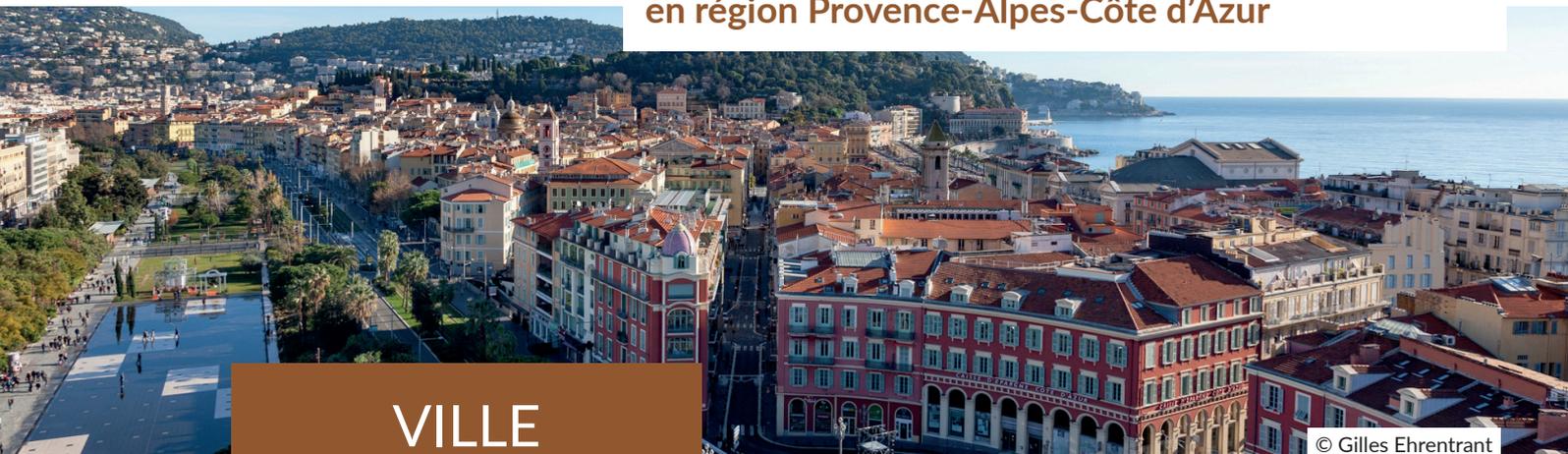


## Synthèse des enjeux liés au changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur



# VILLE & TRANSPORT

© Gilles Ehrentant

### Les messages clés du GIEC et du MedECC

- Les villes sont à la croisée des chemins sur les questions en lien avec le changement climatique. Elles sont responsables de 60 % des émissions de gaz à effet de serre et consomment 78 % des ressources énergétiques au niveau mondial<sup>1</sup>. Dans le même temps, la concentration des populations et des activités en font des territoires particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique.
- L'urbanisation augmente l'impact des précipitations en exacerbant la pluviométrie et le ruissellement local et augmente ainsi le risque d'inondation. Les villes côtières devront également faire face au risque de submersion marine (dû à l'augmentation du niveau de la mer) et à l'érosion des côtes. Une augmentation du niveau des mers de 15 cm pourrait accroître de 20 % la population soumise au risque de submersion côtière extrême<sup>2</sup>.
- La sévérité des canicules est également amplifiée dans les villes en raison des matériaux et des conditions de circulation de l'air<sup>3</sup>.
- Le secteur des transports représente 15 % des émissions mondiale de gaz à effet de serre (GES). Le transport routier est le mode le plus émetteur avec 70 % des émissions, suivi de l'aviation avec 11 % et du transport maritime avec 10 %. Pour limiter le réchauffement à 2 °C, le secteur du transport devra réduire ses émissions de 29 % d'ici 2050 et de 59 % pour rester en dessous des 1,5 °C<sup>4</sup>.
- Les zones urbaines, les habitations et les infrastructures clés sont particulièrement vulnérables au changement climatique<sup>5</sup>. Ses impacts sur les zones urbaines seront disproportionnellement élevés en raison de la concentration des populations et des infrastructures, combinée au risque de ruissellement par artificialisation des sols et des îlots de chaleur urbains<sup>6</sup>.
- La transition ne peut s'envisager sans les villes. Elles concentrent les possibilités d'action et la

<sup>1</sup> ONU Habitat.

<sup>2</sup> AR6 du GIEC publié le 28/02/2022.

<sup>3</sup> AR6 du GIEC publié le 09/08/2021.

<sup>4</sup> AR6 du GIEC publié le 04/04/2022.

<sup>5</sup> GIEC AR6 vol2.

<sup>6</sup> *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin*, First Mediterranean Assessment Report, MedECC, 2020. <https://www.medecc.org/reports/>

marge de manœuvre sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre est importante. Sur certains aspects, les villes sont également vertueuses. Elles regroupent activités écono-

miques, loisirs et lieux de résidence permettant de limiter les déplacements et la densification joue un rôle essentiel dans le maintien des zones naturelles et agricoles.

## Contexte et enjeux régionaux

- En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, plus de 80% des habitants vivent dans les pôles urbains.
- La métropole Aix-Marseille-Provence, deuxième métropole de France par sa population, présente le taux d'émission de GES par habitant le plus élevé<sup>7</sup>. Un rebond des émissions de gaz à effet de serre a été constaté en 2021 avec 42 Mteq CO<sub>2</sub> émis, soit +6,2 % par rapport à 2020. Cette évolution est en lien avec la hausse des transports (+12,4 %) et des activités industrielles (+7,1 %)<sup>8</sup>.
- Les secteurs de l'industrie et des transports, principaux contributeurs des émissions de GES à l'échelle régionale, ainsi que l'utilisation d'énergies fossiles (charbon notamment), restent prédominants et les objectifs indiqués dans le SRADDET, ne sont pas en voie d'être atteints. Près de 2/3 de la consommation d'énergie régionale est issue de sources non renouvelables (charbon, pétrole, gaz)<sup>9</sup>.
- La région est la 3<sup>ème</sup> région de France métropolitaine en termes de densité de population, avec une forte concentration sur le littoral et dans la vallée du Rhône. Cela conduit à un accroissement de l'artificialisation des sols de +106 % entre 1982 et 2018, en premier lieu pour l'habitat (63 %) puis pour les activités économiques et industrielles (30 %). Cette importante artificialisation renforce les phénomènes de ruissellement lors des fortes précipitations, accroissant le risque d'inondation, et accentue le phénomène d'îlots de chaleur urbains (ICU) lors des épisodes de chaleur.
- La région Provence-Alpes-Côte d'Azur, caractérisée par une forte croissance urbaine et démographique, une littoralisation des biens et des activités et la concentration des axes de transports, participe également à la survenue d'épisodes de pollution localisés sur les aires urbaines et couloirs de transport industriels et domestiques (couloir rhodanien et littoral).
- La croissance urbaine est faite sur un mode horizontal, particulièrement consommateur d'espace, avec une multiplication des zones d'activités périphériques, au détriment des centres urbains. Elle engendre des déperditions énergétiques, une multiplication des réseaux pour palier la distance domicile-travail, complexifie la gestion du trafic, des transports en commun et favorise l'individualisation des modes de transports. Les conséquences sont importantes en termes de coût des infrastructures de transports, de consommation d'énergie et de leur gestion.
- Ce mode de croissance urbaine entraîne une artificialisation des bassins-versants périurbains et renforce les risques d'érosion, de ravinement, de ruissellement, détériore la qualité des nappes phréatiques et accentue les risques de départ de feux et de dommage sur les habitations en milieu forestier périurbain.
- La part des SUV dans les ventes de véhicules neufs est passée de 12 à 44 % entre 2010 et 2022. Cette « SUVisation » conduit à la mise en circulation de véhicules, plus larges, plus lourds et plus émetteurs de gaz à effet de serre (+20 % de consommation de carburant). Dans le même temps, la part des véhicules électriques dans le parc automobile progresse. Dans la région, la part des véhicules électriques dans les immatriculations des VP neufs est passée de 2 % en 2016 à 23 % en 2022. Cette tendance à l'électrification et à la « SUVisation » du parc automobile n'est pas antinomique : en France, les 2 modèles de voitures électriques les plus vendus sont des SUV (bien plus énergivores dans leur durée de vie que des citadines électriques).

<sup>7</sup> 7,4 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> par habitant en 2016 selon l'INSEE, soit 7% de plus que la moyenne nationale.

<sup>8</sup> ORECA Edition 2022, [https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-12/BILAN\\_ORECA\\_2022.pdf](https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-12/BILAN_ORECA_2022.pdf)

<sup>9</sup> Climat et ville : interaction et enjeux en Provence-Alpes-Côte d'Azur, GREC-SUD, 2017, <http://www.grec-sud.fr/publications/le-cahier-ville/>

# Impacts observés et risques prévus



## Inondations

- L'intensité des épisodes méditerranéens (pluies intenses) a augmenté d'environ 22 % (chiffre associé à de fortes incertitudes) et la fréquence des événements dépassant un seuil de 200 mm de pluie par jour (soit 200 litres par m<sup>2</sup> en 24h) a doublé en 50 ans. Les surfaces touchées sont également en hausse (sols artificialisés, constructions en zones inondables...) et la probabilité de crue centennale a doublé.
- Les inondations représentent un risque majeur en Provence-Alpes-Côte d'Azur, notamment en raison de l'aménagement des cours d'eau et l'artificialisation des berges augmentant la vulnérabilité des hommes et des biens se trouvant à proximité.
- La région Provence-Alpes-Côte d'Azur compte 1 million d'habitants, dont 100 000 particulièrement vulnérables (jeunes enfants et personnes très âgées), vivant dans des zones potentiellement inondables (majoritairement dans les zones urbanisées). Dans les Alpes-Maritimes et en Vaucluse, 30 % des habitants vivent en zone inondable. A Nice, 202 000 personnes sont potentiellement menacées (Figure 1).

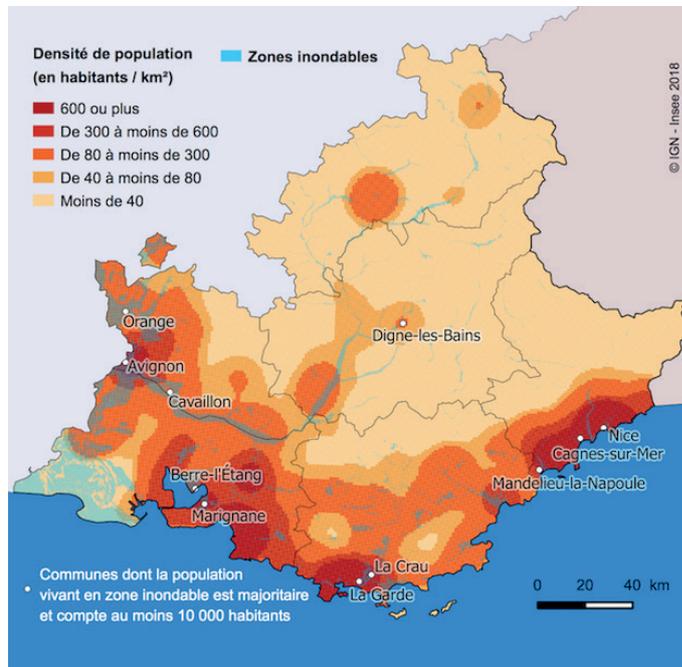


Figure 1. Des zones inondables urbaines et densément peuplées : superposition des zones inondables avec la densité de population en 2016, source : INSEE.

- À cause du faible niveau des marées en Méditerranée, les infrastructures (portuaires, industrielles, routières, aéroports), aménagements ou habitations sont souvent construites trop près du niveau marin, ce qui accroît leur vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer et augmente l'exposition aux vagues de submersion.

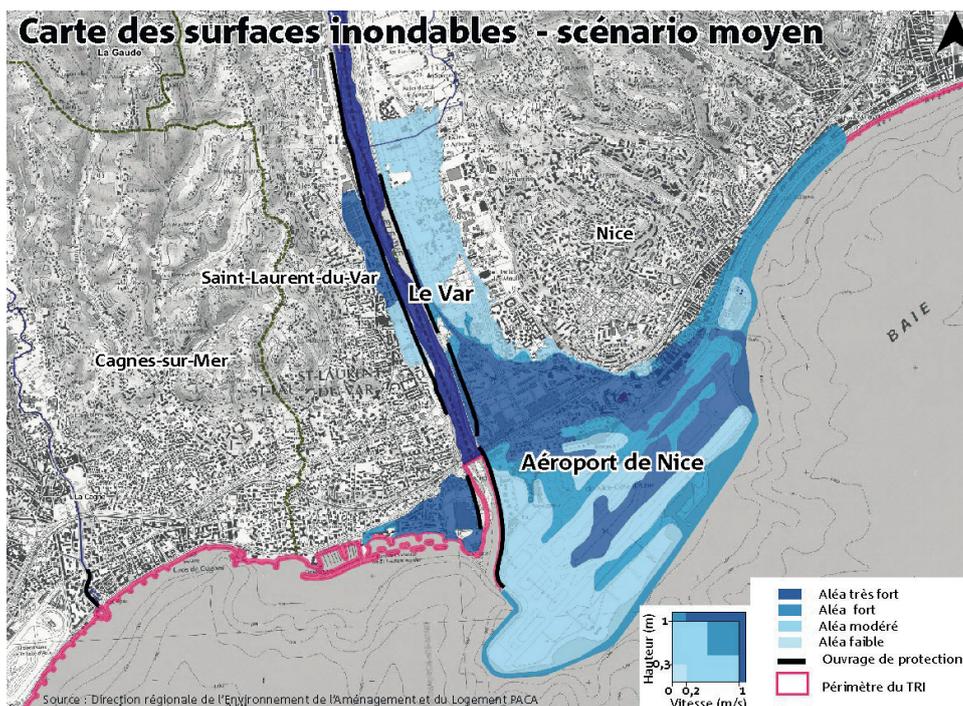


Figure 2. Carte des surfaces inondables (le Var), territoire à risque important d'inondation (TRI) de Nice/Cannes/Mandelieu secteur 1, source : DREAL PACA.

- Lors des fortes tempêtes, les inondations fluviales et les submersions marines peuvent être concomitantes, et augmenter de façon considérable les risques au niveau des embouchures des fleuves et deltas pour les villes côtières.



## Îlots de chaleur urbains

- Les changements climatiques affectent tout particulièrement les climats urbains. Un réchauffement au-delà de 2 °C aura des impacts généralisés sur les infrastructures, la demande en énergie (climatisation), la disponibilité de la ressource en eau et la santé des citoyens.
- Les îlots de chaleur urbains (ICU) sont des zones de surchauffe qui se manifestent dans les grands et les petits pôles urbains, surtout la nuit mais aussi le jour. Ce phénomène s'explique souvent par l'artificialisation des sols, la faible capacité des matériaux à renvoyer le rayonnement incident dans la journée, une couverture végétale au sol et aérienne insuffisante, une faible évapotranspiration des plantes et des arbres, une absence de points d'eau ou de canaux, une structure et une forme urbaine ne favorisant pas la circulation de l'air.
- Plusieurs degrés peuvent séparer le cœur des villes des espaces ruraux situés en périphérie. Il n'est pas rare de constater des écarts de 3 à 4 °C durant la nuit. Ils peuvent même atteindre 7 °C et plus lors des périodes de canicule.
- Plusieurs records de température ont été établis en 2019 avec 44.3 °C à Istres (13), 42.8 °C à Avignon (84), 42 °C à Aix-en-Provence (13) ou encore 44.3 °C à Carpentras (84).
- La mortalité annuelle attribuée à la chaleur sur le pourtour méditerranéen augmentera d'un facteur 1,8 à 2,6 selon le scénario (intermédiaire ou pessimiste) en 2050 et sera multiplié de 3 à 7 à la fin du siècle<sup>10</sup>.
- En l'absence de précautions, les habitants seront de plus en plus sujets à un inconfort thermique et une déshydratation, pouvant conduire à une augmentation des hospitalisations et une surmortalité<sup>11</sup>. Les îlots de chaleur urbains exerceront une influence directe et indirecte sur la fréquentation touristique locale. Les températures extrêmes risquent de dissuader les touristes de visiter le territoire et de les tourner vers des destinations plus fraîches. Les manifestations sportives et culturelles estivales, comme le Festival d'Avignon, qui accueillent de centaines des milliers de personnes, pourraient être remises en cause.



## Qualité de l'air

- D'autre part, le changement climatique a un fort impact sur l'évolution des concentrations de polluants dans l'air. Durant l'été, les concentrations en ozone (O<sub>3</sub>) sur le bassin méditerranéen sont parmi les plus fortes de l'hémisphère nord. Le climat de la région Provence Alpes-Côte d'Azur (ensoleillement, températures) est ainsi particulièrement propice à la pollution photochimique ou pollution à l'ozone.
- L'ozone est un polluant secondaire issue d'une combinaison d'oxydes d'azote, de composés organiques volatiles, de rayonnement ultraviolet et de températures élevées (+30 °C). Les conditions de la formation de l'ozone se retrouvent en ville notamment pendant la saison estivale, avec la concentration des activités humaines, des industries et la présence d'îlots de chaleur urbains.
- Malgré une baisse significative des concentrations en polluants atmosphériques depuis les 20 dernières années, la pollution atmosphérique est une problématique récurrente pour la région. En 2022, toute la population régionale est concernée par le dépassement d'une ligne directrice (LD) de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour au moins un polluant et environ 5 000 personnes résident dans une zone en dépassement de la valeur limite d'au moins un polluant. En 2021, 28 épisodes de pollution aux particules fines ont été enregistrés<sup>12</sup>. C'est dans les zones urbaines que les LD de l'OMS sont dépassées pour les 3 polluants

<sup>10</sup> First Mediterranean Assessment Report, MedECC, 2020, <https://www.medecc.org/medecc-reports/climate-and-environmental-change-in-the-mediterranean-basin-current-situation-and-risks-for-the-future-1st-mediterranean-assessment-report/>

<sup>11</sup> Cahier « La santé face aux changements climatiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur », GREC-SUD, 2019, <http://www.grec-sud.fr/publications/sante/>

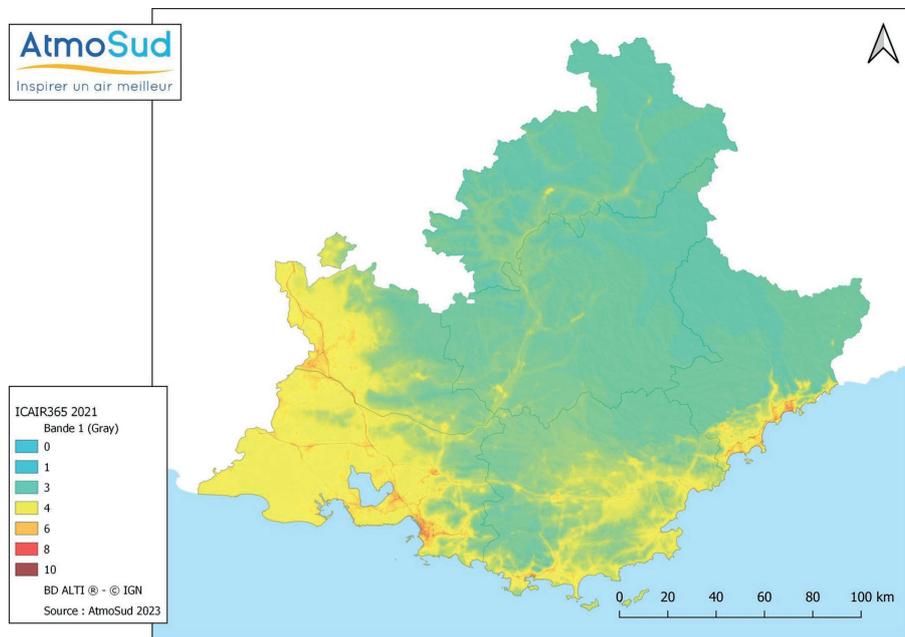
<sup>12</sup> ORECA Edition 2022, [https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-12/BILAN\\_ORECA\\_2022.pdf](https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-12/BILAN_ORECA_2022.pdf)

NO<sub>2</sub>, PM et O<sub>3</sub>, avec jusqu'à 4 fois la LD de l'OMS pour le NO<sub>2</sub> à Marseille et à Nice (Figure 3).

mortalité environnementale dans la région : elle a de nombreux impacts sur la santé (espérance de vie, cancer, maladies neurologiques, respiratoires, cardiovasculaires, maladies chroniques...).

- La pollution de l'air est la première cause de

Figure 3. Indicateur cumulé de l'air en 2021, source : AtmoSud.



## Le secteur du transport

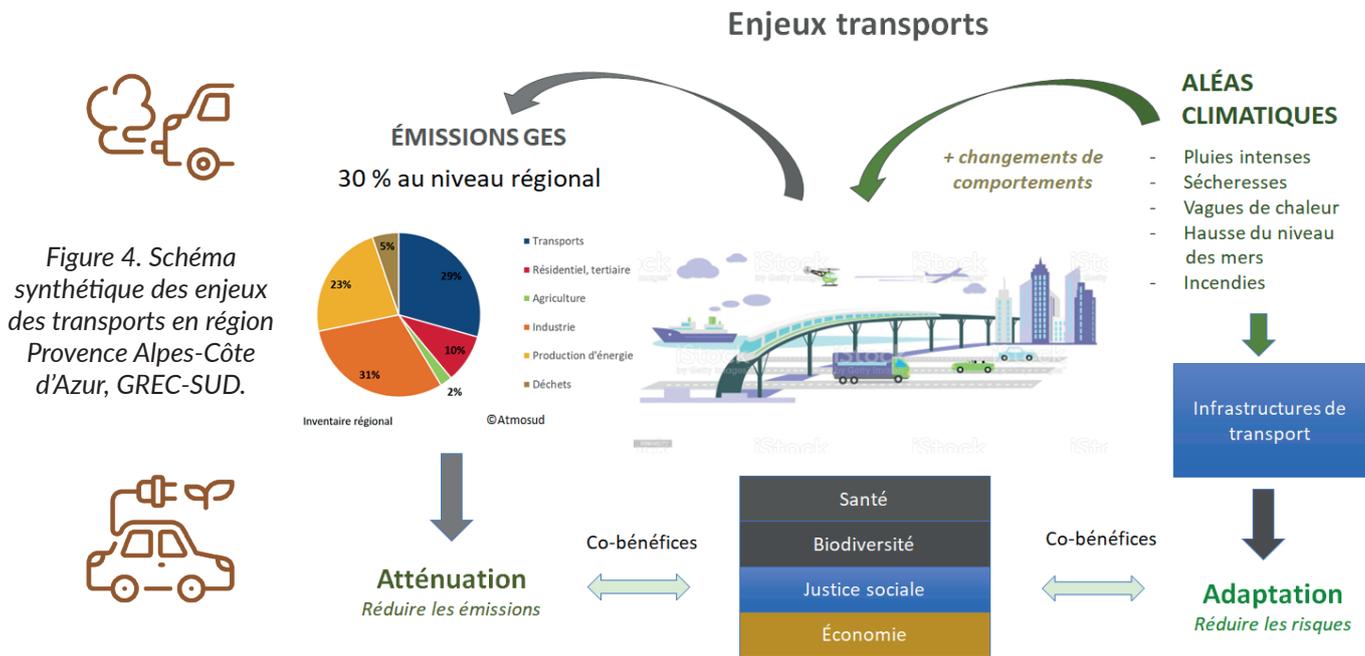


Figure 4. Schéma synthétique des enjeux des transports en région Provence Alpes-Côte d'Azur, GREC-SUD.

- L'attractivité des territoires et leur dynamisme économique dépendent entièrement des transports. Cette dépendance est d'autant plus importante que nos territoires ont été façonnés depuis les années 1950 par l'essor de la voiture individuelle et la logistique à bas-coût, rendus possibles par un pétrole bon marché et abondant. Ce sont ainsi quelques 40 000

poids lourds, 7 000 autocars et autobus, 3 000 000 de véhicules légers, 450 000 véhicules utilitaires qui circulent chaque jour sur les infrastructures de transport de la région, alimentés par 760 stations-service.

- Malgré plusieurs milliers de bornes de recharge électrique, le transport dépend encore quasi

exclusivement du pétrole (en région, il nécessite ainsi plus de 3,5 millions de tonnes de carburant chaque année, représentant 95 % de la consommation d'énergie finale du secteur du transport). À cela, il convient d'ajouter les flux de transit et les flux irriguant la région (le GPMM, 1<sup>er</sup> port de commerce français en tonnage, les aéroports de Nice et Marseille, 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> aéroports nationaux en nombre de voyageurs, les autoroutes, etc.).

- Les réseaux de transport (routes, autoroutes, métros, tramways, voies ferrées, etc.) sont vulnérables face aux extrêmes climatiques, et plus particulièrement aux fortes chaleurs et inondations. Les températures élevées conduisent, par exemple, à une diminution de la résistance des enrobés sur les routes et les autoroutes. Les rails des voies ferrées souffrent également en se dilatant et s'allongeant. Comme les épisodes de chaleur seront plus fréquents, plus longs et intenses dans un avenir proche, les risques auxquels seront confrontés les infrastructures terrestres de transport se multiplieront.

- Les enjeux sont d'autant plus grands que les conséquences sur le long terme peuvent être économiques (dégradation du matériel et réduction de la durée de vie), sécuritaires (risques d'accident), mais aussi fonctionnelles, avec un impact non négligeable sur la qualité et la fluidité de la circulation.
- Les incendies de forêt et les vents violents menacent aussi indirectement les réseaux de transport terrestres de la ville de Marseille et, par extension, ceux du territoire métropolitain qui présentent des secteurs à hauts risques. Par exemple, en août 2016, un incendie parti de Rognac a parcouru 2655 hectares et détruit 630 hectares de forêt, touchant Vitrolles, les Pennes-Mirabeau et s'arrêtant aux portes de Marseille. En conséquence, les entrées nord de la ville de Marseille, ainsi que l'aéroport, ont été fermés pendant plus de 24 heures.



Les réseaux de transports terrestres sont vulnérables face aux extrêmes climatiques



## Conséquences sur la biodiversité urbaine

- L'urbanisation galopante et le réchauffement climatique contribuent à créer les conditions favorables au développement d'espèces exotiques invasives et vectrices de maladies. C'est le cas notamment du moustique tigre (porteur de dengue et du chikungunia) dont l'expansion en France métropolitaine a été rendue possible grâce à l'augmentation des températures et à la présence d'eau stagnante (sur les toits, terrasses, jardins, parkings, etc.).
- L'urbanisation a modifié la distribution des espèces, en transformant la connectivité des paysages urbains, la mobilité et la capacité d'adaptation des espèces au changement climatique (en raison de la pollution de l'air, de la fragmentation des habitats, du piétinement, de l'invasion par les espèces exotiques...). Le changement climatique a également un fort impact sur la phénologie des végétaux (allongement de la disponibilité des ressources favorable au cycle de développement des espèces, pollinisation, fructification, etc.).
- Dans la métropole AMP, la forte pollution de l'air et des sols, la densification couplée à un étalement urbain, la présence de friches industrielles, a impacté la biodiversité intra urbaine et minimisé les services écosystémiques associés.
- La hausse des températures et de la concentration de CO<sub>2</sub> en ville provoque un allongement des saisons polliniques et l'augmentation des quantités de pollens émis par les arbres urbains, dont certains particulièrement allergisants, comme le cyprès. Cela engendre une multiplication des cas d'allergies aux pollens, qui s'additionne à la pollution de l'air, qui irrite et fragilise les voies respiratoires.



La hausse des températures et de la concentration de CO<sub>2</sub> en ville provoque un allongement des saisons polliniques

# Solutions d'adaptation et d'atténuation

## 1

### Mobilités et transports

- Pour les transports de marchandises, il est nécessaire de mettre en place des programmes de réduction de la demande, d'améliorer l'efficacité énergétique et de concevoir des hubs de transport. Pour les déplacements humains, cela se traduit par le développement des transports actifs (vélo, marche, trottinette), des transports en commun (bus, métro, train) et de la mobilité partagée (covoiturage, autopartage)<sup>13</sup>.
- Il est nécessaire de mettre en place des programmes de sensibilisation, d'information et de modification des comportements en matière de mobilité. Pour les déplacements pendulaires, notamment, la voiture individuelle n'est pas systématiquement le mode de déplacement le plus économique ni le plus rapide.
- L'électrification des véhicules pourrait être le principal facteur de réduction des émissions
- Il est important de rendre les transports en commun et les mobilités alternatives plus attractives. Des investissements en termes d'infrastructures et de services de transport doivent être consentis pour garantir l'efficacité, la sécurité et les reports modaux vers des mobilités alternatives. Le changement de comportement ne passera pas nécessairement par la stigmatisation des voitures individuelles mais par le développement d'une offre de transport collectif et de mode de déplacement actifs permettant de réduire les coûts, les temps de trajet et de garantir une paisibilité.

## 2

### Urbanisation et aménagement du territoire

- Promouvoir une filière bâtiment bas carbone et développer la production locale d'énergie renouvelable est indispensable pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, la concentration en polluant atmosphérique et gagner en résilience.
- Promouvoir le concept de « métabolisme urbain » visant un aménagement du territoire soutenable à travers la mesure des flux (énergie, matière...) entrants et sortants. Valoriser une économie circulaire et une gestion optimisée des ressources résiduelles des villes, des gisements énergétiques locaux et la substitution des matériaux fossiles par des produits biosourcés.
- L'urbanisme doit être adapté au contexte du changement climatique. Les structures urbaines peuvent être optimisées grâce à une planification favorisant la circulation de l'air. En outre, la mise en place de programmes de déminéralisation et de revégétalisation permettra de gagner en résilience face aux événements climatiques extrêmes (vagues de chaleur, inondations).
- Éco-construire en adoptant une vision globale et interdisciplinaire est une nécessité. La construction de bâtiments éco-responsable, basée sur des méthodes simples (pièces traversantes, sélection des matériaux et des couleurs claires...) pour limiter l'utilisation massive des climatiseurs, est à privilégier.
- La lutte contre l'étalement urbain et l'artificialisation des sols est l'une des solutions aux défis environnementaux de notre époque. Sur le volet urbanisme, plusieurs pistes de réflexion existent et notamment : encourager la densification urbaine (tout en veillant au respect des attentes des populations en termes d'espace de vie et de végétation) et la reconquête des friches urbaines qui permettent une revitalisation urbaine et limite la consommation des espaces naturels et agricoles.
- L'aménagement du territoire joue un rôle central dans les solutions d'atténuation de nos émissions de gaz à effet de serre. La mixité fonctionnelle (rapprochement des services, lieu de travail, loisirs, habitat) et l'organisation

<sup>13</sup> AR6 du GIEC publié le 04/04/2022.

<sup>14</sup> AR6 du GIEC publié le 04/04/2022.

des transports doit être mise en avant afin de réduire les déplacements, de même que l'organisation des transports dans et en périphérie des villes pour en assurer un accès facile. À plus long terme

il faut aussi prévoir l'adaptabilité du bâti d'aujourd'hui au besoin de demain et penser en amont une possibilité de modification de l'usage.

## 3

### Solutions fondées sur la nature

- Les solutions fondées sur la nature sont les principales solutions d'adaptation au changement climatique en ville. L'une des mesures phares est la végétalisation des espaces urbains. Cependant, tous les arbres ne sont pas bons pour la qualité de l'air : il convient de porter une attention particulière au choix des essences d'arbres et d'arbustes afin de limiter la prolifération d'espèces invasives, la présence de pollens et de composés organiques volatils dans l'air. Les épidémies et l'émergence de nouveaux ravageurs ont montré la nécessité de diversifier les espèces. L'utilisation d'essences emblématiques comme le platane, le palmier ou le cyprès ne convient plus.
- Pour améliorer la qualité de l'air en ville, le principe est de « planter les bons arbres au bon endroit ». La végétalisation doit être adaptée aux épisodes de sécheresse et de températures élevées et résistante aux impacts de la pollution de l'air, notamment à l'ozone. Les essences d'arbres et d'arbustes les plus efficaces

pour améliorer la qualité de l'air sont : l'érable (*Acer sp.*), l'Ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le charme (*Carpinus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le mélèze (*Larix decidua*), le tulipier de Virginie (*Liriodendron tulipifera*) et le prunus (*Prunus sp.*).

- De nombreuses mesures de réduction des émissions de GES génèrent des co-bénéfices. Dans les villes, les toits et façades végétalisés et les espaces verts augmentent nos capacités d'adaptation au changement climatique, en contribuant à lutter contre les effets de ruissellement (inondations) et les effets d'îlots de chaleur urbains (ICU). Les jardins partagés, les jardins ouvriers et l'agriculture urbaine, à encourager, remplissent des fonctions environnementales, alimentaires et sociales. Les atouts en matière d'adaptation et d'atténuation sont nombreux : végétalisation, limite les effets des ICU et de ruissellement, réduction des importations alimentaires, reconnexion avec la nature, préservation de la biodiversité, etc.

## 4

### Périphéries urbaines

- En périphérie urbaine, les zones agricoles et forestières peuvent jouer un rôle de puits de carbone, en plus d'être des refuges de biodiversité. Ce sont donc des espaces à préserver et à mettre en avant. Maintenir la connectivité entre les habitats par la préservation des continuités écologiques (trame verte, trame bleue, trame noire) favorise les déplacements et donc l'adaptation au changement climatique.
- Il convient de ne plus considérer les eaux usées comme des déchets mais comme des ressources en matière et énergie. Une réutilisation des eaux usées traitées peut profiter à l'agriculture. En ce sens, l'agriculture urbaine propose de belles perspectives en rapprochant matière et besoin. D'autres usages sont possibles et adaptés aux centres urbains (arrosage des parcs, jardins, nettoyage des voiries). Face aux futures sécheresses, une meilleure gestion

des eaux usées permettra de limiter les conflits entre les différents usages (agriculture, industrie, consommation domestique en ville).

- De même qu'il est nécessaire de maintenir une connectivité entre les habitats par la préservation des continuités écologiques, il est nécessaire de conserver la fonctionnalité des structures d'exploitation agricole en limitant les effets de coupure engendrés par les infrastructures et le grignotage urbain. Pour des raisons de sécurité alimentaire, mais aussi de biodiversité, les espaces agricoles doivent être protégés de l'urbanisation galopante au même titre que les espaces naturels.

