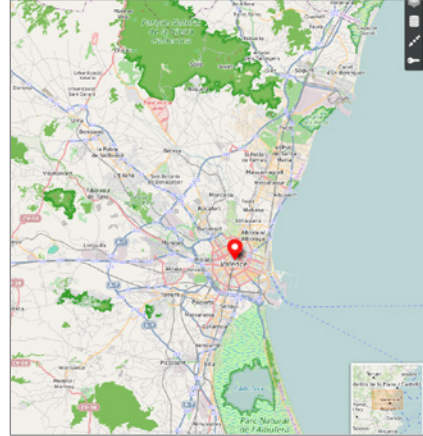
### Quelques éléments de présentation

Sans entrer dans l'analyse fine, voici quelques éléments de géographie, de population et de mobilité pour situer les résultats.

Le territoire de Valence est marqué par la présence de la mer et de trois ensembles paysagers :

- à l'ouest le parc autour de la rivière Turia ;
- au sud le marécage du parc de l'Albufera ;
- au nord les maraîchages historiques de l'Horta.

L'organisation urbaine est caractérisée par des noyaux périurbains denses, ce qui pourrait être dû historiquement à la rareté de l'eau.

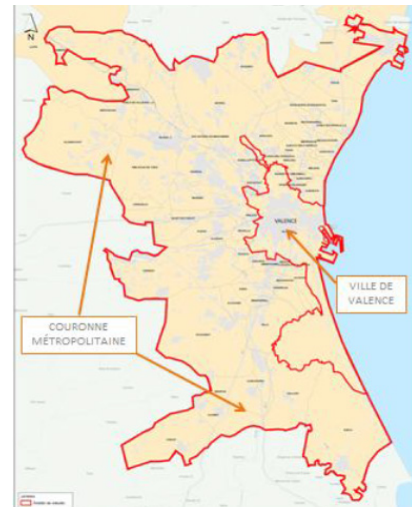


Le périmètre retenu dans l'analyse est celui du plan de mobilité urbaine durable de 2013. Cette aire métropolitaine de Valence comprend 1,8 million d'habitants (2012) répartis sur 1 550 km<sup>2</sup>. Soit une densité de 1 200 hab/km<sup>2</sup>.

Par comparaison, Marseille Provence Métropole comptait 1 million d'habitants en 2010, répartis sur 675 km<sup>2</sup>. Soit une densité de 1 700 hab/km<sup>2</sup> (à noter que l'aire urbaine 2008 de Marseille, plus vaste, compte 1,7 million d'habitants sur 3 175 km<sup>2</sup>).

La crise économique de 2008 a durement touché Valence, avec une augmentation du taux de chômage qui atteint près de 22 % en 2012.

Dans l'aire métropolitaine de Valence, le chiffre de la mobilité individuelle moyenne s'établit à environ 2,5 déplacements par personne et par jour en 2010 (enquête réalisée auprès des habitants de 14 ans et plus, sans compter les déplacements à pied de moins de 5 minutes sauf pour motif de travail). Ce chiffre s'élève à 3,7 dans le territoire de Marseille Provence Métropole en 2009 (enquête réalisée auprès des habitants de 5 ans et plus, incluant tous les déplacements y compris les petits déplacements à pied).

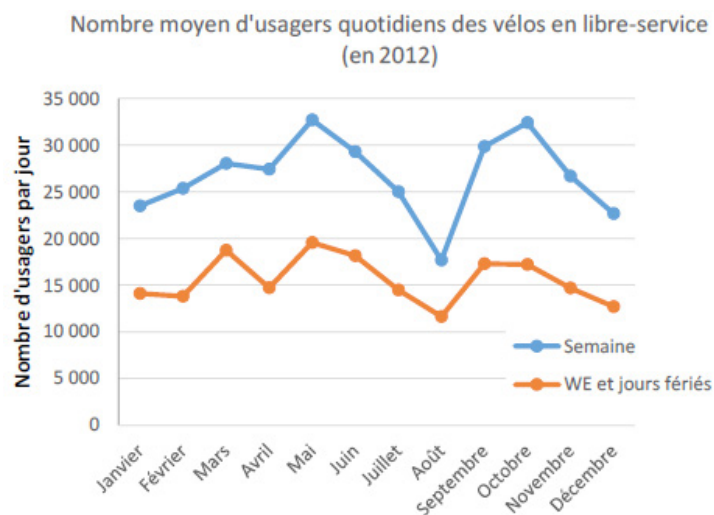


### Concernant l'effet N°1 de dégradation des niveaux de service des transports

Les habitants de l'aire métropolitaine de Valence témoignent que les fortes pluies d'automne créent occasionnellement des troubles sur le réseau viaire et les réseaux de transport collectif (congestion, perturbations). Ces événements étant peu fréquents, ces perturbations sont acceptées sans que des mesures particulières soient prises pour y remédier.

Ces fortes pluies ne semblent pas constituer un frein à l'usage du vélo en libre service, cet usage semblant davantage lié aux périodes de vacances.

Ne disposant ni des jours de pluie ni des fréquentations journalières, nous n'avons pas pu noter de lien entre pluie et pratique du vélo. Nous ne pouvons donc ni démontrer qu'en cas de perturbation du réseau de transports, les habitants utilisent davantage le vélo, ni démontrer que la pluie est dissuasive de la pratique du vélo. Toutefois, le vélo est plus résilient que les transports en commun ou la voiture en cas de perturbation météorologique.



En termes d'**enseignements**, nous retiendrons donc :

- l'élargissement de la dégradation des niveaux de service des transports aux problématiques de fortes pluies (et non plus seulement de fortes chaleurs)
- l'intérêt de développer des modes peu vulnérables aux dégradations des services de transport : le vélo, mais surtout la marche, encore plus facile que le vélo en cas de perturbation.

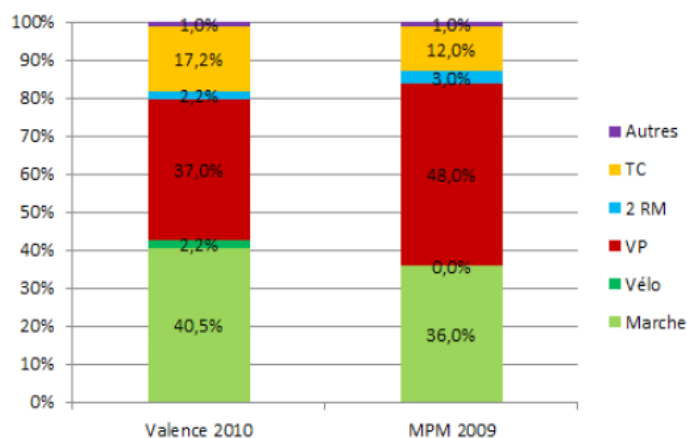
En termes de **pistes d'approfondissement**, on pourra rechercher le seuil au-delà duquel une perturbation climatique est suffisamment forte et/ou fréquente pour que des adaptations des comportements individuels et des politiques publiques s'avèrent nécessaires.

### Concernant l'effet N°7 d'accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée

Dans l'aire métropolitaine de Valence, les modes de déplacement durables (transports en commun, modes actifs) sont majoritaires, même s'il est fort probable que l'attachement culturel de la voiture soit aussi fort qu'en France.

Si l'on estime que ces comportements de mobilité durables sont ancrés dans la réalité locale de Valence, cette agglomération pourrait être moins sensible au risque d'accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée.

Toutefois, le fort taux de motorisation dans l'aire métropolitaine de Valence (1,4 véhicule par ménage), équivalent en France



aux taux rencontrés dans les territoires périurbains (pour une moyenne française de 1,25 véhicule par ménage en 2008 sur l'ensemble de la France), allié à une part modale relativement faible de la voiture, pourrait faire penser que le potentiel d'utilisation plus grande de la voiture y est plus fort qu'à Marseille (sous réserve que les chiffres de motorisation soient comparables). Aussi, en termes de **pistes d'approfondissement**, on pourra rechercher le pourcentage de voitures restant immo-

biles un jour donné, pour évaluer le potentiel de recours accru à la voiture individuelle climatisée et le taux d'effectivité de ce recours un jour de perturbation.

Dans l'aire métropolitaine de Valence, plusieurs facteurs favorables aux modes actifs et aux transports en commun se conjuguent pour faciliter leur usage, y compris dans le périurbain et même par forte chaleur :

- l'organisation urbaine de noyaux périurbains denses avec un faible étalement urbain, qui pourrait être dû historiquement à la rareté de l'eau et qui explique la forte part modale de la marche dans la couronne métropolitaine (37 %) ;
- la réglementation d'urbanisme limitant l'étalement, alliée à une politique de préservation d'espaces naturels et d'espaces agricoles structurants ;
- l'articulation urbanisme – déplacements pour les nouveaux quartiers ;
- les politiques d'aménagement : espaces publics pour piétons, aménagement de pistes cyclables avec une amélioration significative du réseau cyclable ces cinq dernières années, ombrage des espaces publics pour limiter l'îlot de chaleur et les rendre plus accueillants par forte chaleur. En particulier, la mise en place de « supermanzana », sortes de super-îlots à l'intérieur desquels le trafic en voiture est limité, et aux abords desquels s'arrête le transport en commun, est tout à fait intéressante ;
- dans le centre urbain, l'instauration de nouvelles zones 30, et une politique de stationnement plus stricte qu'auparavant.

Plus précisément, alors que **l'usage quotidien du vélo** est très faible en Espagne, il est plus développé dans l'aire métropolitaine de Valence. Cela reste à relativiser comparativement à certaines agglomérations françaises (8 % de part modale vélo à Strasbourg) ou étrangères (aux Pays-Bas, en Belgique, en Allemagne, au Danemark, où elle peut atteindre plus de 20 %). Toutefois, à Marseille, la part modale du vélo est très faible (moins de 1 %), alors que 30 % des déplacements réalisés en voiture correspondent à des trajets compris entre 2 et 5 km et que l'analyse des pentes moyennes de la voirie montre un bon potentiel d'utilisation du vélo. Malgré ce potentiel, la clientèle des vélos en libre service marseillais est en érosion et les aménagements cyclables y sont limités (en 2010).

Or, les situations climatiques extrêmes peuvent bloquer les modes motorisés mais pas les modes actifs ; aussi, une agglomération ayant de fortes capacités de déplacement en modes actifs sera plus robuste pour faire face à de fortes chaleurs.

**Le réseau dense et étalé de bus urbains et périurbains de Valence, avec une offre importante**, irrigue le territoire et offre une bonne desserte, avec une fréquentation importante et ainsi une forte part modale. À titre de comparaison, dans les villes centres, l'offre kilométrique de transport collectif urbain par habitant est de 27 km/hab à Marseille contre 35 km/hab à Valence. Cette offre importante et fortement fréquentée est un atout pour éviter un recours plus important à la voiture en cas de forte chaleur. Outre cette offre de transports en commun urbains et périurbains, le réseau ferroviaire valencien compte près de 4 fois plus de gares que le réseau de Marseille Provence Métropole, pour une superficie du territoire environ 2,5 fois supérieure (66 gares pour Valence contre 18 gares pour Marseille). Ce réseau couvre ainsi une plus large partie du territoire que celui de l'agglomération marseillaise.

L'ensemble de ces éléments évite vraisemblablement un recours plus important à la voiture individuelle climatisée en cas de forte chaleur. En termes d'**enseignements**, le cas de Valence suggère pour les villes françaises un scénario d'organisation polycentrique qui limite l'impact de la crise sur la mobilité, pour des villes au relief plat. Nous en retiendrons l'intérêt de faciliter les déplacements en modes actifs et en transports en commun :

- de manière classique pour les politiques de mobilité urbaine (gestion du trafic automobile en ville, stationnement, articulation urbanisme / déplacement, amélioration de l'offre en trans-

- ports en commun, aménagements cyclables et aménagements de l'espace public et autres actions facilitant l'usage du vélo, maille urbaine de courtes distances) avec la spécificité d'une forme d'organisation polycentrique<sup>6</sup> de l'urbanisation ;
- et aussi de manière spécifique en privilégiant le confort d'été de ces deux modes : ombrages et aménagement de l'espace public.

Notons que l'organisation de la mobilité à Valence a limité les impacts de la crise économique sur les mobilités en voiture et en transports en commun.

## Concernant l'effet N° 9 sur les difficultés de déplacement des populations

En Espagne, les horaires de travail ont une amplitude plus large qu'en France : début de journée plus matinal, fin de journée plus tardive et coupure méridienne plus tardive et plus longue, de 14 h à 16 h. Cet étalement horaire permet des déplacements domicile-travail moins vulnérables aux fortes chaleurs, évitant ainsi un recours plus important à la voiture individuelle climatisée en cas de forte chaleur (effet N° 4 étudié plus haut).

En termes **d'enseignements**, nous retiendrons l'intérêt d'ouvrir l'éventail des horaires pour que les déplacements soient moins vulnérables aux fortes chaleurs.

En termes de **pistes d'approfondissement**, on pourrait préciser les horaires de travail (écoles, commerces, services publics) et examiner si les jours de forte chaleur à Valence donnent lieu à un développement du télétravail.

6 Ce scénario privilégie le développement de plusieurs centralités mixtes et denses par rapport à un étalement peu dense de l'urbanisation. Il limite ainsi la dépendance à la voiture (Certu, *Dix réflexions sur la mobilité en périurbain*, p. 28).

## B/ Athènes

### Quelques éléments de présentation

Sans entrer dans l'analyse fine, voici quelques éléments de géographie, de population et de mobilité pour situer les résultats.

Le territoire de l'aire métropolitaine d'Athènes est délimité par de fortes frontières naturelles :

- la mer au sud-ouest (et aussi plus loin à l'est)
- les monts Hymette à l'est, Pentélique et Parnès au nord et Egaleo à l'ouest.



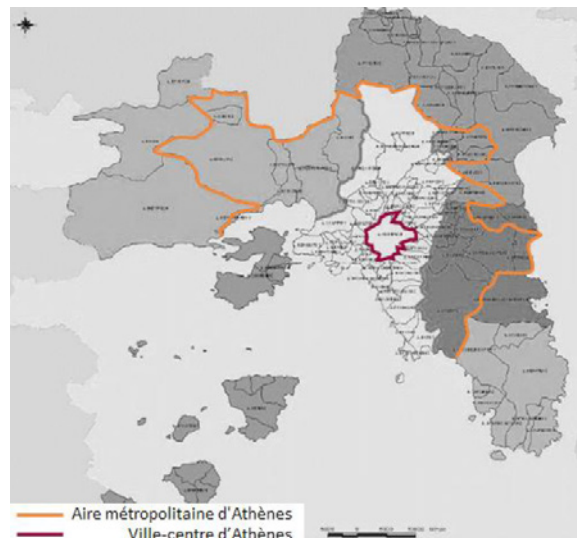
©2018-Digitalglobe

Ces contraintes ont éloigné l'étalement urbain. Ainsi, au-delà de la continuité urbaine étendue et densément bâtie (au centre et sur la côte sud), les communes périphériques sont surtout constituées d'habitat individuel. De plus, une certaine souplesse dans l'application des règlements d'urbanisme rend possible une urbanisation rapide dont la légalité n'est pas toujours assurée. Cet éloignement a augmenté les distances de déplacement.

Le territoire marseillais, lui aussi, a un relief marqué qui a fortement façonné son développement urbain.

Le périmètre retenu dans l'analyse est le périmètre de compétence de l'organisation des transports urbains d'Athènes (OASA). Cette aire métropolitaine d'Athènes comprend 4 millions d'habitants (2011) répartis sur 1500 km<sup>2</sup>, soit une densité de 2700 hab/km<sup>2</sup>.

Par comparaison, Marseille Provence Métropole comptait 1 million d'habitants en 2010, répartis sur 675 km<sup>2</sup>, soit une densité de 1700 hab/km<sup>2</sup>. (à noter que l'aire urbaine 2008 de Marseille, plus étendue, compte 1,7 million d'habitants répartis sur 3175 km<sup>2</sup>).



La crise économique de 2007-2008 a durement touché Athènes, avec à la fois une diminution de la population (près de 4% entre 2001 et 2011, ce chiffre s'établissant à 11% pour la ville centre) et une augmentation du chômage qui atteint en Grèce 28% en 2013. Notons que Marseille Provence Métropole connaît une relative stagnation démographique (augmentation de 1,2% de la population en 25 ans).

En 2006, le territoire de l'aire métropolitaine d'Athènes était le cadre quotidien d'environ 5 millions de trajets en lien avec la ville d'Athènes. L'absence de précision sur les modalités d'enquête n'autorise pas la comparaison de ce chiffre avec celui de la mobilité individuelle à Marseille, qui s'élève à 3,7 déplacements par personne et par jour en 2009 (enquête réalisée auprès des habitants de 5 ans et plus, incluant tous les déplacements y compris les petits déplacements à pied).



## Concernant l'effet N° 1 de dégradation des niveaux de service des transports

Les fortes pluies d'automne et les fortes chaleurs estivales qui touchent l'aire métropolitaine d'Athènes influent nettement sur les déplacements : même si elles dissuadent certains Athéniens de sortir (motifs achats ou loisirs), ces conditions climatiques causent de forts ralentissements et congestions. En effet, lors des fortes pluies :

- de nombreux usagers des transports collectifs préfèrent utiliser leur véhicule pour des raisons de confort ;
- les nombreux dysfonctionnements de la signalisation routière dégradent la régularité des transports collectifs, incitant les habitants à utiliser leur voiture.

La pluie provoque ainsi une augmentation des déplacements routiers, car la voiture est perçue comme plus confortable et plus fiable.

De même, les périodes de forte chaleur induisent une forte augmentation du trafic automobile car les bus urbains ne sont pas équipés de la climatisation et certains de leurs usagers se replient sur la voiture.

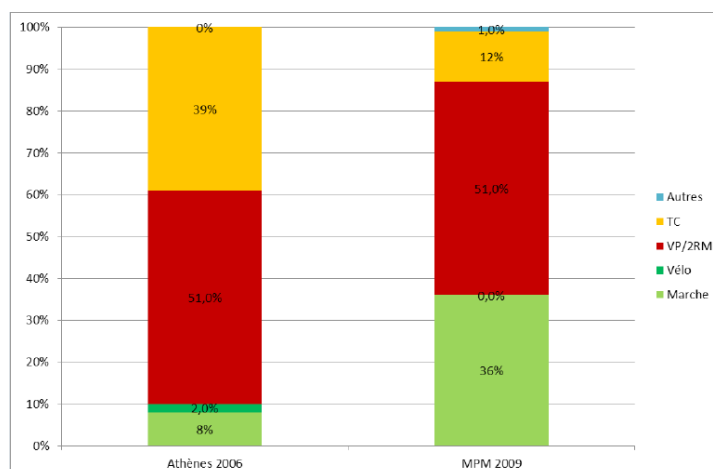
Les axes sont alors empruntés par plus de voitures que lors d'une journée ordinaire, ce qui augmente la congestion, qui pénalise à son tour les transports collectifs.

Les politiques publiques locales de mobilité ont agi pour diminuer les problèmes récurrents de congestion du trafic, en particulier pour lutter contre la pollution de l'air et protéger les sites archéologiques du centre-ville. Ainsi, dès 1982, la municipalité d'Athènes a mis en place un système de réduction de la circulation automobile, fonctionnant sur le principe de la circulation alternée. Au sein du périmètre délimité par le *Daktylios*, boulevard encerclant le centre-ville, une alternance de circulation des véhicules entre plaques paires et impaires selon les jours est mise en place. La mesure a vite été contournée, une majorité d'Athéniens s'étant alors procuré un second véhicule, rendant ainsi caduque l'efficacité des restrictions de circulation dans le centre-ville.

## Concernant l'effet N° 7 d'accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée

La nature des données de mobilité recueillies sur Athènes rend difficile la comparaison avec celles de Marseille :

- en termes de dates, les données les plus récentes datent de 2006, avant la réforme territoriale de 2011 qui a redéfini la gouvernance locale des transports, et avant la crise économique ;
- en termes de périmètres, les données concernent l'ancien périmètre de l'agglomération d'Athènes, qui recouvre 83 % de notre périmètre d'étude ;

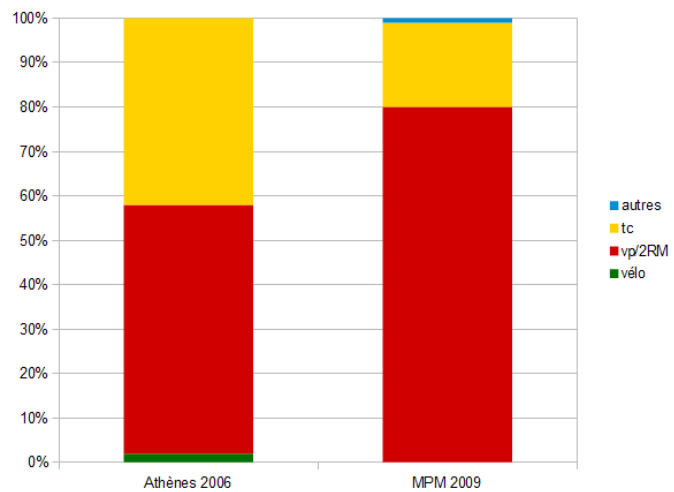


- enfin, les parts modales recueillies montrent une part modale de la marche à pied très faible, alors que le centre de l'agglomération est dense et peuplé. Ceci suggère que la méthode d'enquête écarte certains déplacements à pied.

Pour s'affranchir du biais méthodologique concernant la différence entre les méthodes d'enquête, nous proposons de comparer les parts modales hors marche, ce qui donne le graphique ci-contre.

À Athènes, comme à Marseille mais dans une moindre proportion, la voiture est le mode motorisé le plus important.

La bonne pénétration des **transports en commun** dans la part modale hors marche peut s'expliquer par leur bonne couverture du territoire. En effet, pour une superficie 2,5 fois plus grande et un territoire plus densément peuplé, les lignes de métro et de tramway d'Athènes sont 3,5 à 4 fois plus longues. Le linéaire de bus de l'aire métropolitaine d'Athènes est environ 10 fois plus long que celui de MPM, ce qui est bien supérieur au rapport de superficie des deux périmètres. Conséquence de cette offre de meilleure qualité, les transports en commun sont très fréquentés.



L'image des transports collectifs s'est améliorée avec l'arrivée, pour les jeux olympiques en 2004, d'un nouveau matériel roulant climatisé (métro et tramway).

En revanche, le réseau de bus n'est pas climatisé. De plus, la crise économique a engendré :

- une baisse de la demande de transport (réduction de la mobilité),
- un report de la voiture vers les transports en commun (hausse des taxes sur les carburants et réduction de 25 % du trafic routier depuis 2010),
- un report des transports en commun vers la marche.

En effet, avec la crise, les transports en commun n'ont pas connu de hausse de fréquentation mais au contraire une baisse (-9,5 % depuis 2010, entraînant une baisse des recettes de 20 %). Parallèlement, une baisse de l'offre de transports collectifs depuis 2011 (suppression de 1500 des 12 000 emplois d'OASA) et la hausse du prix des titres de transport (+40 % entre 2008 et 2013) ont pénalisé l'attractivité de ce mode.

On perçoit l'impact majeur de la crise économique sur la demande de déplacements en quantité comme sur sa répartition modale, avec des effets cumulatifs et des effets de spirale.

Parallèlement, on peut noter plusieurs facteurs se conjuguant pour faciliter les déplacements en **voiture, omniprésente** :

- l'absence de priorité aux feux des tramways, qui les rend peu compétitifs en temps de trajet par rapport à la voiture,
- le fort équipement des ménages en voitures,
- la politique d'aménagement favorisant les déplacements automobiles et l'absence de maîtrise du stationnement,
- l'urbanisation fortement étalée.

Simultanément, la congestion automobile, augmentée par les habitudes de stationnement en double file, reste problématique.

Enfin, la pratique du **vélo** reste modérée, proche de la moyenne nationale grecque (3 %, selon une enquête d'opinion réalisée en 2012 sur les déplacements quotidiens). En hiver à Athènes, les vents très forts sont à l'origine de températures ressenties très froides. En été, la forte chaleur conjuguée aux fortes pentes rend le vélo peu attractif par rapport à la voiture ou aux transports collectifs. Ainsi, le potentiel cyclable apparaît difficile à concrétiser. Cependant le faible aménagement cyclable (19 km actuellement), et depuis plusieurs années le projet de la municipalité d'Athènes d'élaborer un schéma directeur cyclable, laissent à penser qu'il reste des marges de manœuvre pour améliorer la pratique du vélo malgré des conditions de relief et de climat peu favorables.

En termes d'**enseignements**, l'impact de la crise économique montre l'intérêt d'une approche d'ensemble des conditions de déplacements pour travailler sur l'adaptation de la mobilité au changement climatique ; en effet, en même temps que le climat va évoluer, d'autres déterminants de la mobilité urbaine vont évoluer eux aussi. Athènes représente pour le futur des villes françaises un scénario de crise et de mobilité favorable à la voiture. Outre le réchauffement climatique, ce scénario serait marqué par la crise économique, la forme urbaine étalée et le relief marqué (éloignement et fortes pentes).

Pour poursuivre les enseignements, examinons la robustesse et le développement des différents leviers pour dissuader un recours accru à la voiture individuelle climatisée perçue comme plus confortable et plus fiable :

- pour limiter l'usage de la voiture à Athènes, les politiques de circulation alternée ont été largement contournées par l'achat d'une seconde voiture ; la mise en œuvre efficace de mesures sur le stationnement paraît donc préférable ;
- pour favoriser le vélo, l'exemple d'Athènes invite à observer si les conditions de relief et de climat sont propices à cette pratique. Si c'est le cas, on pourra mettre en œuvre les actions classiques de développement du vélo (sécurisation des itinéraires par aménagements cyclables et zones 30, vélos en libre service, stationnements vélo, aides diverses à la pratique cyclable). Si ce n'est pas le cas, on privilégiera le développement des autres modes (marche, transports en commun) ;
- pour favoriser les transports en commun, Athènes a climatisé son réseau de métro et de tramway, mais pas son réseau de bus qui bénéficie de la plus forte fréquentation (59 % de la fréquentation des transports en commun en 2012, contre seulement 47 % à Marseille). Nous retiendrons à la fois ce levier de climatisation, mais aussi l'ensemble des leviers classiques d'une politique de mobilité urbaine favorable aux transports en commun (organisation de l'offre, exploitation améliorant la vitesse commerciale, tarification, aménagement urbain, articulation urbanisme/déplacements) ;
- Pour favoriser la marche, l'exemple d'Athènes ne propose pas de leviers directs, étant donné l'interrogation sur la méthode d'enquête donnant la part modale de la marche à seulement 8 %, ce qui semble sous-estimé, même avec la culture prégnante de l'automobile à Athènes et son fort usage pour les déplacements de courtes distances. L'exemple d'Athènes invite à s'intéresser aux déplacements à pied, qui représentent 36 % des déplacements quotidiens à Marseille.

## **Concernant l'effet N°9 sur les difficultés de déplacement des populations**

Dans l'aire métropolitaine d'Athènes, les horaires de travail dans les bureaux et administrations sont concentrés vers le début de la journée, mais les commerces ont des heures d'ouverture plus larges, avec une interruption à l'heure du déjeuner plus tardive qu'en France (une heure entre 14 h et 16 h) et une journée se finissant tard (vers 20 h/21 h).

En termes d'**enseignements**, nous retiendrons l'intérêt d'ouvrir l'amplitude des horaires de travail pour que les déplacements soient moins vulnérables aux fortes chaleurs.

## C/ Helsinki

### Quelques éléments de présentation

Sans entrer dans l'analyse fine, voici quelques éléments de géographie, de population et de mobilité pour situer les résultats.

Le périmètre retenu dans l'analyse est celui de l'aire métropolitaine d'Helsinki (quatre communes, présentant une bonne comparabilité avec la communauté urbaine de Strasbourg). Au bord de la mer Baltique, le territoire est marqué par un découpage des terres et de l'eau : située sur une péninsule, la ville occupe plusieurs baies, presqu'îles, îles. De nombreux petits lacs émaillent également le territoire.

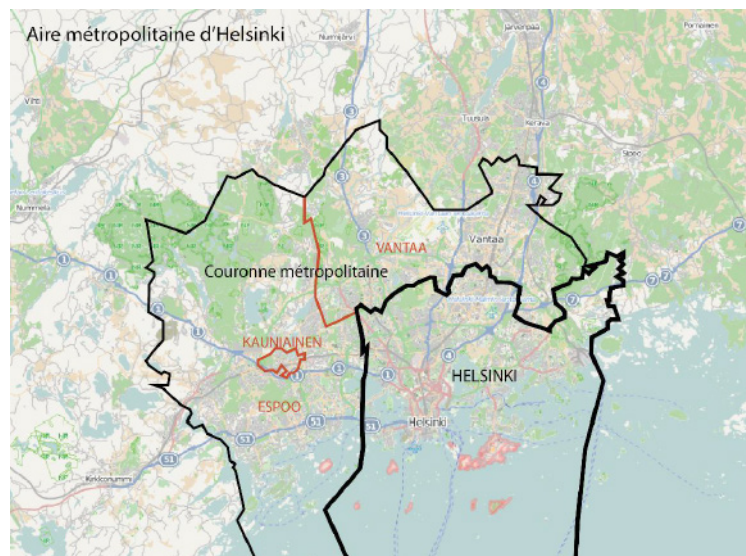


Source : Google Earth

D'importants espaces verts préservés sont présents dans les zones urbanisées et dans la couronne périurbaine, sous forme d'un réseau composé de « *green fingers* » structurants et d'éléments plus modestes (squares, boulevards, voies piétonnes...).

Le relief est plat.

Helsinki n'échappe pas à la périurbanisation, marquée depuis 40 ans : dans cette période, alors que la population de la ville d'Helsinki a gagné 45 000 habitants, celle des communes périphériques en a gagné 270 000. Toutefois, les maisons individuelles ne représentent que 15 % des logements de l'aire métropolitaine, engendrant une urbanisation beaucoup moins étalée qu'en France, alors que la maison individuelle prévaut en périphérie de Strasbourg. L'étalement urbain est en revanche supérieur à celui de Stockholm ou Copenhague. Helsinki présente le visage d'une organisation polycentrique, qui s'est d'abord développée en doigts de gant le long des lignes ferroviaires.



L'aire métropolitaine d'Helsinki comprend 1 million d'habitants (2010) sur une surface de terres de 770 km<sup>2</sup> (et 700 km<sup>2</sup> d'eau, non comptés dans le calcul de densité), soit une densité moyenne de 1 300 hab/km<sup>2</sup>. En comparaison, la communauté urbaine de Strasbourg compte 468 000 habitants sur une surface de 315 km<sup>2</sup>, soit une densité moyenne de 1 500 hab/km<sup>2</sup>. Densités équivalentes, pour une surface et une population environ doubles à Helsinki.

Sur le plan économique, la capitale de la Finlande constitue un pôle important où le taux de chômage est faible (7,5 %) et le revenu médian annuel des ménages très élevé (près de 30 000 € en 2006 contre 17 600 € la même année pour un ménage ordinaire français).

En termes climatiques, étant donné la fréquence des chutes de neige et les niveaux de température, la neige tient de novembre à mars, avec une épaisseur d'environ 15 à 20 cm.

Enfin, la mobilité s'établit à 3,3 déplacements par personne et par jour en 2008 (enquête réalisée à l'automne auprès des habitants de 7 ans et plus, hors déplacements à pied de moins de 5 minutes). En comparaison, la mobilité dans la communauté urbaine de Strasbourg s'établit à 3,9 déplacements par personne et par jour en 2009 (enquête réalisée auprès des habitants de 5 ans et plus, incluant tous les déplacements). Ces chiffres sont donc du même ordre de grandeur.

## Concernant l'effet N°1 de dégradation des niveaux de service des transports

En linéaire de ligne, les réseaux de transport (bus, transports en commun en site propre, desserte ferroviaire) présentent une couverture et une densité comparables dans les deux agglomérations d'Helsinki et de Strasbourg.

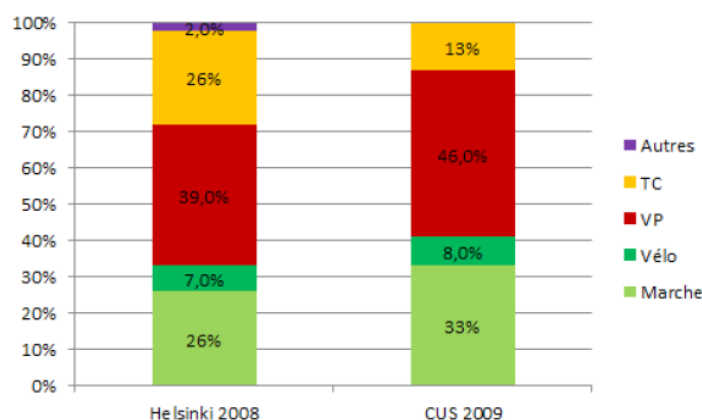
Intéressons-nous aux conditions de déplacements et aux comportements de mobilité lors des périodes de neige.

En hiver à Helsinki, les rues principales et les rues utilisées par les **transports en commun** sont toujours déneigées en priorité. Pour cela, une signalisation temporaire est mise en place afin d'interdire le stationnement des voitures, pour un déneigement efficace. Les habitants desservis par des voiries non déneigées peuvent alors rejoindre à pied l'axe principal le plus proche pour y prendre le bus. Toutefois, le tramway peut être perturbé en hiver par des voitures stationnées sur sa plate-forme à cause de la neige accumulée le long des trottoirs.



Ainsi, l'organisation du déneigement facilite le recours aux transports en commun plutôt qu'à la voiture individuelle.

En comparaison avec la communauté urbaine de Strasbourg, la part modale du transport en commun à Helsinki est deux fois plus élevée et la part de la voiture est plus faible, malgré une augmentation significative dans tout le pays de l'équipement en voiture depuis 1970 et des titulaires du permis de conduire depuis 1988.



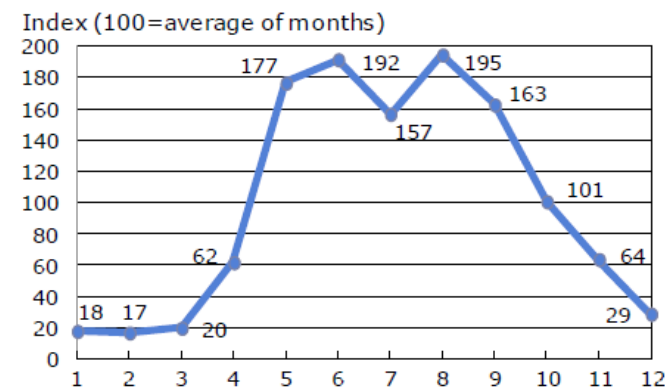
Rapportée à la population, la fréquentation des réseaux de transport en commun à Helsinki est une fois et demie plus importante qu'à Strasbourg, avec en particulier une forte fréquentation du réseau de bus et une bonne performance pour les liaisons radiales.

Dans l'aire métropolitaine d'Helsinki, le réseau **cyclable** est étendu, avec 2 200 km de pistes dans l'ensemble de l'aire métropolitaine, soit 2,1 km pour 1 000 habitants, c'est-à-dire près de 2 fois plus que l'offre de la communauté urbaine de Strasbourg (1,2 km pour 1 000 habitants). La forte

mixité vélos / piétons du réseau d'Helsinki induit toutefois une offre de moindre qualité que celles de Stockholm ou Copenhague. Malgré de forts investissements en aménagements à Helsinki par rapport au cas de Strasbourg, l'usage du vélo y semble à peu près identique à l'automne.

La part modale du vélo, de 7 %, est relativement faible comparée à celle d'autres villes de Finlande où elle atteint par exemple 10 % à Tampere, deuxième ville du pays, ou même 22 % à Oulu, à 500 km au nord d'Helsinki. Toutefois, la part modale cycliste à Helsinki augmente nettement depuis 10 ans. Les pratiques du vélo et de la marche sont valorisées par la politique de l'autorité organisatrice de la mobilité comme des modes de déplacement permettant de profiter des espaces naturels de l'agglomération.

À la lumière de l'enquête mobilité, réalisée en automne, période où les températures sont comprises entre 0 et 5° C et où les chutes de neige débutent, il apparaît que les conditions climatiques d'automne ne dissuadent pas les habitants d'utiliser des modes actifs (26 % pour la marche et 7 % pour le vélo). En revanche, l'analyse du nombre de vélos en circulation mois par mois montre une forte diminution de la pratique du vélo durant les mois d'hiver. En effet, dans l'aire métropolitaine d'Helsinki, les pistes cyclables et piétonnes ne sont pas déneigées. Aussi, les cyclistes se rabattent soit sur la voirie déneigée, soit sur un autre mode.



Variation mensuelle du nombre de vélos circulant dans le centre-ville d'Helsinki sur la période 1997 – 2013. Les mois sont numérotés de 1 à 12 et l'indice 100 représente le nombre moyen de vélos en circulation.

À Oulu, à l'inverse, le vélo bénéficie d'une forte part modale été comme hiver, grâce à un réseau de pistes cyclables très étendu (plus de 600 km pour moins de 200 000 habitants) et à un déneigement systématique des pistes, démontrant ainsi que le froid n'est pas un obstacle à la pratique du vélo en hiver.

Enfin, la part modale de la **marche** est plus faible dans l'aire métropolitaine d'Helsinki que dans la communauté urbaine de Strasbourg. Outre la concurrence classiquement observée entre la marche et le vélo dans les pays du Nord, ceci pourrait être mis sur le compte de deux facteurs :

- les longues distances à parcourir, étant donné la taille de l'agglomération et la maille urbaine, plus lâche qu'à Strasbourg dès que l'on sort du centre-ville d'Helsinki ; en particulier, des centres commerciaux sont accessibles à pied mais avec au moins 15 minutes de marche depuis la plupart des zones d'habitation ;
- en hiver, la neige ralentit considérablement la marche, augmentant ainsi les temps de parcours.
- l'analogie avec une situation exceptionnelle à Strasbourg mérite des précautions. En effet, à Strasbourg, l'enjeu consiste à organiser un déneigement de crise, ce qui correspond à un phénomène météorologique exceptionnel dont la probabilité augmente avec le changement climatique. A Helsinki (et plus loin à Montréal), le déneigement est récurrent chaque année et pendant de longues périodes. De plus, il pourrait y avoir une différence de comportement de mobilité entre des conditions de fond (on sait qu'il va faire froid et que la neige est probable, on décide tout de même de se déplacer en mode actif) et des conditions exceptionnelles qui pourraient engendrer un changement de comportement exceptionnel lui aussi.

En termes **d'enseignements**, le cas d'Helsinki suggère, pour l'adaptation de la mobilité des villes françaises au changement climatique, un scénario d'organisation polycentrique favorisant l'adaptation et l'atténuation du changement climatique. Ce scénario concernerait des villes françaises avec une forme urbaine polycentrique, une bonne image des transports en commun et une situation économique favorable.

De plus, nous retiendrons les **leviers** suivants pour l'adaptation à de fortes chutes de neige exceptionnelles :

- prioriser le déneigement des voies utilisées par les transports en commun facilite l'accès à l'arrêt de transport en commun le plus proche ;
- installer une signalisation temporaire pour interdire le stationnement sur les voies utilisées par les transports en commun les jours de déneigement permet d'assurer un déneigement efficace ;
- déneiger les pistes cyclables favorise le maintien d'une bonne part modale cyclable ;
- développer une organisation polycentrique basée sur un réseau de transports en commun radial performant favorise un usage élevé des transports en commun par tous les temps et facilite donc le maintien de la mobilité en transports en commun en situation climatique extrême ;
- contrairement au cas de la périphérie d'Helsinki, développer une maille urbaine resserrée autorise des déplacements de proximité plus faciles à pied.

Dans un contexte où les budgets de viabilité hivernale sont en resserrement, et où le réchauffement global pourrait conduire à les réduire davantage, maintenir une vigilance sur la capacité à faire face à un événement extrême de neige abondante s'impose. Les orientations ci-dessous ciblent les éléments du réseau de transports à prioriser.

En termes de **pistes d'approfondissement**, nous retiendrons :

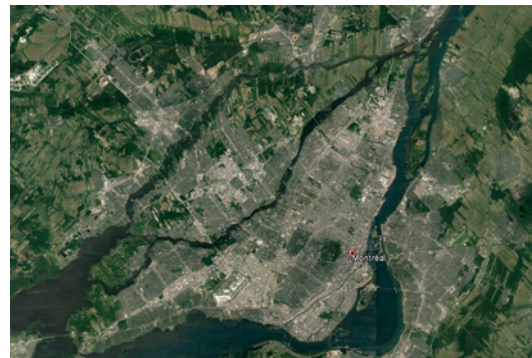
- l'intérêt d'enquêter sur les conditions météorologiques lors des enquêtes de mobilité, afin de pouvoir analyser le lien entre comportement de mobilité et conditions climatiques ;
- l'intérêt de creuser la solution du télétravail lors de conditions climatiques extrêmes, qui n'a pas été abordée dans cette étude de cas.

## D/ Montréal

### Quelques éléments de présentation

Sans entrer dans l'analyse fine, voici quelques éléments de géographie, de population et de mobilité pour situer les résultats.

La Région métropolitaine de Montréal est une entité de recensement définie par Statistique Canada. Le territoire s'étend sur deux îles et sur les rives du fleuve Saint-Laurent, au confluent avec la rivière Outaouais.

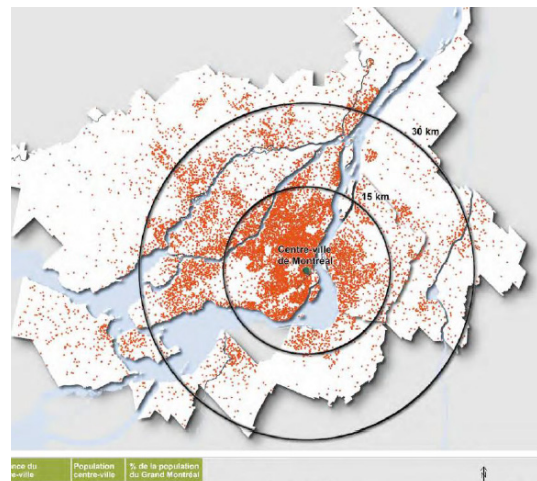


Source : Google Earth

Le climat est marqué par une forte amplitude thermique entre hiver et été, avec à la fois des neiges abondantes en hiver et des îlots de chaleur en été, de plus en plus fréquents en raison d'une forte minéralisation des sols.

La Région métropolitaine de Montréal comprend 3,8 millions d'habitants répartis sur 4 260 km<sup>2</sup>, soit une densité de 900 hab/km<sup>2</sup>. Comparativement à la communauté urbaine de Strasbourg, elle est donc 14 fois plus étendue, 8 fois plus peuplée, 1,7 fois moins dense.

Comme dans les grandes villes nord-américaines, le développement urbain est fortement lié à l'automobile, avec un étalement urbain important qui continue à s'accroître. En effet, le poids de la population de la ville de Montréal dans la Région métropolitaine a baissé continuellement entre 1961 et 2006, passant de 78 % à 52 %.



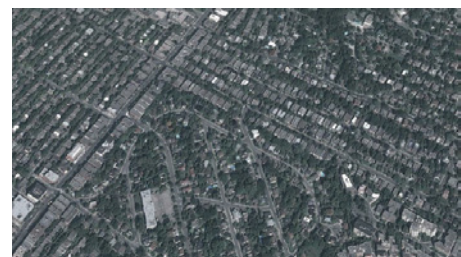
Source : Projet de Plan Métropolitain d'Aménagement et de Développement, avril 2011

Le chiffre de la mobilité s'élève à seulement 2,1 déplacements par jour et par personne en 2008 (enquête réalisée auprès des personnes âgées de 5 ans et plus). Ce chiffre étonnamment bas interroge :

- soit sur la méthode d'enquête (prise en compte ou non de tous les déplacements, notamment les déplacements de courte distance, définition du déplacement), ce qui rendrait la comparaison avec la communauté urbaine de Strasbourg délicate ;
- soit sur les raisons de cette faible mobilité.

Plusieurs indices attestent une forte pratique de l'automobile et une culture de l'automobile très prégnante :

- forte part modale de la voiture (sous réserve de la possible spécificité de la méthode d'enquête à Montréal) ;
- tissu urbain des couronnes métropolitaines très diffus, conduisant à de grandes distances de déplacement difficiles à parcourir en modes actifs, et à une faible densité peu desservie par les transports en commun ;



Source : Google Maps, quartier Outremont, 2014



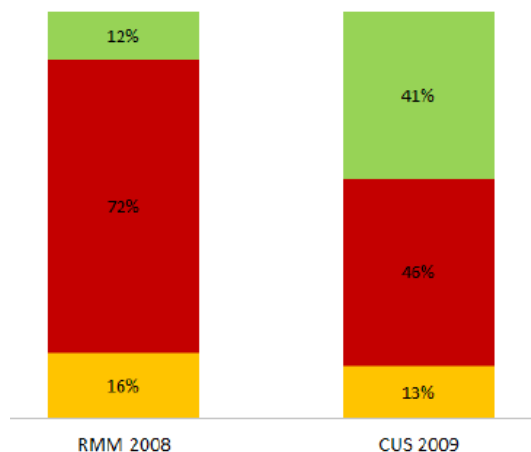
- facteurs de choix d'un nouveau logement axés sur l'accessibilité routière et non sur les transports collectifs ou la proximité (du travail, d'écoles de qualité), d'après un sondage de 2001 ;
- accroissement du parc automobile dans la région métropolitaine : + 20 % entre 1998 et 2008, le nombre d'automobiles par ménage passant de 1,15 en 1998 à 1,23 en 2008, à comparer à 0,95 dans la communauté urbaine de Strasbourg ;
- fréquentation des réseaux de transports en commun en hausse mais bien plus faible que celle observée dans la communauté urbaine de Strasbourg (rapportée à la population, celle de Strasbourg est 60 % plus élevée en nombre de voyages annuels par habitant).

## Concernant l'effet N°1 de dégradation des niveaux de service des transports

Intéressons-nous aux conditions de déplacements et aux comportements de mobilité lors des périodes de neige.

Le niveau de l'offre ferroviaire et celui de l'offre de **transports en commun** en sites propres à Montréal sont nettement inférieurs à ceux de Strasbourg quand on les compare en mettant en rapport l'étendue des territoires desservis (rapport de 1 à 11 pour le linéaire de transports en commun en sites propres et rapport de 1 à 3 pour le nombre de gares). Toutefois, la part modale d'ensemble du transport en commun est un peu plus élevée à Montréal qu'à Strasbourg, confirmant la performance de l'offre de bus montréalaise (le bus est plus utilisé que le métro). L'hiver, à Montréal, le métro n'est pas perturbé ; le réseau viaire où circulent les bus a été adapté aux conditions climatiques hivernales (dimensionnement des voiries avec surlargeurs pour stocker la neige) mais il est davantage congestionné par temps de neige. Lors d'abondantes chutes de neige, le réseau routier peut être paralysé quelques heures, le temps que le déneigement soit réalisé. Du fait du fort étalement urbain, la ville ne peut pas être déneigée rapidement. Les habitants tentent alors de se rabattre sur les modes encore en circulation (métro par exemple) ou restent temporairement bloqués.

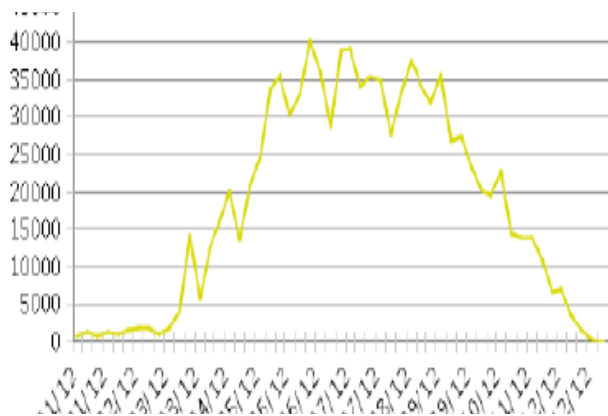
■ TC ■ VP / Autres motorisés ■ Marche/vélo



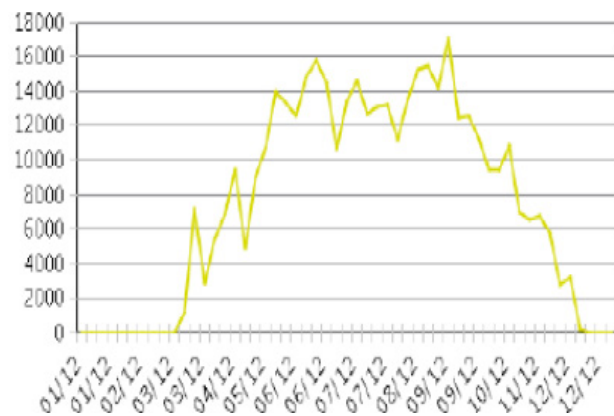
Le territoire comporte un linéaire important de 1 770 km de voies **cyclables**, qui demeure toutefois faible rapporté au nombre d'habitants (0,5 km pour 1 000 habitants, comparé à 1,2 km pour 1 000 habitants dans la communauté urbaine de Strasbourg). L'usage du vélo s'est toutefois développé depuis 2006 grâce aux nouveaux aménagements et à la mise en place de vélos en libre service. La part modale est estimée à 1,9 % par Vélo Québec.

L'usage des pistes cyclables est très dépendant des saisons : comme le montrent les graphiques ci-après, entre octobre et avril les habitants prennent peu leur vélo ; les pistes cyclables ne sont pas déneigées et ne peuvent être empruntées.

Si Strasbourg et Montréal font toutes deux figures d'exemples en matière d'usage du vélo à l'échelle de leur pays, cet usage reste près de quatre fois moindre à Montréal qu'à Strasbourg, ce qui peut s'expliquer non seulement par les conditions hivernales difficiles mais aussi par l'habitat diffus, source de distances de déplacements importantes.



Fréquentation mensuelle de la piste cyclable Côte Sainte-Catherine en 2012



Fréquentation mensuelle de la piste cyclable Berri en 2012

Enfin, même si la part de la **marche** est faible à Montréal comparée à celle observée à Strasbourg, et même si les conditions hivernales rendent plus difficile la pratique de la marche, deux particularités la favorisent néanmoins en contexte hivernal à Montréal :

- l'existence d'un réseau piéton souterrain d'une trentaine de kilomètres, galeries et tunnels le long desquels s'articulent une grande variété de fonctions urbaines (centres commerciaux, hôtels, universités, complexes résidentiels, entreprises), et conduisant directement jusqu'au métro. Ce réseau est très emprunté ;
- le déneigement prioritaire des trottoirs, qui se répand dans le territoire.

En termes **d'enseignements**, le cas de Montréal suggère pour l'avenir de la mobilité des villes françaises un scénario de voiture individuelle propre en intermodalité avec les transports en commun. Ce scénario concernerait des villes étalées avec une situation économique favorable et une image positive de la voiture.

Nous retiendrons de plus les leviers d'action suivants :

- arrondir les angles de trottoirs pour faciliter le passage de la déneigeuse sur voirie,
- déneiger prioritairement les trottoirs pour faciliter la marche par temps de neige.

Enfin, on notera que par temps de grand froid, les habitants sont habillés davantage, ce qui fait qu'ils occupent plus de place dans le métro. Aussi, ces jours-là, pour calculer la fréquence et la capacité des rames de métro, le ratio du nombre de personnes par m<sup>2</sup> passe de 4 personnes/m<sup>2</sup> à 3 personnes/m<sup>2</sup> !

### **3/ À l'issue de ces quatre expériences étrangères, les objectifs pratiques à convertir en leviers pour adapter la mobilité au changement climatique**

---

L'adaptation du système de transports au changement climatique consiste à le faire évoluer pour maintenir un niveau d'activité du territoire, à la fois :

- pour les activités du territoire et donc la mobilité qu'elles nécessitent, dans des conditions climatiques nouvelles ;
- pour les nouvelles activités ou les activités dont les localisations ont été modifiées par le changement climatique.

En France, trois conditions climatiques nouvelles sont susceptibles d'être rencontrées dans les prochaines décennies :

- fortes chaleurs plus durables et plus intenses (condition climatique de fond),
- épisodes de fortes chutes de neige plus nombreux (condition climatique exceptionnelle),
- fortes pluies d'automne plus importantes (condition climatique exceptionnelle), auxquelles peuvent s'ajouter des risques (par submersion marine ou autre).

Les quatre études de cas menées dans les agglomérations étrangères ont apporté des éléments surtout sur les deux premiers types de condition climatique. En y ajoutant quelques éléments issus de l'étude de vulnérabilité au changement climatique des transports de Marseille, nous pouvons proposer aux territoires désireux d'adapter leur mobilité les objectifs pratiques suivants, accompagnés de leviers opérationnels détaillés.

Dans les tableaux qui suivent, l'exploration des analogues climatiques permet de repérer les effets concernés identifiés lors de la deuxième étape de la démarche (cf. première partie p.21) et les leviers de la quatrième étape (cf. première partie p.25).

Au fil des différentes situations présentées ci-dessous, il faut relever le caractère certes classique mais récurrent de l'organisation urbaine cohérente avec l'organisation des déplacements, ainsi que le levier important de la politique de stationnement. Enfin, les leviers favorisant les déplacements en transports en commun et en modes actifs peuvent se combiner pour des approches intermodales visant à développer les trajets effectués avec plusieurs modes.

## A/ Cas des fortes chaleurs

		Objectifs
<b>EFFETS</b>	1 Tenue dans le temps des infrastructures	Favoriser la <b>mobilité durable</b> en cas de fortes chaleurs
	2 Navigation des fleuves et rivières	Favoriser les <b>modes actifs</b> au détriment de la voiture individuelle climatisée.
	3 Pratique des modes actifs facilitée en dehors de l'été	En effet, les modes actifs sont les moins vulnérables aux dégradations de service en conditions climatiques extrêmes ; c'est pourquoi toute réflexion d'adaptation de la mobilité au changement climatique devra s'y intéresser en priorité.
	4 Modification géographique et temporelle des flux touristiques	Dans une configuration urbaine propice au vélo (faibles pentes, courtes distances), on cherchera à développer ce mode. Si les pentes sont nombreuses et dissuasives, on s'intéressera davantage à la marche, mode essentiel de déplacement
	5 Recomposition de la distribution spatiale de la population	Ne pas réduire l' <b>usage des transports en commun</b> au profit de la voiture climatisée
	6 Hausse des risques pesant sur les infrastructures	
	7 Accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée	
	8 Restriction de la circulation liée à la pollution atmosphérique	Susciter des <b>rythmes de vie</b> permettant de moins souffrir de la chaleur lors des déplacements
	9 Difficultés de déplacements en conditions climatiques extrêmes	Préciser le <b>scénario de mobilité</b> auquel les acteurs du territoire souhaitent se préparer : quelles configurations territoriales initiales et quelles bifurcations favoriser ? Quel scénario économique envisager et en particulier, comment intégrer l'impact d'une crise économique sur la mobilité ? <ul style="list-style-type: none"> <li>- si le territoire a un relief marqué, comment pallier la difficulté de mobiliser le mode cyclable ?</li> <li>- si le territoire est très étalé, comment pallier la longueur des déplacements, favorables à la voiture ?</li> </ul>

Leviers détaillés	LEVIERS
Tirer les enseignements de la gestion de crise pour réaliser les aménagements réduisant la vulnérabilité lors d'une prochaine crise.	Améliorer la connaissance des conséquences de l'évolution climatique <b>a</b>
Rafraîchir les aménagements cyclables et espaces publics fréquentés par les piétons par la végétation, l'eau, l'ombrage, l'utilisation de matériaux à faible albédo, les couloirs de vent.	Sensibiliser les acteurs concernés <b>b</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organiser la possibilité de prendre une douche sur les lieux de travail.</li> <li>- Favoriser l'usage du vélo et de la marche toute l'année :</li> <li>- organiser une ville des courtes distances (densité, mixité, maille urbaine resserrée pour favoriser la proximité, organisation polycentrique),</li> <li>- organiser la perméabilité du tissu urbain et limiter les effets de coupure,</li> <li>- limiter la place de la voiture : réduction des vitesses, gestion du trafic automobile, politique de stationnement,</li> <li>- aménagements cyclables et piétonniers (voies et stationnement, qualité de l'espace public, rapport à la nature, magistrales piétonnes),</li> <li>- sécurisation des parcours (zones 30),</li> <li>- signalisation (fléchages d'itinéraires),</li> <li>- actions diverses (vélos en libre service, comparateurs d'itinéraires, communication...).</li> </ul>	Concevoir, modifier, entretenir, et exploiter les infrastructures pour répondre aux effets ponctuels et continus <b>c</b>
<p>Rafraîchir les transports en commun :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- climatiser les lignes les plus fréquentées, voire l'ensemble du réseau pour prendre en compte les correspondances,</li> <li>- renforcer la fréquence pour éviter les temps d'attente trop longs,</li> <li>- ombrager les terminus et les arrêts,</li> <li>- rafraîchir la nuit les dépôts de matériels roulants.</li> </ul>	Adapter la localisation de l'habitat, les activités touristiques et leurs mobilités <b>d</b>
<p>Favoriser les transports en commun toute l'année :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- articulation urbanisme / déplacements : densification autour des arrêts de transport en commun, organisation polycentrique,</li> <li>- limitation de la part de la voiture : réduction des vitesses, gestion du trafic automobile, politique de stationnement,</li> <li>- amélioration de l'offre de transports en commun : systèmes de priorités améliorant la vitesse commerciale, confort des passagers, tarification, information multimodale, structuration et efficacité de l'offre.</li> </ul>	Favoriser le confort d'été des déplacements en modes actifs et en transports en commun Limiter les îlots de chaleur <b>e</b>
Privilégier les plages horaires de travail qui débutent ou finissent hors des périodes les plus chaudes, de manière à faciliter les modes actifs pour les déplacements (ou les transports en commun non climatisés).	Faire évoluer les conditions de travail pour limiter les déplacements en situation perturbée ou dégradée <b>f</b>
Pour des villes au relief plat, privilégier un scénario d'organisation polycentrique, de mixité et de courtes distances, qui limite la mobilité automobile (scénario de type Valence). En cas de crise économique, ce scénario limite l'impact de cette crise sur la mobilité.	Anticiper et faciliter les déplacements des personnes vulnérables aux conditions climatiques extrêmes <b>g</b>
Pour des villes à la forme urbaine étalée et au relief marqué, scénario induisant éloignement, qui avec de fortes pentes produit une mobilité favorable à la voiture (scénario de type Athènes). Avec une plus grande dépendance à la voiture, ce scénario aggrave l'impact de la crise économique sur la mobilité.	
Pour des villes à la forme urbaine dense et au relief marqué, des solutions de type vélo électrique ou transport par câble (climatisé) pourront être étudiées.	

## B/ Cas de chutes de neige exceptionnelles

EFFETS		Objectifs
1	Tenue dans le temps des infrastructures	Gérer le déneigement de surface pour faciliter la <b>mobilité durable</b> .
2	Navigation des fleuves et rivières	Faciliter les déplacements en <b>modes actifs</b> par temps de neige.
3	Pratique des modes actifs facilitée en dehors de l'été	
4	Modification géographique et temporelle des flux touristiques	
5	Recomposition de la distribution spatiale de la population	
6	Hausse des risques pesant sur les infrastructures	Faciliter les <b>transports en commun</b> par temps de neige.
7	Accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée	
8	Restriction de la circulation liée à la pollution atmosphérique	
9	Difficultés de déplacements en conditions climatiques extrêmes	Préciser le <b>scénario de mobilité</b> auquel les acteurs du territoire souhaitent se préparer : quelles configurations territoriales initiales et quelles bifurcations favoriser ? <ul style="list-style-type: none"> <li>- si le territoire a un relief marqué, comment pallier la difficulté d'utiliser le mode cyclable ?</li> <li>- si le territoire est très étalé, comment pallier la longueur des déplacements, favorable à la voiture ?</li> </ul>

Leviers détaillés	LEVIERS
<p>Arrondir les angles de trottoirs pour faciliter le passage de la déneigeuse.</p> <p>Tirer les enseignements de la gestion de crise pour réaliser les aménagements réduisant la vulnérabilité lors d'une prochaine crise.</p>	<p>Améliorer la connaissance des conséquences de l'évolution climatique <b>a</b></p>
<p>Déneiger les pistes cyclables et les trottoirs, en précisant les responsabilités de chacun en la matière et en organisant ces tâches de déneigement.</p> <p>Favoriser l'usage du vélo et de la marche toute l'année :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- organiser une ville des courtes distances (densité, mixité, maille urbaine resserrée pour favoriser la proximité, organisation polycentrique),</li> <li>- organiser la perméabilité du tissu urbain et limiter les effets de coupure,</li> <li>- limiter la place de la voiture : réduction des vitesses, gestion du trafic automobile, politique de stationnement,</li> <li>- aménagements cyclables et piétonniers (voies et stationnement, qualité de l'espace public, rapport à la nature, magistrales piétonnes),</li> <li>- sécurisation des parcours (zones 30),</li> <li>- signalisation (fléchages d'itinéraires),</li> <li>- actions diverses (vélos en libre service, comparateurs d'itinéraires, communication...).</li> </ul>	<p>Sensibiliser les acteurs concernés <b>b</b></p> <p>Concevoir, modifier, entretenir, et exploiter les infrastructures pour répondre aux effets ponctuels et continus <b>c</b></p> <p>Adapter la localisation de l'habitat, les activités touristiques et leurs mobilités <b>d</b></p> <p>Favoriser le confort d'été des déplacements en modes actifs et en transports en commun Limiter les îlots de chaleur <b>e</b></p> <p>Faire évoluer les conditions de travail pour limiter les déplacements en situation perturbée ou dégradée <b>f</b></p> <p>Anticiper et faciliter les déplacements des personnes vulnérables aux conditions climatiques extrêmes <b>g</b></p>
<p>Déneiger prioritairement les voies de transports en commun, en privilégiant les voies empruntées par les lignes structurantes et avec un déneigement efficace grâce à une signalisation temporaire d'interdiction de stationner.</p> <p>Favoriser les transports en commun toute l'année :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- articulation urbanisme / déplacements : densification autour des arrêts de transport en commun, organisation polycentrique,</li> <li>- limitation de la place de la voiture : réduction des vitesses, gestion du trafic automobile, politique de stationnement,</li> <li>- amélioration de l'offre de transports en commun : systèmes de priorités, exploitation améliorant la vitesse commerciale, confort des passagers, tarification, information multimodale, structuration et efficacité de l'offre.</li> </ul>	
<p>Pour des villes avec une forme urbaine polycentrique, un relief plat, une bonne image des transports en commun (de type Helsinki), un scénario d'organisation polycentrique favorise l'adaptation et l'atténuation .</p> <p>Pour des villes étalées avec une image positive de la voiture (de type Montréal), travailler un scénario de voiture individuelle propre en intermodalité avec les transports en commun.</p>	

## C/ Cas des fortes pluies

### EFFETS

- 1 Tenue dans le temps des infrastructures
- 2 Navigation des fleuves et rivières
- 3 Pratique des modes actifs facilitée en dehors de l'été
- 4 Modification géographique et temporelle des flux touristiques
- 5 Recomposition de la distribution spatiale de la population
- 6 Hausse des risques pesant sur les infrastructures
- 7 Accroissement de l'usage de la voiture individuelle climatisée
- 8 Restriction de la circulation liée à la pollution atmosphérique
- 9 Difficultés de déplacements en conditions climatiques extrêmes

### Objectifs

Favoriser la **mobilité durable** en cas de fortes pluies annoncées d'inondations.

Favoriser l'usage des modes actifs dans ces situations climatiques.

Les modes actifs sont perturbés ponctuellement par ces conditions climatiques : il n'est pas possible de faire cent mètres sans être intégralement trempé. Les piétons s'abritent ou se reportent sur la voiture ou les transports en commun qui connaissent alors une fréquentation accrue. En revanche, les modes actifs reprennent dès que la pluie s'arrête ou diminue. C'est pourquoi favoriser leur pratique permet que la perturbation due aux fortes pluies soit de courte durée. Toute réflexion d'adaptation de la mobilité au changement climatique devra donc s'intéresser en priorité à ces modes. Toutefois, le vieillissement de la population invite à nuancer les potentialités de ces modes praticables par les retraités mais peu adaptés au grand âge.

Dans une configuration urbaine propice au vélo (faibles pentes, courtes distances), on cherchera à développer ce mode. Si les pentes sont nombreuses et dissuasives, on s'intéressera davantage à la marche, mode essentiel de déplacement.

Maintenir un bon usage des transports en commun dans ces situations climatiques perturbantes.

Grâce au système de suivi en temps réel des transports en commun, la réactivité en cas de perturbation atténue les effets des aléas. Par exemple, les lignes de bus sont déroutées en temps réel en cas d'inondation d'une chaussée. Le tramway et le métro sont plus vulnérables. Néanmoins, les leviers ci-contre peuvent réduire la vulnérabilité des transports en commun.



Leviers détaillés
<p>Développer les possibilités de souplesse horaire (travail et écoles) et de télétravail dans ces situations climatiques exceptionnelles.</p> <p>Identifier les itinéraires cyclables ou piétons vulnérables (inondés en cas d'épisode de forte pluie) et apporter des alternatives.</p> <p>Prévoir des abris sur les itinéraires cyclables ou piétons pour en faciliter l'usage en cas de condition climatique difficile subite et extrême.</p> <p>Favoriser l'usage du vélo et de la marche toute l'année :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- organiser une ville des courtes distances (densité, mixité, maille urbaine resserrée pour favoriser la proximité, organisation polycentrique),</li> <li>- organiser la perméabilité du tissu urbain et limiter les effets de coupure,</li> <li>- limiter la place de la voiture : réduction des vitesses, gestion du trafic automobile, politique de stationnement,</li> <li>- aménagements cyclables et piétonniers (voies et stationnement, qualité de l'espace public, rapport à la nature, magistrales piétonnes),</li> <li>- sécurisation des parcours (zones 30),</li> <li>- signalisation (fléchages d'itinéraires),</li> <li>- actions diverses (vélos en libre service, comparateurs d'itinéraires, communication...)</li> </ul>
<p>Améliorer la gestion de crise dans les transports en commun.</p> <p>Tirer les enseignements de la gestion de crise pour réaliser les aménagements réduisant la vulnérabilité lors d'une prochaine crise.</p> <p>Prioriser les voies supports de transports en commun dans la gestion de crise.</p> <p>Ne pas localiser les transports en commun dans les zones qui seraient inondables dans ces conditions climatiques ; en particulier, garantir l'invulnérabilité des pôles d'échanges accueillant des terminus et permettant le retournement des bus.</p> <p>Pour les lignes qui seraient vulnérables, réaliser les aménagements adéquats pour réduire la vulnérabilité des réseaux existants : conception en mezzanine des stations de métro (séparation par niveau de la partie « accueil du public » et de la partie « quais », permettant de mettre les équipements électroniques de la station à un niveau altimétrique supérieur à celui des quais qui correspondent au point bas), batardeaux, surélévation des aérations et des entrées de stations de métro ; réaliser un aménagement piétonnier approprié autour de l'accès par escalier de la station pour détourner le flux d'eau de submersion.</p> <p>Localiser les fonctions stratégiques de la ville dans les secteurs non vulnérables et accessibles de manière non vulnérable depuis les secteurs fortement peuplés.</p> <p>Favoriser les transports en commun toute l'année :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- articulation urbanisme / déplacements : densification autour des arrêts de transport en commun, organisation polycentrique,</li> <li>- limitation de la place de la voiture : réduction des vitesses, gestion du trafic automobile, politique de stationnement,</li> <li>- amélioration de l'offre de transports en commun : systèmes de priorités, exploitation améliorant la vitesse commerciale, confort des passagers, tarification, information multimodale, structuration et efficacité de l'offre</li> </ul>

## LEVIERS

Améliorer la connaissance des conséquences de l'évolution climatique

a

Sensibiliser les acteurs concernés

b

Concevoir, modifier, entretenir, et exploiter les infrastructures pour répondre aux effets ponctuels et continus

c

Adapter la localisation de l'habitat, les activités touristiques et leurs mobilités

d

Favoriser le confort d'été des déplacements en modes actifs et en transports en commun  
limiter les îlots de chaleur

e

Faire évoluer les conditions de travail pour limiter les déplacements en situation perturbée ou dégradée

f

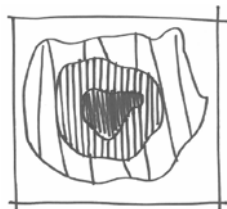
Anticiper et faciliter les déplacements des personnes vulnérables aux conditions climatiques extrêmes

g

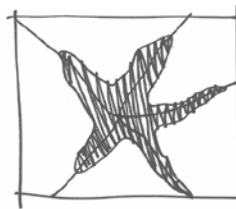
## 4/ Quelques indicateurs pour suivre l'adaptabilité de la mobilité

En prolongement, nous proposons une série d'indicateurs permettant de suivre dans le temps la capacité d'une agglomération à adapter sa mobilité au changement climatique (vulnérabilité, forme urbaine, cyclabilité...). En sélectionnant ces indicateurs, on pourrait composer une grille de veille sur l'adaptabilité du système de transports au changement climatique :

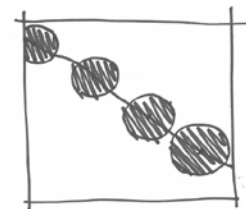
- carte de **polycentrisme** : ronds proportionnels de population avec intensités de couleur pour la densité ;
- indicateur de **polycentralité** : part de la population dans des noyaux « denses » / population totale et type d'organisation urbaine à l'œuvre. On pourra réaliser l'analogie avec les modèles suivants :



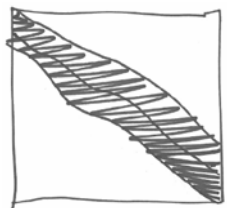
*radio-concentrique*



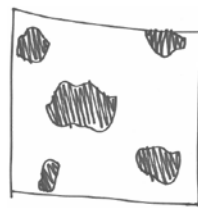
*doigts de gant*



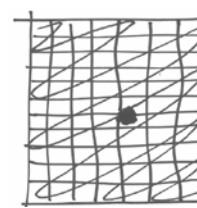
*chapelet*



*linéaire*

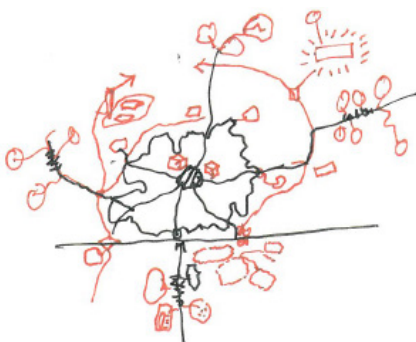


*polycentrique*



*grille*

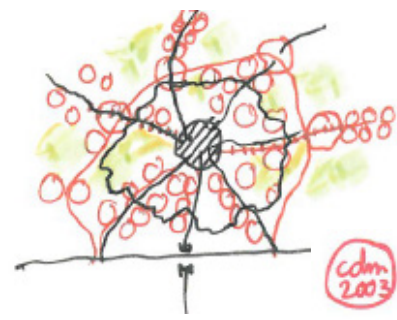
Ces schémas sont théoriques et la réalité est bien plus hybride. David Mangin souligne, dans son ouvrage *La ville franchisée*, l'écart entre la réalité et le modèle vertueux, dessinant un hybride intermédiaire montré par les schémas ci-dessous :



*l'urbanisme du réel*



*l'urbanisme du fantasme*



*l'urbanisme du possible*

- indicateurs d'**accessibilité en transports en commun et plus largement accessibilité intermodale** :
  - part de la population à moins de 500 m d'un métro ou d'un tramway ou d'une gare,
  - offre en transports en commun en voyageurs.km/an,
  - part de la population ayant accès à un métro, un tramway ou un train à moins de 10 minutes en vélo ;

- indicateur de **mixité** : part de la population à moins de 500 m des services essentiels ;
- indicateur de **densité** ;
- indicateurs de **courte distance** : part des déplacements inférieurs à 5 km (source : enquêtes ménages déplacements) ; maille urbaine lâche ou resserrée ;
- indicateurs de **potentiel cyclable** : linéaire cyclable par habitant et pourcentage de voirie à faible pente ;
- indicateur de **vulnérabilité des transports en commun à la chaleur** : part des voyages climatisés ;
- indicateur de **vulnérabilité des transports en commun aux inondations** : part des voyages qui seront soumis dans le futur à des risques d'inondation accrus du fait du changement climatique ;
- indicateur de **vulnérabilité des transports en commun aux fortes chutes de neige** : part des voyages souterrains ou déneigeables en moins d'une heure ;
- indicateur de **déneigeabilité de la voirie** : linéaire de voirie par habitant.

Le choix de ces indicateurs composera un outil de veille sur l'adaptabilité du système de transports au changement climatique. Un programme de travail pour affiner les méthodes de calcul et disposer des valeurs du territoire grâce à un système d'information géographique pourra alors être construit.

# Conclusion

## **Un état de l'art en cours de constitution et des pistes de travail à creuser, en particulier les effets de la météorologie sur la mobilité actuelle**

Les éléments de connaissance que nous avons rassemblés ici sont récents et l'état de l'art en matière d'adaptation de la mobilité au changement climatique est naissant. Aussi, nous avons indiqué, au cours des parties 2 et 3 (expériences régionales françaises et analogies internationales), les pistes de réflexion qui nous paraissaient à creuser. Parmi elles, on retiendra l'intérêt d'une meilleure connaissance des effets de la météorologie sur la mobilité actuelle.

## **La nécessité d'une approche prospective systémique**

Toutefois, les travaux que nous avons analysés ou conduits montrent qu'il n'est pas possible d'isoler la variable climatique d'autres variables territoriales. En effet, on ne peut pas considérer que le territoire va évoluer uniquement en matière climatique : le projet de territoire fera évoluer le système territorial, la société, les modes de vie et les valeurs changeront également. Les comportements de mobilité se transformeront en fonction de l'ensemble de ces déterminants territoriaux, sociétaux, climatiques, et en fonction des politiques publiques menées.

Ainsi, la tentation de vouloir, suite à une rigoureuse descente d'échelle des phénomènes climatiques à venir, parvenir à des déterminants quantifiés entre climat et mobilité (du type : + 2° C donne 4 points de part modale voiture supplémentaire) s'avère illusoire. Il apparaît donc nécessaire d'adopter une approche prospective systémique, c'est-à-dire non seulement climatique mais aussi territoriale.

De plus, soulignons que c'est le système de mobilité urbaine global qu'il faut chercher à adapter, et non chaque mode pris isolément ; en effet, une approche fragmentée risquerait de favoriser des modes de déplacement incompatibles avec la transition énergétique. Par cette approche globale, afin d'éviter toute maladaptation, on abordera donc conjointement adaptation et atténuation, pour mettre en place les conditions permettant l'adaptation au changement climatique dans un contexte de mobilité décarbonée. Cette approche d'ensemble sur tous les modes permettra aussi d'intégrer des solutions intermodales.

Aussi, pour réaliser une démarche d'adaptation de la mobilité au changement climatique, il est nécessaire d'entreprendre une démarche d'anticipation locale, où le territoire investit dans un effort d'anticipation aujourd'hui pour éviter des déconvenues demain. C'est ainsi que les décisions d'investissement et d'exploitation de court terme pourront sur le long terme réduire les effets négatifs et tirer parti des effets positifs du changement climatique dans les territoires.

## **Un gouvernance large à mettre en place pour réaliser cette démarche**

Pour une analyse pertinente des effets du changement climatique et pour une bonne mobilisation garantissant l'efficacité des leviers à mettre en œuvre, cette prospective territoriale doit être construite de manière partagée avec un large spectre d'acteurs locaux de la mobilité et de l'aménagement du territoire.

De plus, la démarche d'adaptation d'un territoire au changement climatique est bien souvent transversale et cherche à adapter au changement climatique l'ensemble des secteurs : non seulement la mobilité mais aussi l'agriculture, le tourisme, l'urbanisme, l'aménagement, l'habitat, la biodiversité. La démarche d'adaptation peut alors constituer une aide à la décision en matière de programmation de l'action publique (par exemple pour les contrats de plan État Région), et s'inscrire dans un projet de territoire aux objectifs plus vastes que les seuls objectifs énergétiques et climatiques (comme cela pourra être le cas dans les futurs schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires).

La démarche d'adaptation constitue alors une mise en mouvement du territoire vers le futur, impliquant de nombreuses parties prenantes du territoire dans une réflexion transversale commune qui croise les intérêts et dessine un avenir commun.

### **Si l'adaptation au changement climatique révèle de nouvelles contraintes pour la mobilité, elle constitue aussi une opportunité : aux territoires de la saisir pour préparer leur avenir**

Si la réflexion d'adaptation de la mobilité au changement climatique s'est construite essentiellement autour des vulnérabilités et de conditions climatiques dérangeantes (fortes chaleurs, fortes pluies, fortes chutes de neige), elle contient aussi des opportunités (par exemple des températures plus douces en hiver, au printemps et en automne, favorisant les modes actifs).

De plus, l'adaptation au changement climatique offre l'occasion de se poser de nouvelles questions dans les territoires, ou de reconsidérer certaines questions existantes, pour reformater l'espace urbain en vue des territoires de demain : la ville se renouvelle peu à peu, les activités du territoire et les localisations recherchées par les populations se modifient, l'équation d'équilibre entre les différents modes de transport évolue, les temps de la mobilité sont soumis aux épreuves d'événements extrêmes. L'évolution de ces déterminants majeurs de la mobilité invite à adapter dès aujourd'hui notre regard sur la mobilité, car seul le temps long peut tirer parti de l'inertie du système urbain.

### **Pour engager l'adaptation de la mobilité au changement climatique, mettre en œuvre la démarche et les méthodes proposées ici, en s'appuyant sur une série d'effets, un ensemble d'objectifs pratiques et de leviers opérationnels**

Au fil des trois parties, nous avons tissé des liens entre des études menées dans des cadres différents, constituant un corpus de travaux complémentaires qui se révèle cohérent.

Nous avons précisé la démarche et la méthode, montré quels choix de démarches et de méthodes certaines expériences régionales françaises avaient opérés, puis présenté des exemples de villes étrangères pour en dégager des idées d'actions d'adaptation. Pour finir, nous avons dressé des tableaux d'objectifs pratiques à fixer dans trois cas (fortes chaleurs, fortes neiges, fortes pluies), articulés sur neuf effets du changement climatique sur la mobilité et sept leviers d'adaptation de la mobilité au changement climatique. La mise en évidence de ces objectifs, de ces effets et de ces leviers, et l'élaboration d'une méthode d'ensemble, constituent sans conteste les plus-values principales de cet ouvrage pour les acteurs de terrain.

# Bibliographie

## Les éléments internationaux de référence : rapport du GIEC et ses synthèses

- IPCC, par l'équipe de rédaction Stocker T.F. et al.,  
*Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*,  
Cambridge (Royaume-Uni) et New York (État de New York, États-Unis d'Amérique), Cambridge University Press, 2013, 1535 p., ISBN : 978-1-107-05799-1 (hardback), 978-1-107-66-182-0 (paperback), consulté le 22/05/2015, <[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_ALL\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf)>
- IPCC, Pachauri, R.K. et Meyer (sous la direction),  
*Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*,  
Genève (Suisse), L'IPCC, 2014, 151 p., <[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)>
- DGEC / ONERC,  
*Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC*,  
Synthèse technique, 2013, 12 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC\\_decouvrir\\_scenarios\\_Giec.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_decouvrir_scenarios_Giec.pdf)>

## Le plan national d'adaptation au changement climatique de 2011 (PNACC1) et les actions 1 et 3 du volet infrastructures et systèmes de transport

- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement,  
*Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique 2011-2015*,  
2011, 187 p., consulté le 22/05/2015, <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC-PNACC-complet.pdf>>
- Cerema Infrastructures de transports et matériaux,  
*Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, volet infrastructures et systèmes de transport, action 1. Impacts potentiels du changement climatique sur les infrastructures et systèmes de transport, sur leurs référentiels de conception, entretien et exploitation, et besoins de précisions des projections climatiques*,  
2015, 159 p., ISRN : CEREMA-DteclTM-2015-009-1-FR, <<http://www.infra-transports-materiaux.cerema.fr/plan-national-d-adaptation-au-changement-a5925.html>>
- Cerema Infrastructures de transports et matériaux,  
*Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, volet infrastructures et systèmes de transport, Action 3. Analyse des risques liés aux événements climatiques extrêmes sur les infrastructures, systèmes et services de transport, Recueil de concepts*,  
2015., 86 p., ISRN : CEREMA-DteclTM-2015-008-1-FR, <<http://www.infra-transports-materiaux.cerema.fr/plan-national-d-adaptation-au-changement-a5925.html>>

### Données climatiques de référence : les cinq rapports dits « Jouzel » et le site DRIAS

- Peings Y. et al., Jouzel J. (sous la direction),  
*Scénarios régionalisés. Scénarios climatiques : indices sur la France métropolitaine pour les modèles français ALADIN-Climat et LMDz et quelques projections pour les DOM-COM*,  
Paris, ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2011, *Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle*, vol. 1, 2<sup>e</sup> édition, 140 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/onerc\\_rapport\\_mission\\_jouzel\\_25janv2011\\_complet\\_V2\\_Web\\_VF.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/onerc_rapport_mission_jouzel_25janv2011_complet_V2_Web_VF.pdf)>

- Peings Y. et al., Jouzel J. (sous la direction),  
*Scénarios régionalisés. Indices de référence pour la métropole. Scénarios climatiques : indices sur la France métropolitaine pour les modèles français ALADIN-Climat, LMDz et MAR*,  
Paris, ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2012, *Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle*, vol. 2, 1<sup>re</sup> édition, 303 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC\\_Rapport\\_scenarios\\_reference\\_fevrier\\_2012\\_Web\\_VF.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_Rapport_scenarios_reference_fevrier_2012_Web_VF.pdf)>

- Planton S. et al., Jouzel J. (sous la direction),  
*Évolution du niveau de la mer. Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises*,  
Paris, ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2012, *Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle*, vol. 3, 1<sup>re</sup> édition, 49 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC\\_Rapport\\_niveau\\_de\\_la\\_mer\\_Web\\_VF.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_Rapport_niveau_de_la_mer_Web_VF.pdf)>

- Ouzeau G. et al., Jouzel J. (sous la direction),  
*Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer*,  
Paris, ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2014, *Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle*, vol. 4, 2<sup>e</sup> édition, 64 p., consulté le 07/03/2016, <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Volume-4-Scenarios-regionalises.html>>

- Planton S. et al., Jouzel J. (sous la direction),  
*Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises*,  
Paris, ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2015, *Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle*, vol. 5, 2<sup>e</sup> édition, 71 p., consulté le 07/03/2016, <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Volume-5-Changement-climatique-et.html>>

- DRIAS,  
*Les futurs du climat*,  
pour télécharger des paramètres et indices climatiques issus de projections climatiques régionalisées : <<http://www.drias-climat.fr/>>

### Perspectives des politiques d'adaptation des transports à l'échelle européenne

- EEA,  
*Adaptation of transport to climate change in Europe, Challenges and options across transport modes and stakeholders*,  
2014, 60 p., <<http://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>>

### **Éléments sur les effets du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés en France, la vulnérabilité des réseaux d'infrastructures**

- Groupe de travail interministériel,  
*Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France*, document d'étape, 2008, 247 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_complet\\_0907allegeV2\\_20-11-08.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_complet_0907allegeV2_20-11-08.pdf)>
- Groupe de travail interministériel,  
*Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France*, rapport de la seconde phase, 2009, 108 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/partie\\_1\\_rapport\\_de\\_synthese.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/partie_1_rapport_de_synthese.pdf)>
- ONERC,  
*Évaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France, rapport de la seconde phase – partie III, rapports des groupes sectoriels*, 2009, 231 p., consulté le 22/05/2015, <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/partie\\_3\\_rapports\\_des\\_groupes\\_sectoriels.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/partie_3_rapports_des_groupes_sectoriels.pdf)>
- CGEDD,  
*Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels*, 2013, 92 p., [http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Cgpc-CGE0UV00216132&q=\(%2B\(question\\_word%3Aflury+question%3A%7Cflury%7C\)\)&n=3&sort=&order=&depot=](http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Cgpc-CGE0UV00216132&q=(%2B(question_word%3Aflury+question%3A%7Cflury%7C))&n=3&sort=&order=&depot=)

### **Projections de trafic nationales**

- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Commissariat général au développement durable,  
*Projection de la mobilité courte distance à l'horizon 2030*, collection « Études et documents », juillet 2013.
- voir aussi les travaux en cours du CGDD sur la demande de transport sur le long terme (2030, 2050, 2070).

### **Autres outils pour une démarche d'adaptation d'un territoire au changement climatique**

- Ademe,  
*Diagnostic de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique – Éléments méthodologiques tirés de l'expérience internationale*, 2011, consulté le 24/05/2016, <<http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/diagnostic-vulnerabilite-territoire-changement-climatique-7405.pdf>>
- Commissariat général au développement durable,  
*Guide d'accompagnement des territoires pour l'analyse de leur vulnérabilité socio-économique au changement climatique*, 2011, consulté le 24/05/2016, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1808/1073/guide-daccompagnement-territoires-lanalyse-leur.html>



# Table des matières

<b>Introduction Objectifs de cet ouvrage</b>	<b>7</b>
<b>Adapter la mobilité au changement climatique : quelle anticipation ?</b>	<b>10</b>
Qu'est-ce que l'adaptation au changement climatique ?	10
Quels sont les changements climatiques auxquels s'adapter ?	11
Pourquoi adapter localement la mobilité au changement climatique ?	12
<b>Démarche et méthodes pour adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique</b>	<b>14</b>
Les préalables pour construire la démarche :	14
1 <sup>re</sup> étape/ Déterminer les fondamentaux : sensibiliser, choisir le climat auquel s'adapter, choisir un horizon de temps, préparer la territorialisation des résultats	15
2 <sup>e</sup> étape/ Identifier et territorialiser les effets du changement climatique sur la mobilité du territoire en s'appuyant sur neuf effets identifiés	17
3 <sup>e</sup> étape/ Relier effets et leviers à travers des scénarios d'adaptation, soit en précisant les enjeux, soit en précisant les leviers	19
4 <sup>e</sup> étape/ Mobiliser sept leviers d'adaptation pour définir/affiner le scénario souhaitable d'adaptation de la mobilité et le mettre en œuvre	21
<b>Trois exemples d'études régionales françaises d'adaptation au changement climatique</b>	<b>25</b>
L'étude MEDCIE Grand Sud-Est	26
A/ Une démarche qui croise prospective climatique et prospective territoriale	26
B/ Une méthode d'analyse des effets et de vulnérabilité en six étapes pour établir des propositions de mesures prioritaires	26
C/ Des propositions techniques de mesures d'adaptation de la mobilité limitées	28
D/ Synthèse des apports de l'étude MEDCIE	29
le SRCAE Rhône-Alpes	31
A/ Le rôle central d'un groupe d'acteurs locaux dans une démarche en trois étapes	31
B/ Une analyse thématique des effets du changement climatique qui concerne indirectement la mobilité, mais une territorialisation qui intègre le fonctionnement des territoires et la mobilité	33
C/ Les mesures d'adaptation prises par le SRCAE Rhône-Alpes	35
D/ Synthèse des apports du SRCAE Rhône-Alpes	35
Le SRCAE Bourgogne	37
A/ Une démarche basée sur des expertises locales et une acceptation de l'adaptation qui inclut la précarité énergétique	37
B/ Méthode d'analyse de vulnérabilité : la mobilisation des professions concernées, mais peu d'approche des questions de mobilité	37
C/ Les mesures d'adaptation prises par le SRCAE Bourgogne	38
D/ Synthèse des apports du SRCAE Bourgogne	38

<b>Analogies internationales : quels enseignements tirer de l'expérience de quatre agglomérations étrangères ?</b>	<b>40</b>
1/ Les fondamentaux : horizon de temps, climat, choix des agglomérations françaises et étrangères	40
2/ Quatre expériences d'agglomérations étrangères dont tirer des idées d'adaptation	43
A/ Valence (Espagne)	44
B/ Athènes	48
C/ Helsinki	52
D/ Montréal	56
3/ À l'issue de ces quatre expériences étrangères, les objectifs pratiques à convertir en leviers pour adapter la mobilité au changement climatique	59
A/ Cas des fortes chaleurs	60
B/ Cas de chutes de neige exceptionnelles	62
C/ Cas des fortes pluies	64
4/ Quelques indicateurs pour suivre l'adaptabilité de la mobilité	66
<b>Conclusion</b>	<b>68</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>70</b>
<b>Table des matières</b>	<b>73</b>

### **Adapting the mobility of a region to climate change**

Climate change, already noticeable and likely to increase in the future, has and will have a significant impact on the mobility of regions.

Aimed at people working in these regions, this publication first proposes an approach and then develops a method in four stages.

After laying down some preliminary principles of the approach, the first stage of the method aims to set a time and space framework for the initiative.

The second step identifies the effects of climate change on mobility across the region, based on nine identified effects.

The third stage involves drawing up scenarios based on three proposed families.

The fourth and final stage specifies the content of the chosen scenario via seven operational levers.

### **Adaptar la movilidad de un territorio al cambio climático**

Los cambios del clima, ya sensibles y llamados a ampliarse en el tiempo, tienen y tendrán incidencias importantes sobre la movilidad de los territorios

Destinado a los actores de los territorios, la presente obra propone primeramente una gestión y desarrolla un método en cuatro etapas

Después de haber planteado algunos principios previos de la gestión, la primera etapa del método apunta a delimitar el marco temporal y espacial de la reflexión.

La segunda etapa permite identificar los efectos del cambio climático sobre la movilidad a escala del territorio, basándose en nueve efectos repertoriados.

La tercera etapa consiste en elaborar escenarios sobre la base de tres familias propuestas.

Por último, la cuarta etapa precisa el contenido del escenario seleccionado gracias a siete palancas operacionales.

© 2018 – Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement durable des territoires.

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre d'études et d'expertise, il a pour vocation de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, organismes de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Coordination maquetage : Cerema Territoires et ville / service Édition (B. Daval)

Photo de couverture : Cerema

Dépôt légal : septembre 2018

ISBN : 978-2-37180-217-9

ISSN : 2417-9701

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25, avenue François Mitterrand CS 92 803

69674 Bron Cedex

**Bureau de ventes**

Cerema Territoires et ville

2 rue Antoine Charial

CS 33927

69426 Lyon Cedex 03 – France

Tél. 04 72 74 59 59 - Fax. 04 72 74 57 80

<http://www.cerema.fr>



## La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

## Adapter la mobilité d'un territoire au changement climatique

Les changements du climat, déjà sensibles et amenés à s'amplifier à l'avenir, ont et auront des incidences importantes sur la mobilité des territoires. Destiné aux acteurs des territoires, le présent ouvrage propose dans un premier temps une démarche puis développe une méthode en quatre étapes. Après avoir posé quelques principes préalables de la démarche, la première étape de la méthode vise à délimiter le cadre temporel et spatial de la réflexion. La deuxième étape permet d'identifier les effets du changement climatique sur la mobilité à l'échelle du territoire, en s'appuyant sur neuf effets répertoriés. La troisième étape consiste à élaborer des scénarios sur la base de trois familles proposées. Enfin, la quatrième étape précise le contenu du scénario choisi grâce à sept leviers opérationnels.

## Sur le même thème

Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie SRCAE - Les collectivités en action - 2015

*En téléchargement gratuit*

Transport, énergie, climat : comment mobiliser la prospective territoriale ? - 2014

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

ISSN : 2417-9701  
ISBN : 978-2-37180-217-9  
En téléchargement gratuit

