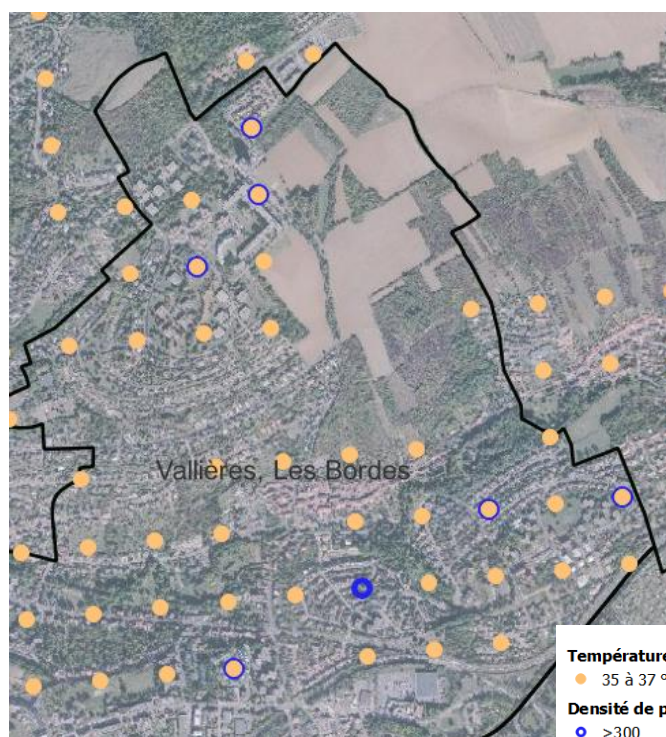
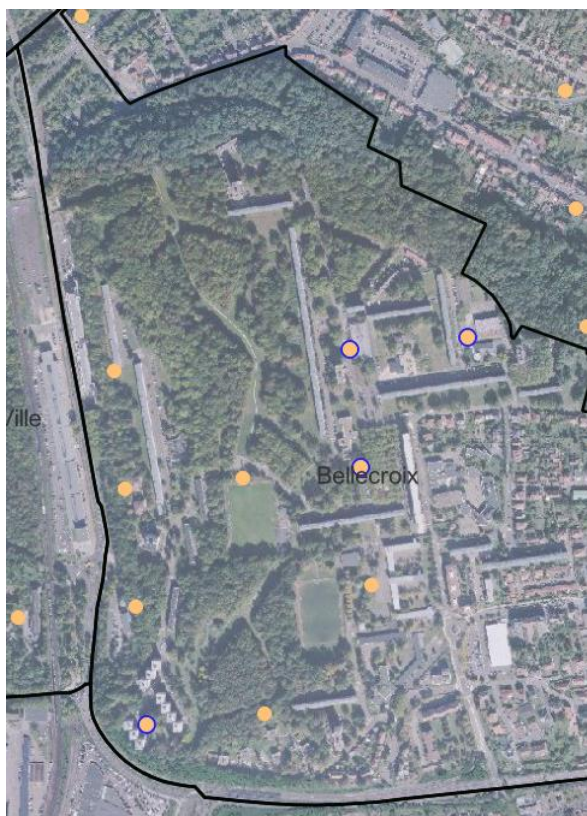


Seuls certains secteurs des quartiers de **Bellecroix** et de **Vallières-Les Bordes** à Metz sont concernés par une **densité de population supérieure à 300 personnes** et une **température de surface comprise entre 35 et 37 °C**.



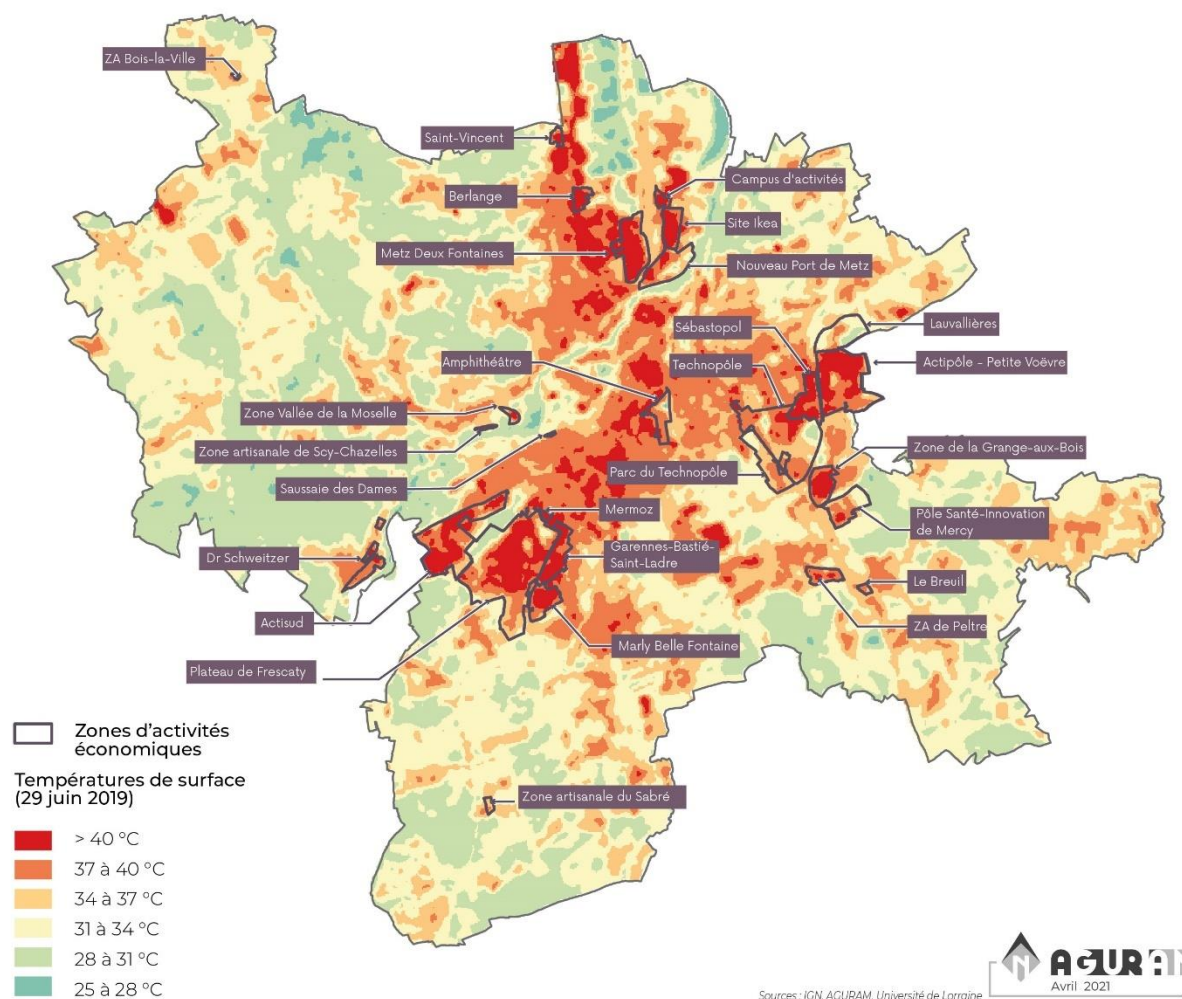
Exemples de secteurs sur les quartiers de Bellecroix et de Vallières-Les Bordes, à Metz, où la densité de population est élevée et la température de surface comprise entre 35 et 37 °C

- **Température de surface et zones d'activités économiques**

La quasi-totalité des **zones d'activités économiques (ZAE)** de la métropole messine est concernée par au moins une zone propice à la surchauffe (supérieure à 40 °C). Les ZAE sont généralement composées d'importantes surfaces imperméabilisées (parkings, infrastructures routières) et de grandes surfaces de toitures (grands entrepôts, etc.) souvent de couleur sombre, qui emmagasinent la chaleur.

L'îlot de chaleur urbain était moins élevé sur les ZAE d'Actisud, Marly Belle Fontaine, Plateau de Frescaty, Garennes-Bastie-Saint-Ladre. En revanche, la température de surface y est très élevée. Cela montre que le phénomène d'îlot de chaleur urbain est un phénomène complexe, qui ne dépend pas uniquement de la température de surface, mais aussi d'autres facteurs comme les formes et la rugosité urbaine, l'occupation du sol aux alentours, les émissions de chaleur, etc.

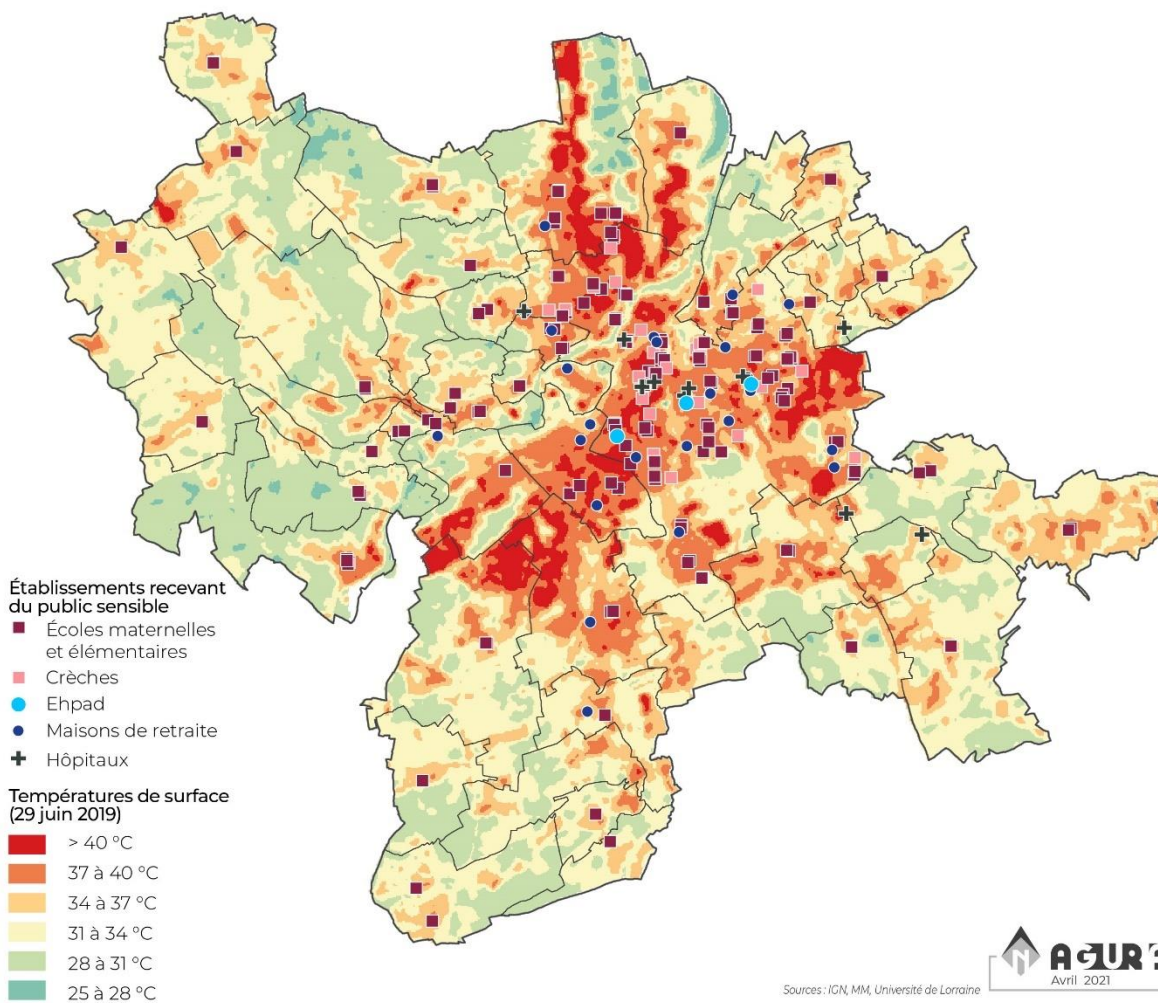
Températures de surface et zones d'activités économiques - PCAET DE METZ MÉTROPOLE
ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ



- **Température de surface et établissements recevant un public sensible**

Sur le territoire de l'Eurométropole de Metz, **22,5 % des Etablissements recevant un public sensible** (ERPS : crèches, écoles maternelles et élémentaires, hôpitaux, EHPAD, maisons de retraite et résidences seniors) **se situent dans une zone où la température de surface dépassait les 40 °C** à la fin du mois de juin 2019, soit 63 établissements, situés sur 7 communes.

ERPS concernés par une température de surface très élevée (> 40 °C)	Commune - Quartier	ERPS concernés par une température de surface très élevée (> 40 °C)	Commune - Quartier
Hôpital de Mercy – CHR Metz Thionville	Ars-Laquenexy	École élémentaire Michel Colucci	Metz – Metz Nord
École élémentaire Paul Verlaine	Le-Ban-Saint-Martin	École maternelle Michel Colucci	Metz – Metz Nord
École maternelle l'Oiseau Bleu	Le-Ban-Saint-Martin	EHPAD « Résidence St Jean »	Metz – Nouvelle Ville
Hôpital Sainte-Blandine	Metz – Ancienne Ville	Résidence Villa Beausoleil	Metz – Nouvelle Ville
Résidence du Haut de Ste Croix	Metz – Ancienne Ville	Résidence les Jardins d'Arcadie	Metz – Nouvelle Ville
Résidence St Nicolas	Metz – Ancienne Ville	Crèche Les Buissonnets	Metz – Nouvelle Ville
Résidence Haute Seille	Metz – Ancienne Ville	École maternelle Jean Morette	Metz – Nouvelle Ville
Résidence du Haut de Ste Croix	Metz – Ancienne Ville	École élémentaire Sainte Thérèse	Metz – Nouvelle Ville
EHPAD « Saint Dominique »	Metz – Ancienne Ville	Hôpital Legouest	Metz – Plantières-Queuleu
Crèche Pomme d'Api	Metz – Ancienne Ville	École élémentaire de Plantières	Metz – Plantières-Queuleu
Crèche Les Récollets	Metz – Ancienne Ville	École maternelle de Plantières	Metz – Plantières-Queuleu
École maternelle Chanteclair	Metz – Ancienne Ville	École maternelle Acacias	Metz – Sablon
École maternelle Saint Maximin	Metz – Ancienne Ville	École maternelle Cavalier bleu	Metz – Sablon
École élémentaire Claude Debussy	Metz – Ancienne Ville	École élémentaire Graouilly	Metz – Sablon
École élémentaire Notre Dame	Metz – Ancienne Ville	École élémentaire Auguste Prost	Metz – Sablon
École élémentaire Gaston Hoffmann	Metz – Ancienne Ville	Crèche l'Amphithéâtre	Metz – Sablon
Hôpital Claude Bernard	Metz – Borny	EHPAD « Les Acacias »	Montigny-lès-Metz
Crèche La Maison des Lutins	Metz – Borny	École élémentaire Peupion	Montigny-lès-Metz
École maternelle les Mirabelles	Metz – Borny	École élémentaire Giraud	Montigny-lès-Metz
École élémentaire Maurice Barrès	Metz – Borny	École maternelle Giraud	Montigny-lès-Metz
École maternelle Arbre Roux	Metz – Devant-les-Ponts	École maternelle Jules Ferry	Moulins-lès-Metz
EHPAD « Sainte-Claire »	Metz – Grange-aux-Bois	École maternelle les Lutins	Peltre
École maternelle Fort Moselle	Metz – Les Iles	École maternelle les Rossignols	Woippy
École maternelle Les Isles	Metz – Les Iles	École maternelle la Cerisaie	Woippy
École élémentaire Fort Moselle	Metz – Les Iles	École maternelle les Coccinelles	Woippy
École élémentaire Les Isles	Metz – Les Iles	École maternelle le Train du Roi	Woippy
Crèche Les Rase-Mottes	Metz – Les Iles	École maternelle les Libellules	Woippy
École maternelle les Coccinelles	Metz – Magny	École élémentaire Paul Verlaine	Woippy
Résidence Foyer Soleil	Metz – Metz Nord	École élémentaire Pierre et Marie Curie	Woippy
Crèche Le Château	Metz – Metz Nord	École élémentaire Saint-Exupéry	Woippy
Crèche Le Petit Poucet	Metz – Metz Nord	École élémentaire Jacques-Yves Cousteau	Woippy
École élémentaire Jean Moulin	Metz – Metz Nord		



La création de zones d'ombre sur les surfaces asphaltées, l'utilisation de revêtements clairs, de peinture réfléchissante, peuvent permettre de réduire la température de surface.



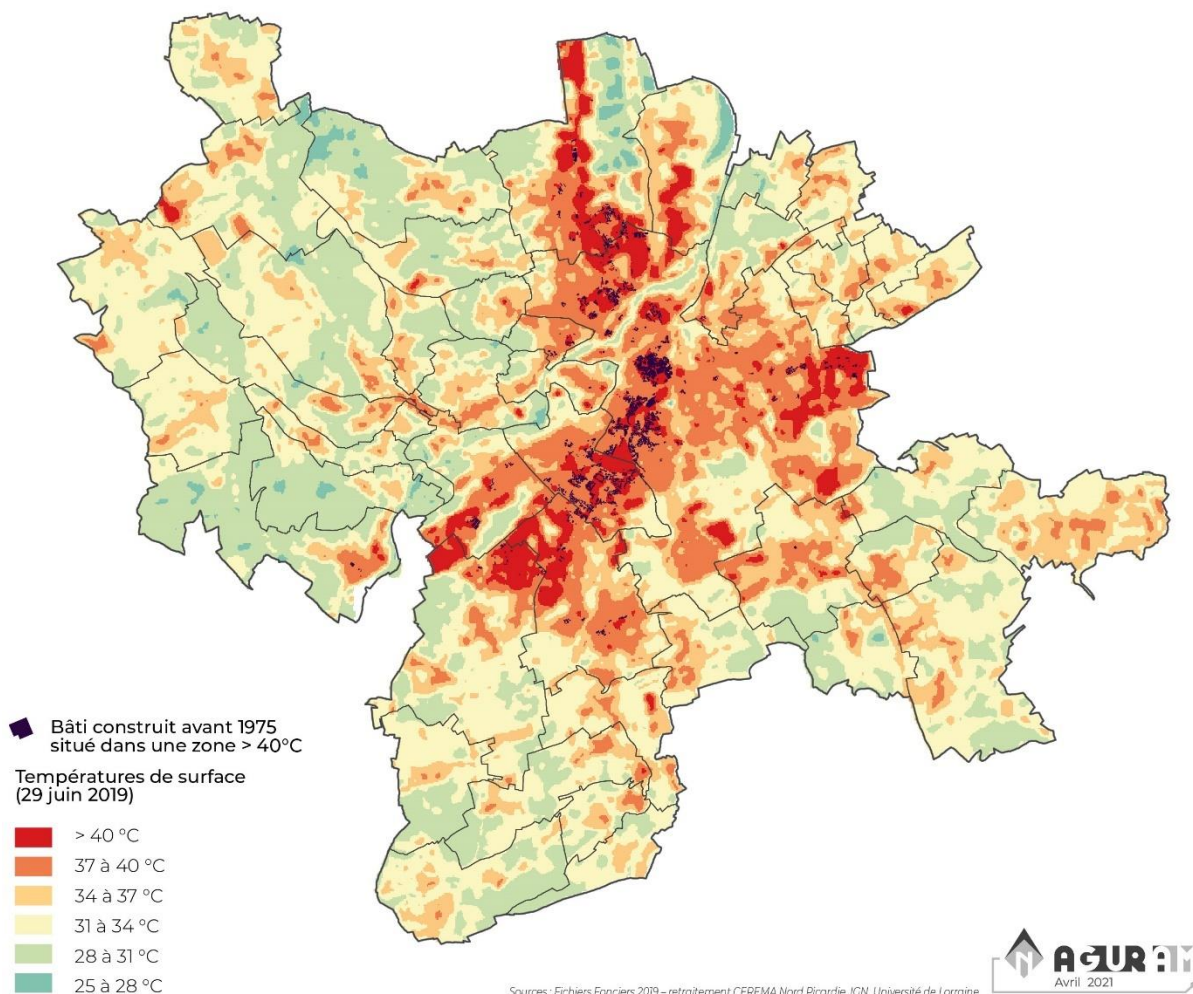
Exemple de l'école élémentaire de Plantières, à Metz, dont la cour va être réaménagée (désimperméabilisation, végétalisation, etc.)
 ©AGURAM (photo avant réaménagement)

- **Température de surface et âge du bâti**

Sur les communes de **Metz, Montigny-lès-Metz et Woippy**, de nombreux logements construits avant 1975 se trouvent sur des secteurs où la température de surface était très élevée en juin 2019 (supérieure à 40 °C). Certains logements des communes d'**Ars-sur-Moselle, Augny, Le-Ban-Saint-Martin, Longeville-lès-Metz, Marly et Moulins-lès-Metz**, sont également concernés.

Plusieurs quartiers de la Ville de Metz sont particulièrement touchés : Sablon, Nouvelle Ville, Ancienne Ville, Patrotte - Metz Nord, et dans une moindre mesure, Borny, Devant-les-Ponts, Les Iles.

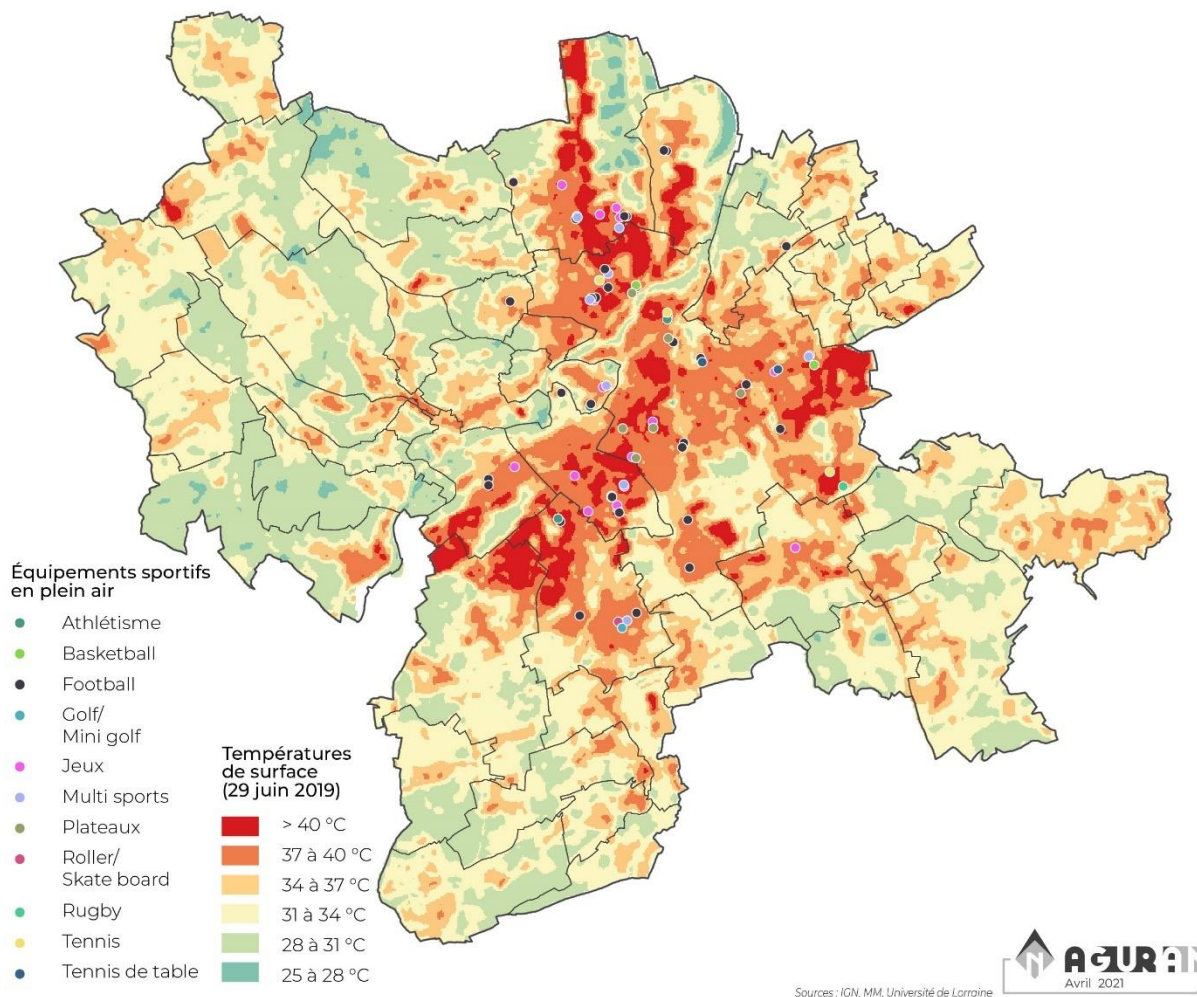
Âge du bâti et températures de surface - PCAET DE METZ MÉTROPOLE - ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ



- **Température de surface et activités physiques en plein air**

Sur la métropole messine, **17,5 % des terrains de sports en plein air sont situés dans une zone propice à la surchauffe (température de surface supérieure à 40 °C)**. Les habitants sont ainsi souvent contraints d'adapter leurs horaires d'activités sportives, en sortant tôt le matin ou tard le soir, pour éviter d'être exposés aux fortes chaleurs.

Équipements sportifs dans les zones propices à la surchauffe (> 40°C)
PCAET DE METZ MÉTROPOLÉ - ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ



Synthèse [îlot de chaleur urbain & température de surface]

Les données ICU de juillet 2019, utilisées dans le cadre de cette étude, ne couvrent pas l'ensemble des communes métropolitaines. Les éléments de synthèse présentés ci-dessous ne sont donc pas exhaustifs. Les températures de surface de juin 2019 ont été utilisées pour compléter l'analyse et identifier les potentielles zones propices à la surchauffe sur l'ensemble du territoire métropolitain.

Pour rappel :

ICU considéré comme très élevé : > 5,51 °C

ICU considéré comme élevé : > 4,73°C

Température de surface considérée comme très élevée : > 40 °C

Température de surface considérée comme élevée : > 37 °C

- Communes les plus touchées par un **ICU élevé** : Montigny-lès-Metz (68 % de la population) et Metz et Longeville-lès-Metz (55 % de la population).
- 22,5 % de la population métropolitaine, soit plus de 46 000 habitants, concernés par une **température de surface très élevée**. Les communes les plus touchées sont Montigny-lès-Metz (44 % de la population) et Woippy (40 % de la population), puis Metz (28 % de la population).
- Corrélation entre densité de population et îlot de chaleur urbain élevé, mais pas toujours : certains secteurs où la densité est élevée sont concernés par un ICU relativement faible, et inversement.
- Certaines zones d'activités sont touchées de façon modérée par le phénomène d'ICU : Actisud, Marly Belle Fontaine, Plateau de Frescaty, Garennes-Bastie-Saint-Ladre. En revanche, elles sont concernées par une température de surface très élevée.
Plusieurs facteurs interviennent donc dans le phénomène d'ICU : manque de végétation, présence d'importantes surfaces artificialisées (équipements sportifs, zones d'activités, parkings imperméables, infrastructures de transports, etc.), formes et rugosité urbaine, émissions de chaleur anthropiques, occupation du sol aux alentours, etc.
- 32 établissements recevant un public sensible touchés par un ICU très élevé : 1 hôpital, 11 EHPAD/maisons de retraite/résidences seniors, 5 crèches, 7 écoles maternelles et 8 écoles élémentaires.
- 22,5 % des ERPS se situent dans une zone où la température de surface est très élevée.
- Plus de 5 500 logements construits avant 1975 concernés par un ICU très élevé.
- 20 équipements sportifs de plein air concernés par un ICU très élevé et 134 par un ICU élevé. 17,5 % des équipements sportifs de plein air se situent dans une zone où la température de surface est très élevée.

1.2. L'accumulation de certains polluants – zoom sur l'ozone

La pollution de l'air est responsable de 48 000 décès par an, dont **5 000 en Grand Est**².

Les **fortes températures** ont un impact sur la **concentration des polluants**. C'est notamment le cas de la pollution à l'**ozone** (O₃) qui s'accroît en été. L'ozone est un constituant naturel de l'atmosphère, qui est présent à la fois dans la haute atmosphère (stratosphère) et dans la basse atmosphère (troposphère). Sa présence dans la troposphère augmente de manière très significative depuis un siècle (source : ADEME).

Ce gaz n'est pas directement émis par les activités humaines mais résulte de **transformations chimiques**, sous l'effet du rayonnement solaire et de températures chaudes, de polluants primaires, tels que les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV). Les COV sont à la fois d'origine anthropique (émissions d'essences, de solvants, avant tout issues du secteur résidentiel, mais aussi de l'industrie et des transports routiers) mais surtout naturelle, en grande partie émis par les plantes. Les oxydes d'azote (NOx) quant à eux sont principalement d'origine anthropique, majoritairement liés au **transport sur routes, responsable de 64 % des émissions de NOx** du territoire en 2019.

L'ozone est le seul parmi les polluants réglementés dont les concentrations continuent d'augmenter sur les cinq dernières années (source : ATMO Grand Est). L'INERIS a réalisé en 2015 une étude pour l'Agence Européenne de l'Environnement, visant à déterminer l'ampleur de l'impact du changement climatique sur la pollution à l'ozone en s'appuyant sur plusieurs travaux réalisés dans le domaine depuis 2005 et en se basant sur un ensemble de différents modèles numériques de qualité de l'air combinés à des projections climatiques pour la période 2030-2100. D'après cette étude, le changement climatique pourrait provoquer une **augmentation moyenne des concentrations d'ozone en été de l'ordre de 2 à 3 µg/m³** en Europe continentale, **soit environ + 2 % sur Metz**. Cette élévation n'est pas uniforme selon les régions. Le niveau d'augmentation de l'ozone pourrait atteindre jusqu'à 10 µg/m³ en Europe du Sud et centrale, pour les scénarios les plus pessimistes. Les impacts les plus forts se feront sentir sur la **France**, l'Espagne, l'Italie et l'Europe centrale.

La formation de l'ozone est favorisée par les fortes chaleurs ce qui fait de lui un **polluant particulièrement problématique pour les villes touchées par les îlots de chaleur urbains**. Son temps de vie dans la troposphère dépend des concentrations de ses précurseurs, de la température et de l'ensoleillement. Durant l'été, son temps de vie est d'environ une à quelques semaines et de quelques mois durant l'hiver.

À **forte concentration**, l'ozone a une **odeur forte et piquante**. Cependant, lorsque la concentration est faible, son odeur est indétectable. Lorsque les concentrations du gaz augmentent, cela peut provoquer une **irritation des yeux, du nez, de la gorge, des essouffements, des maux de tête, des douleurs à la poitrine et des infections respiratoires et pulmonaires**. Lors des pics d'ozone, il convient d'éviter les efforts physiques et de privilégier le sport en plein air tôt le matin.

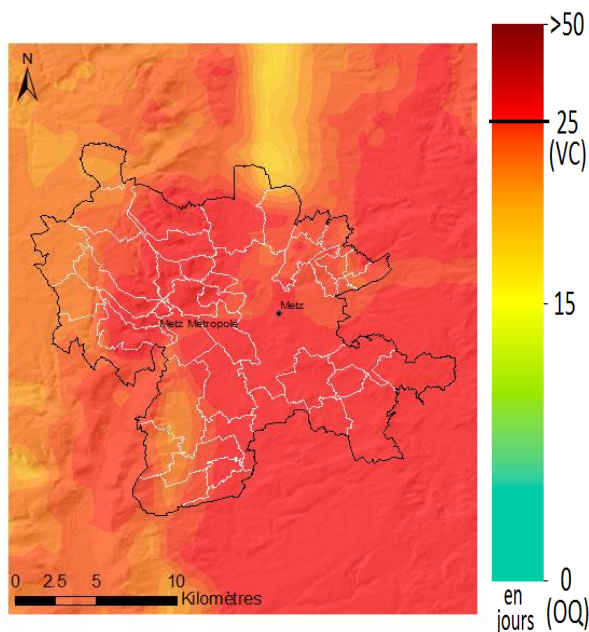
L'ozone troposphérique est à la fois un polluant et un gaz à effet de serre. Il existe donc une **relation réciproque entre la pollution de l'air et les îlots de chaleur urbains**. En effet, l'augmentation des températures contribue à l'augmentation de la concentration de certains polluants qui, à leur tour, contribuent à l'augmentation des températures.

À forte concentration, **l'ozone a un impact négatif sur la végétation** car c'est un puissant oxydant. Il peut notamment entraîner une diminution du rendement de la culture céréalière de 20 % (source : ADEME).

² Plan Régional Santé Environnement 3 Grand Est

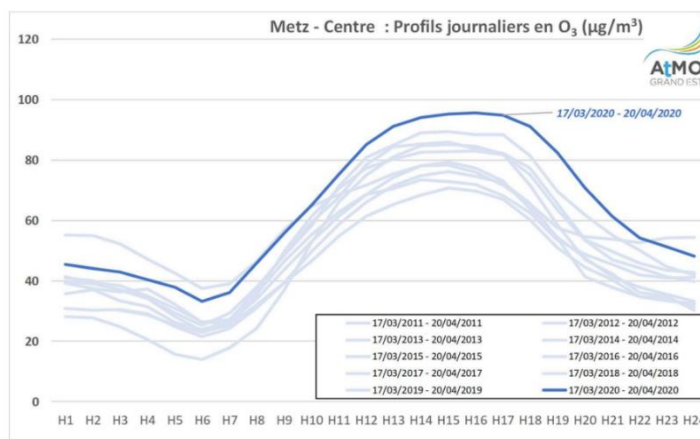
L'ozone fait partie des polluants réglementés en Europe, la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 impose aux Etats-Membres de l'Union de respecter une **concentration journalière moyenne de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 25 jours par an sur 3 années**. Le seuil d'information est fixé à 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne sur 1h) et le seuil d'alerte à 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne sur 1h).

La concentration de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ozone a été dépassée sur une **moyenne de 25 jours** sur le territoire de l'Eurométropole de Metz (2018-2020). **50 % de la population** et **63 % de la surface** de la métropole ont été exposées à ce dépassement de seuil.



Nombre de maxima journaliers (MH8Hgl) supérieurs à 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ozone en moyenne sur 3 ans (2018-2020). Source : ATMO Grand Est

Les profils journaliers des concentrations en ozone mesurées sur les 10 dernières années à Metz-centre montrent que **l'année 2020** présente les concentrations les plus importantes. Pourtant, les émissions de ses précurseurs ont diminué durant la période de confinement en 2020, avec -29 % d'émissions de NOx et -13 % de COV (source : ATMO Grand Est). Cependant, **le rayonnement solaire** de mars et avril 2020 était au-dessus de la moyenne. Les processus de formation et de destruction de l'ozone sont complexes. La diminution d'un polluant précurseur n'entraîne pas forcément la diminution de la concentration en ozone si les équilibres avec les autres paramètres ne sont pas respectés (source : ATMO Grand Est).



Comparaison des profils journaliers en ozone pour le site urbain de fond de Metz-Centre sur la période 2011-2020 (période du 17/03 au 20/04). Source : ATMO Grand Est

ATMO Auvergne-Rhône-Alpes a réalisé des travaux en 2019 et 2020 pour identifier les leviers d'actions les plus efficaces à court et/ou moyen terme, en réalisant des simulations numériques des concentrations d'ozone sur la région et sur l'agglomération lyonnaise selon différents scénarios de réduction des émissions polluantes (baisse du trafic routier, réduction des émissions industrielles, réduction des émissions agricoles, etc.). Cette étude a permis de mettre en évidence que :

- Des baisses des émissions industrielles et du transport routier de l'ordre de 35 % ont une efficacité modérée sur l'amélioration de la qualité de l'air (baisse de la concentration en ozone de l'ordre de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'échelle de la région sur le long terme.
- Une baisse de NOx de l'ordre de 80 % (en réduisant drastiquement le trafic routier) est nécessaire pour réduire significativement les niveaux de concentration d'ozone en zone urbaine pendant un épisode de pollution.

Des actions de forte ampleur et à grande échelle sont à mener pour réduire massivement les émissions des précurseurs de l'ozone, que sont les NOx et les COV (voir les autres documents du PCAET : Diagnostic Qualité de l'air, Enjeux du secteur résidentiel et Enjeux des transports).

Synthèse [accumulation de certains polluants – zoom sur l'ozone]

- Sur la période 2030-2100, le changement climatique pourrait provoquer une augmentation moyenne des concentrations d'ozone en été de 2 à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit environ + 2 % sur Metz (par rapport à l'été 2020).
- La concentration journalière moyenne de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 25 jours par an, a été dépassée sur une moyenne de 25 jours entre 2018 et 2020. 50 % des habitants de l'Eurométropole de Metz ont été exposés à ce dépassement de seuil.
- La concentration en ozone mesurée à Metz-Centre a été plus importante en 2020 que sur les 10 dernières années, malgré une diminution de ses précurseurs (- 29 % des émissions de NOx et - 13 % de COV) liée à la période de confinement. Le rayonnement solaire de mars et avril 2020 était, cependant, au-dessus de la moyenne. Il est donc nécessaire de réduire drastiquement en zone urbaine les émissions de ces polluants, précurseurs de l'ozone.

1.3. La prolifération de certains ravageurs et espèces invasives

Il a été choisi d'étudier des ravageurs et espèces invasives qui ont un **impact direct** sur le cadre de vie des habitants et qui sont recensés sur le territoire métropolitain ou à proximité.

1.3.1. LA CHENILLE PROCESSIONNAIRE DU CHENE

La **chenille processionnaire du chêne** est un **ravageur** pouvant atteindre 23 millimètres de longueur. Sa plante hôte est le chêne, et éventuellement les noyers, lorsque les chênaies ne sont pas suffisamment présentes³. La ponte a lieu à la fin de l'été et les œufs n'éclosent qu'au printemps de l'année suivante. **L'éclosion coïncide avec la période de débourrement des chênes**, car les chenilles se nourrissent des feuilles. C'est durant les stades larvaires s'étendant de **mi-mai à début juin**, que les **poils urticants** apparaissent, rendant la chenille dangereuse pour l'Homme et les animaux.



Chenille processionnaire du chêne. ©ONF

Cependant, la durée des stades larvaires peut **varier en fonction des conditions climatiques**. Au mois de juin, les chenilles se regroupent dans des nids, pouvant mesurer plusieurs dizaines de centimètres de diamètre, plaqués sur l'écorce du tronc ou sous les branches, qu'elles tissent avec des fils de soie. L'activité alimentaire des chenilles et des papillons est nocturne. À partir du mois de juillet, les chenilles se transforment en papillons, qui ne présentent pas de risque pour la santé humaine. Cependant, à partir de cette période et durant tout le reste de l'année, les nids demeurent dangereux car ils abritent les mues, et des millions de poils qui restent urticants **jusqu'à 2 à 3 ans après leur apparition** (source : ONF).

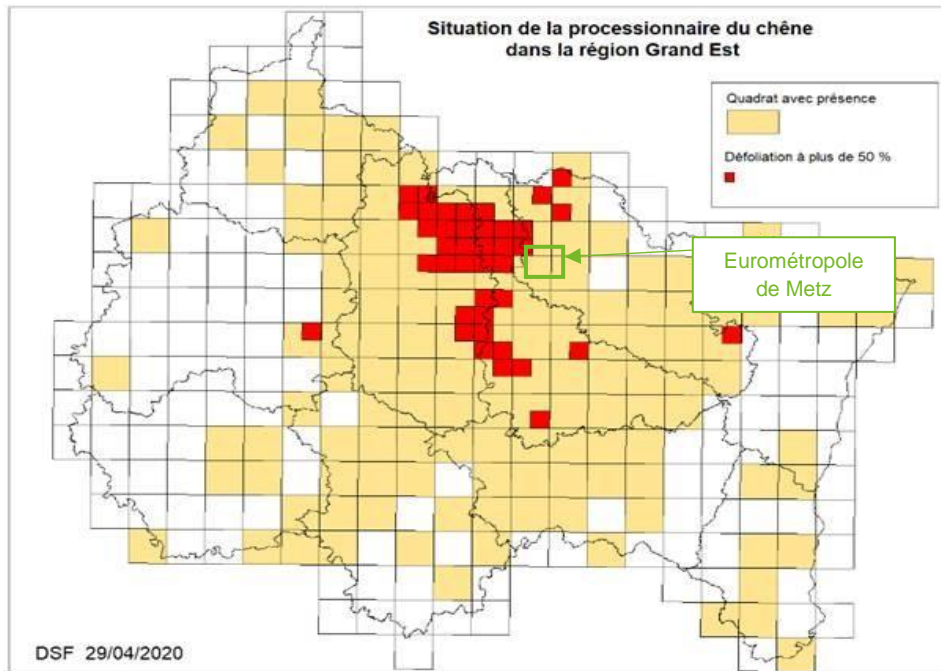
La chenille processionnaire du chêne, qui a vu son aire de répartition progresser de plusieurs km/an vers le nord durant les dix dernières années (Battisti et al., 2005 ; Robinet et al., 2014), a été retenue comme un **des indicateurs du changement climatique sélectionnés par le GIEC**. L'espèce trouve désormais, dans la plupart des régions françaises, des conditions de vie équivalentes à son habitat d'origine.

La chaleur des villes, la diminution du nombre de jours de gelées, la présence de chênes dans les parcs, le transport d'arbres et la diminution du nombre de prédateurs naturels ont favorisé la pullulation de l'espèce en milieu urbain. La chenille processionnaire revient désormais par **cycles de pullulation plus rapprochés** que par le passé (source : ONF).

Les poils de la chenille, particulièrement urticants, sont à l'origine de problèmes sanitaires pour l'Homme et les animaux domestiques. Des réactions allergiques, des démangeaisons, des conjonctivites, une toux irritante ou parfois des troubles plus graves, comme les œdèmes, peuvent survenir lorsque les poils entrent en contact avec la peau et les muqueuses.

La Direction de la Santé des Forêts (DSF) du Grand Est réalise des relevés de la chenille processionnaire du chêne sur les territoires forestiers. L'espèce est très présente dans les forêts des environs de l'Eurométropole de Metz, notamment à l'ouest et au nord-ouest du territoire.

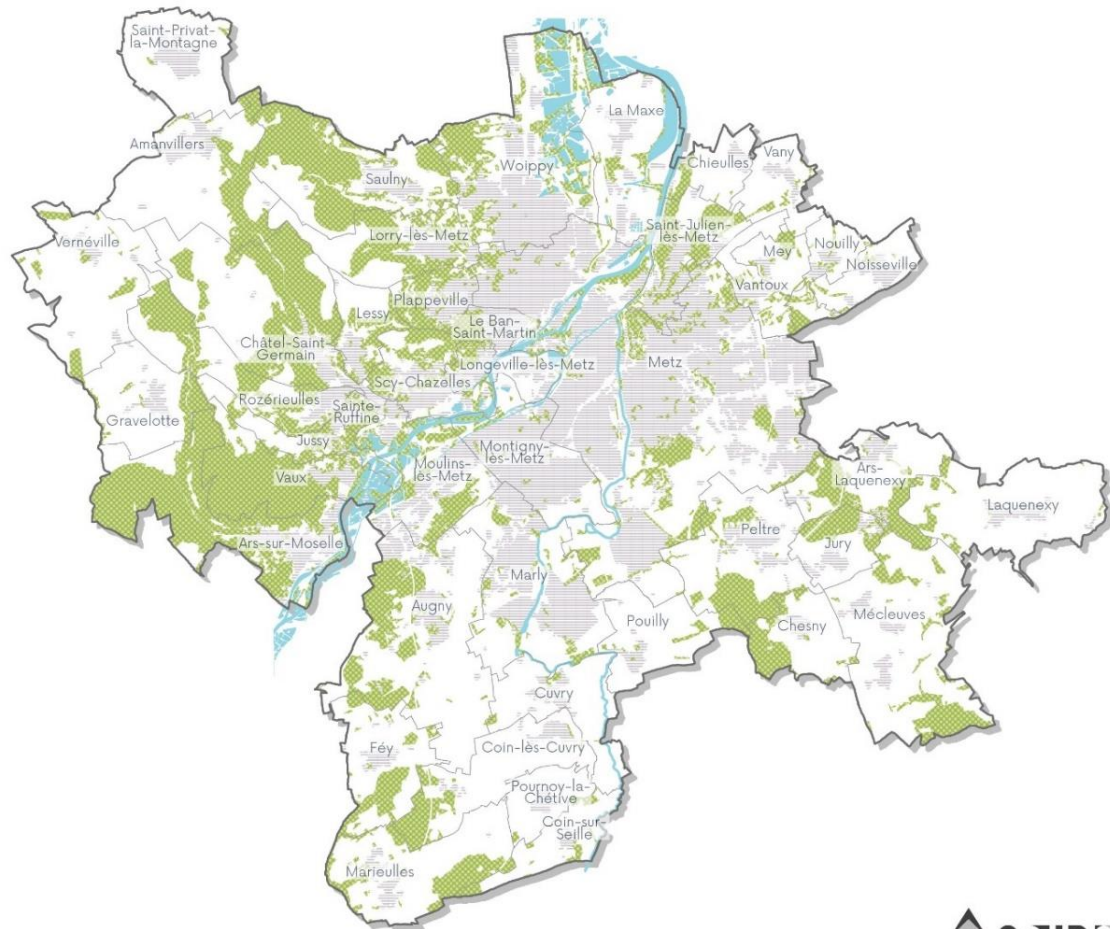
³ Charlotte CARCANAGUE « Les chenilles processionnaires du pin et du chêne : risques liés à leurs envenimations et à leur expansion sur le territoire français, conseils et traitements associés. », 2017.



Extrait modifié. Source : Direction de la Santé des Forêts du Grand Est

La chenille processionnaire du chêne fréquente de manière préférentielle les **boisements de feuillus** ou encore les **forêts mixtes**, mais aussi les **parcs** et les **jardins** où le chêne est présent. Certaines communes de la métropole messine, dont les surfaces en boisements de feuillus sont importantes, sont donc potentiellement plus vulnérables face à la pullulation de l'espèce.

Boisements de feuillus et mixtes - PCAET DE METZ MÉTROPOLE / ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ



Boisements de feuillus et mixtes

Sources : IGN, AGURAM
AGURAM
 Juillet 2021

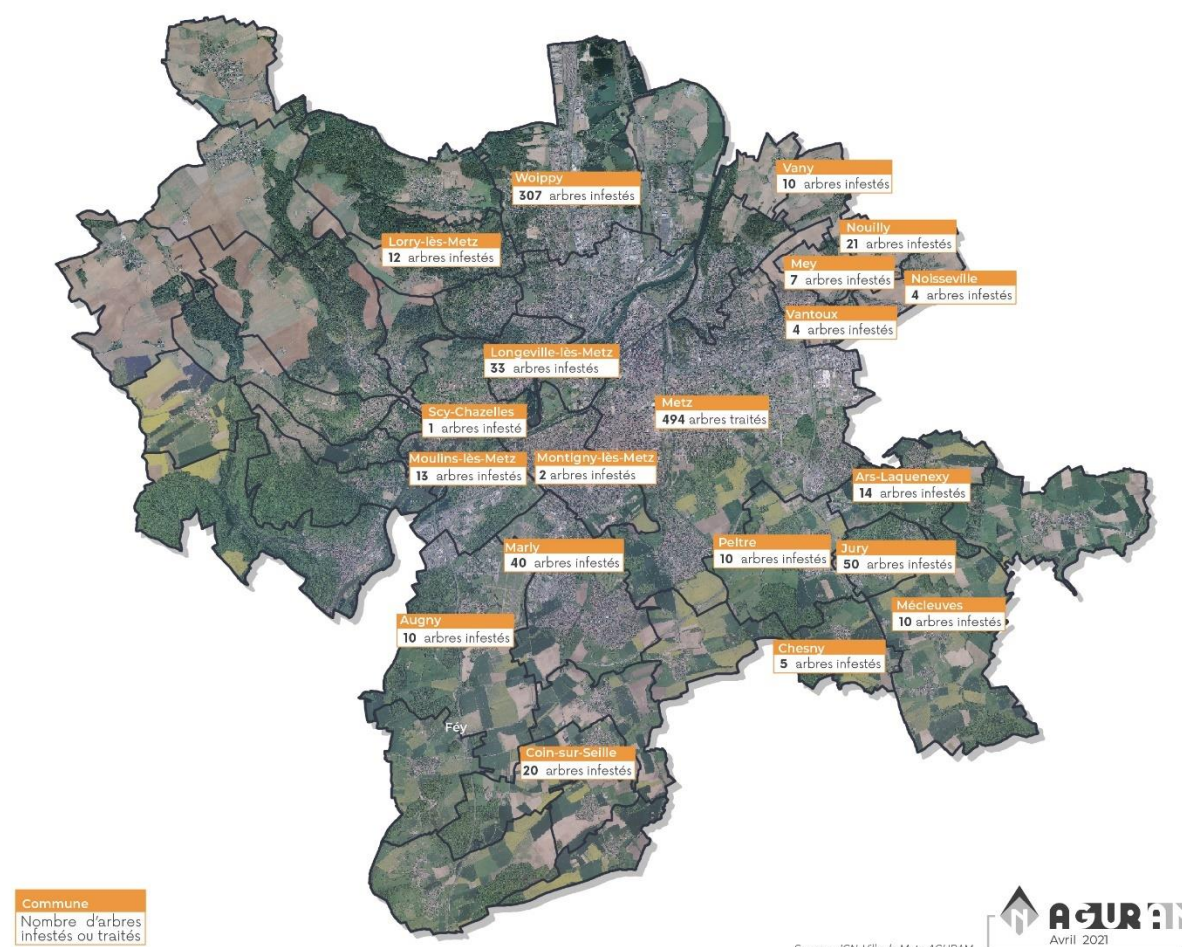
En 2016, le massif de Belles-Forêts, à l'est de Metz, a notamment fait l'objet d'un **traitement** par voie aérienne sur 8 000 hectares avec du **bacille de Thuringe**. La bactérie infecte et bloque le système digestif des chenilles. L'efficacité du traitement est cependant très dépendante de la météo. Le produit doit, en effet, sécher durant 6 heures pour adhérer aux feuilles des arbres. En cas de pluie, le traitement devient alors inefficace (source : ONF). Si le produit est mal utilisé, il peut causer des dommages collatéraux sur les autres insectes, notamment les pollinisateurs.

Le **développement d'une application** accessible aux professionnels de la forêt et aux particuliers pour signaler les nids de chenille processionnaire du chêne pourrait permettre de recenser les sites où des mesures de lutte biologique doivent être mises en place et de suivre la pullulation de l'espèce sur le territoire de la métropole messine.

La chenille processionnaire du chêne est notamment présente sur de nombreux secteurs de la Ville de Metz : **500 arbres ont été traités en 2020** (source : Ville de Metz). Les quartiers de la **Grange-aux-Bois, Magny, et Vallières - Les Bordes** sont particulièrement touchés, de même que le **parc de la Seille**. On la retrouve également à **Woippy (300 arbres traités en 2020)** ainsi qu'à Jury, Longeville-lès-Metz, Nouilly, Pournoy-la-Chétive, Ars-Laquenexy, Moulins-lès-Metz, Lorry-lès-Metz, Mécleuves, Vany, etc.

La métropole a lancé un **marché à groupement de commande sur 3 ans (2022-2024)** pour lutter contre les chenilles processionnaires.

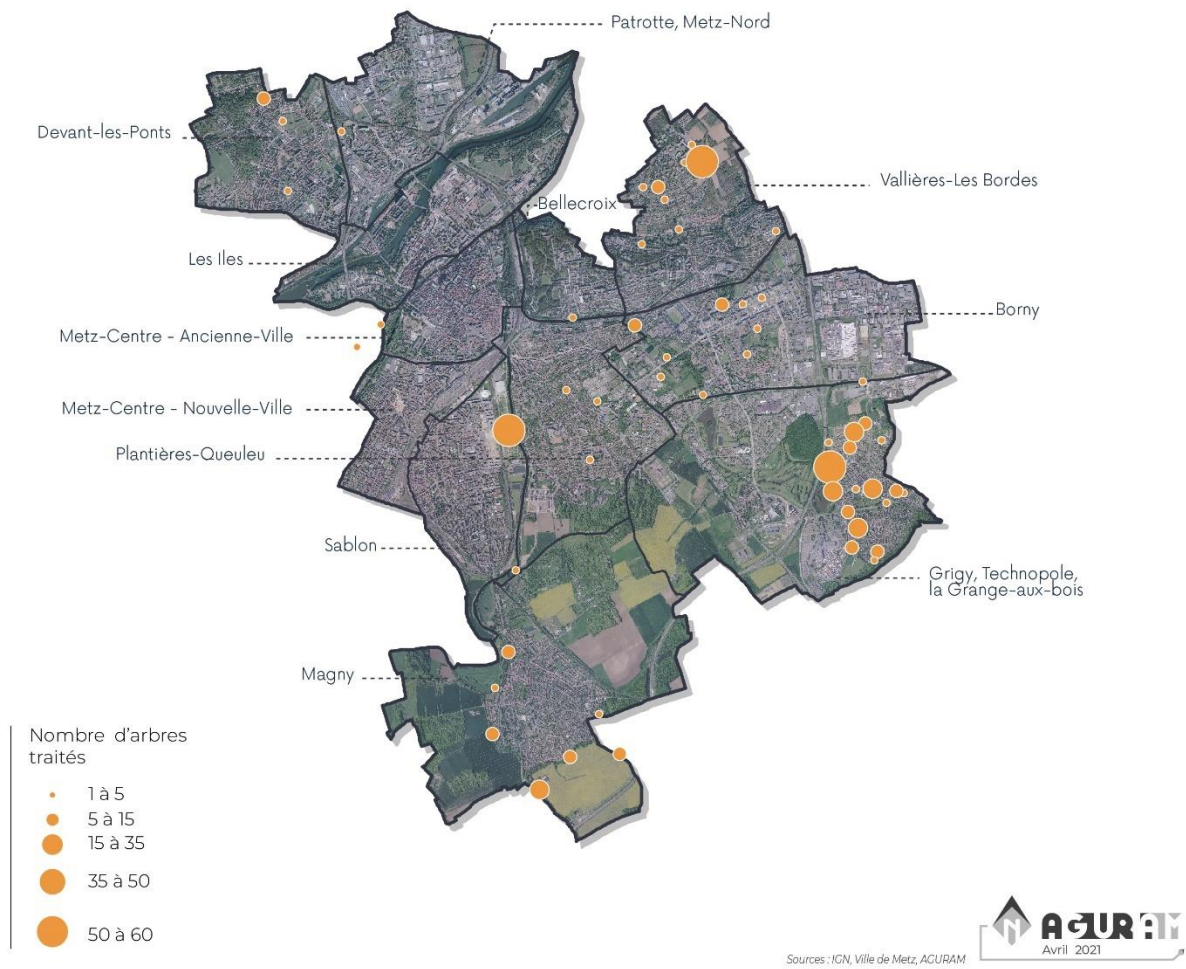
Présence de la chenille processionnaire du chêne - PCAET DE METZ MÉTROPOLE
ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ



Commune
Nombre d'arbres infestés ou traités

Sources : IGN, Ville de Metz, ACURAM
AGURAM
Avril 2021

Présence de la chenille processionnaire du chêne - zoom sur la Ville de Metz
 PCAET DE METZ MÉTROPOLÉ - ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ



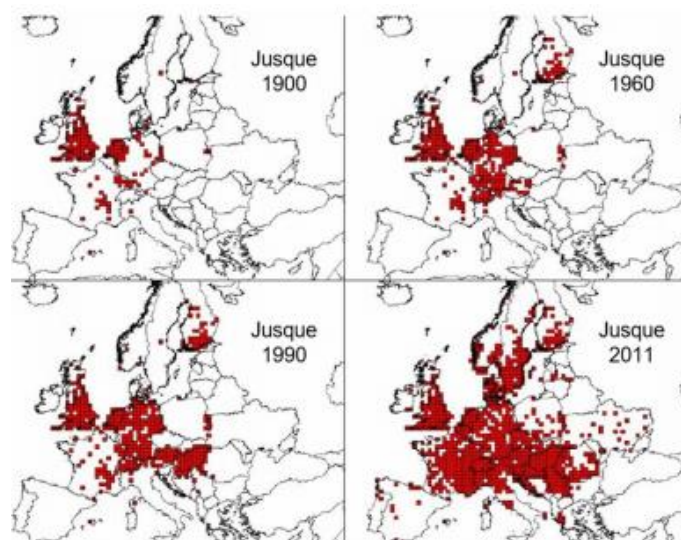
Le Bois de la Macchabée et le boisement du parc de la Grange-aux-Bois ont, par exemple, étaient fermés au public durant l'été 2020 à cause d'un nombre important de chenilles processionnaires installées sur les chênes.



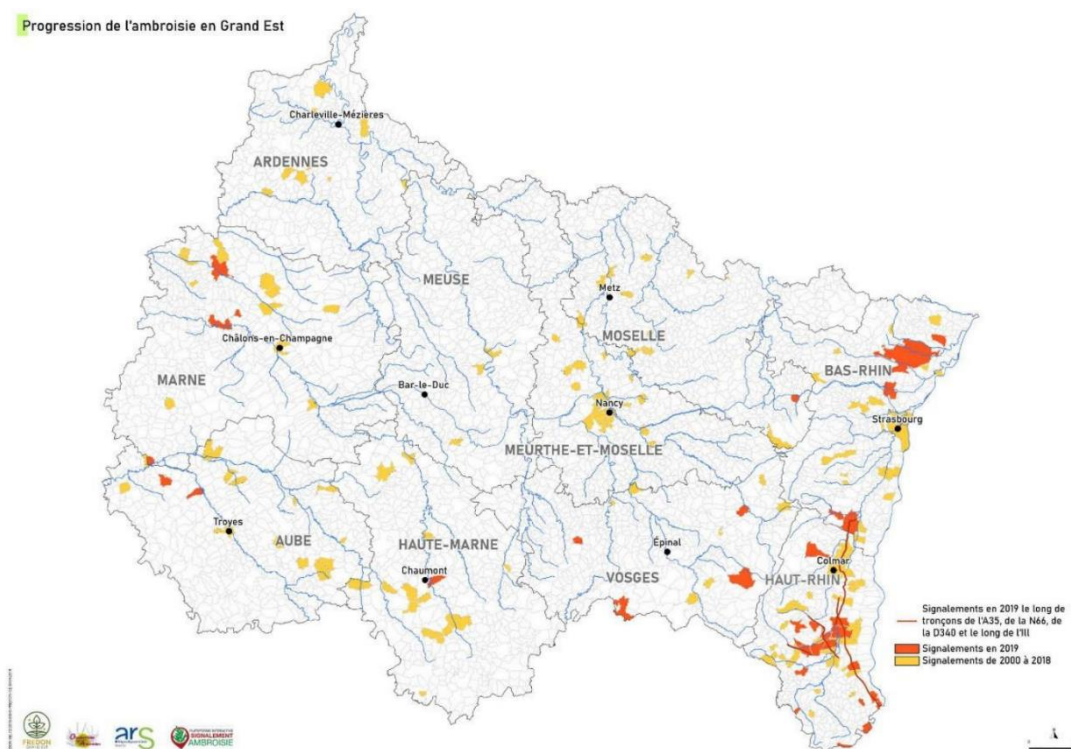
Bois de la Macchabée à Metz. ©AGURAM

1.3.2. L'AMBROISIE A FEUILLES D'ARMOISE

L'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) est une **plante annuelle invasive** venant d'Amérique du Nord. Elle a été introduite accidentellement en France dans les années 1860 avec l'importation de semences de trèfle violet provenant des Etats-Unis. D'abord présente dans la vallée du Rhône, l'aire de répartition de l'ambrosie ne cesse de s'accroître. Certaines activités humaines favorisent sa propagation (le transport de sol ou de semences contaminés par l'ambrosie, les machines agricoles et/ou le fauchage, l'alimentation animale, etc.).



Cartes retraçant la prolifération de l'ambrosie en Europe depuis 1900 (Bullock et al. 2013)



Source : Plateforme de signalements Atlasanté, réseau des Conservatoires botaniques nationaux et partenaires, réseau des FREDON, réseau des CPIE, Plateforme Epiphyt_Extract

La plante s'installe sur **les terrains nus ou peu couverts**. Elle est par conséquent fréquente sur les terrains remaniés, les friches, les chantiers, les bords de chemins, le long des routes, les voies ferrées, mais aussi dans les parcelles agricoles, ou encore les parcs et jardins. Elle pousse sur tous types de sol, même très superficiels. **Les espaces verts urbains sont fréquemment remaniés par les activités humaines, et sont donc susceptibles d'être colonisés par l'ambrosie.**

Si elle se développe, l'ambrosie peut constituer une banque de semences en quelques années avec ses **graines qui restent fertiles près de quarante ans**. Elle est ainsi bien adaptée pour survivre dans des sites qui sont constamment perturbés.

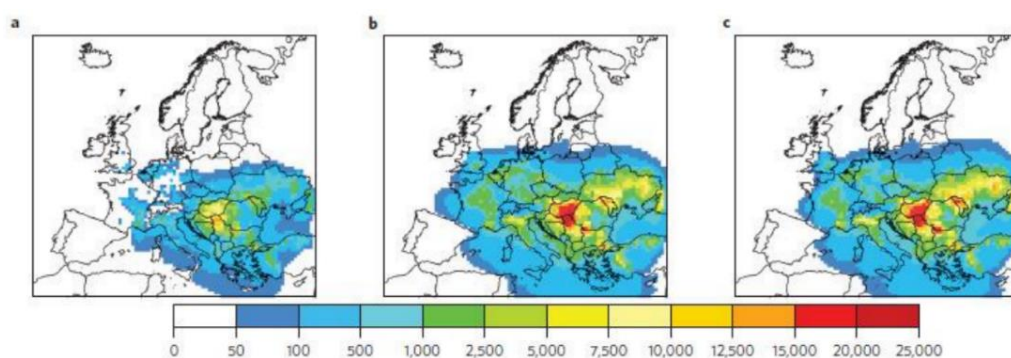
L'envahissement de l'ambrosie peut être attribué principalement au nombre élevé de graines produites par plante. En effet, une seule plante d'ambrosie peut produire, en moyenne, jusque 3 000 semences par an et peut libérer **plusieurs millions de grains de pollen par jour** (source : guide de gestion de l'ambrosie à feuilles d'armoise, FREDON France).

L'ambrosie est à l'origine d'impacts en termes de santé publique. Dans une expertise publiée en 2014, l'Anses mettait en évidence que les pollens d'ambrosie comptent parmi les plus problématiques en France. En effet, le pollen de cette plante a un **fort potentiel allergisant**. Il suffit de 5 grains de pollen par mètre cube d'air pour que des symptômes apparaissent chez les sujets sensibles : rhinites, conjonctivites, trachéites, crises d'asthmes, démangeaisons, urticaire, eczéma. **En cas d'exposition répétée ou prolongée, le phénomène d'allergie peut toucher n'importe quel individu**, à tout âge et sans prédisposition familiale⁴.

Les allergies au pollen d'ambrosie ont des répercussions sur la qualité du cadre de vie. Les sujets sensibles peuvent être contraints de réduire, voire supprimer, leurs activités de loisirs ou sportives en plein air pour éviter une surexposition. De la fatigue, des troubles du sommeil et de l'humeur, des difficultés à se concentrer peuvent apparaître.

Les émissions de pollen ont lieu de fin juillet à octobre, avec généralement un pic entre mi-août et mi-septembre. Cependant, **la saison pollinique de l'ambrosie s'allonge avec le changement climatique et le décalage des gels en automne.**

D'ici 2050, les concentrations atmosphériques en pollen d'ambrosie seront environ 4 à 4,5 fois plus élevées qu'aujourd'hui, dépendamment des scénarios du changement climatique du GIEC, RCP 4.5 ou 8.5⁵.



Simulation du taux annuel moyen et futur de grains de pollen d'ambrosie en m⁻³ : a. Nombre moyen historique de pollen ; b. Evolution du nombre moyen de pollen selon scénario RCP 4,5 ; c. Evolution du nombre moyen de pollen selon scénario RCP 8,5

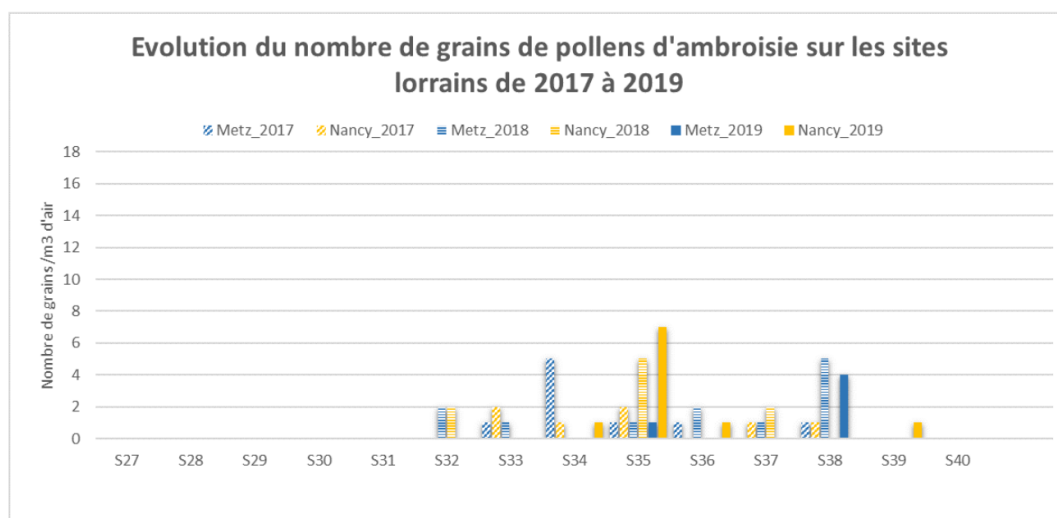
Source : ATMO Grand Est

⁴ http://wd043.lerelaisinternet.com/pdf/Prevalence_allergie_ambrosie_RA.pdf

⁵ Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. Hamaoui-Laguel L., R. Vautard, L. Liu, F. Solmon, N. Viovy, D. Khvorostyanov, F. Essl, I. Chuine, A. Colette, M. A. Semenov, A. Schaffhauser, J. Storkey, M. Thibaudon, M. Epstein, Nature Climate Change, 25 mai 2015.

Même si ce pollen est encore très minoritaire dans le Grand Est, la situation, basée sur les prévisions climatiques du scénario RCP 4.5 du GIEC, pourrait s'aggraver dans les années à venir.

ATMO Grand Est participe à la surveillance de l'ambroisie grâce à l'implantation de deux capteurs sur les villes de Chaumont et Mulhouse, qui sont les portes d'entrée principales de l'ambroisie dans la région Grand Est. Dès l'apparition du premier grain d'ambroisie sur les capteurs, des bulletins de vigilance sont envoyés pour assurer un suivi du nombre de pollens d'ambroisie. Il existe désormais des **bulletins de vigilance pour la ville de Metz.**



Source : ATMO Grand Est

La gestion des ambrosies s'inscrit dans le cadre du 3^{ème} Plan Régional Santé Environnement (PRSE 3) et en particulier dans l'objectif stratégique 5 : renforcer les réseaux de surveillance des espèces invasives nuisibles pour la santé et renforcer les réseaux d'acteurs du territoire.

Depuis 2018, FREDON Lorraine est missionnée par l'ARS Grand Est pour animer et coordonner le **plan régional de lutte contre les ambrosies** visant à minimiser l'invasion de l'ambroisie sur de nouveaux sites en supprimant les plantules voire les plants avant pollinisation et au plus tard, avant la production de graines fertiles. Pour cela, FREDON Lorraine est chargé de :

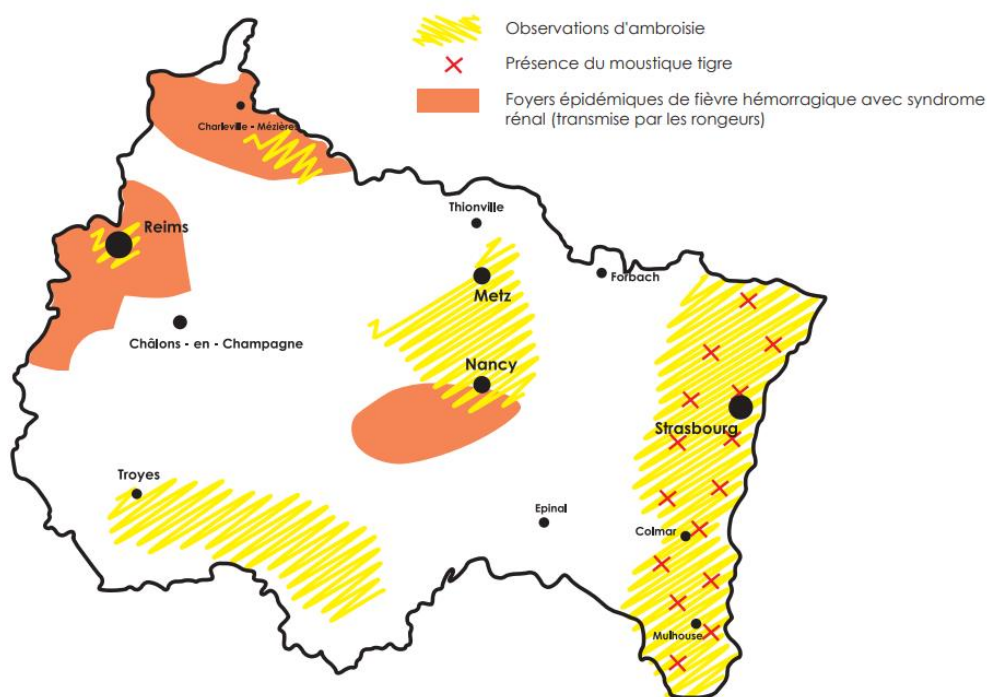
- Assurer la surveillance de l'exposition ;
- Améliorer les connaissances sur ces espèces et les moyens de lutte ;
- Sensibiliser aux risques ;
- Coordonner les acteurs et les actions ;
- Développer des outils de gestion ;
- Promouvoir les actions de lutte.

L'Eurométropole de Metz participe activement au déploiement territorial du **réseau Pollin'Air**, porté par ATMO Grand EST. Pollin'Air est un réseau de sentinelles formées à reconnaître 3 phases importantes dans le développement de 25 plantes à pollens allergisants : la floraison, le début et la fin de pollinisation.

Indirectement, le **changement climatique amplifie également la production et l'agressivité des pollens**. L'**ozone altère les muqueuses respiratoires et augmente leur perméabilité**, ce qui engendre une réaction allergique à des concentrations de pollen plus faibles. Selon le rapport de l'Anses (Impacts sanitaires et coûts associés à l'ambroisie à feuilles d'armoise en France, 2020), l'ozone agirait sur les capacités inflammatoires du pollen. La pollution atmosphérique pourrait aider les allergènes à accéder aux cellules du système immunitaire par le biais d'une fragilisation de l'épithélium pulmonaire. Le pollen d'ambroisie récolté dans des parcs urbains ou près des autoroutes est plus allergisant que celui récolté en milieu rural. Enfin, le CO₂ émis dans l'air par les activités humaines a, par exemple, un **effet fertilisateur sur l'ambroisie**, qui pousse ainsi plus vite et produit davantage de pollen (Robert Vautard, climatologue au Commissariat français à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)).

1.3.3. LE MOUSTIQUE TIGRE

Le **moustique tigre (*Aedes albopictus*) fait partie des dix espèces les plus invasives au monde**. Il est désormais implanté et actif dans plus de la moitié du territoire français. Le département de la Moselle est placé en vigilance jaune, c'est-à-dire en observation entomologique.



Source : Plan Régional Santé Environnement 3 Grand Est

L'aire de répartition de l'espèce s'est étendue à la suite du changement climatique. **L'augmentation de la température raccourcit le cycle de développement du moustique et accélère la vitesse de multiplication des virus** dont ils sont les hôtes (exemples : chikungunya, dengue).

Les piqûres du moustique tigre peuvent être très irritantes et provoquer de gros boutons. L'espèce est à l'origine de **problèmes de santé publique** car les femelles peuvent être **vectrices de nombreuses maladies virales** telles que la dengue ou le chikungunya.

Le moustique tigre n'a pas encore été recensé en Moselle, mais celui-ci se trouve aux portes du département. Plusieurs communes de l'Eurométropole de Metz font l'objet d'une surveillance par **pièges pondoirs** en 2021. Ce piège est constitué d'un seau noir contenant de l'eau et un morceau de polystyrène flottant (site de ponte attractif) ainsi que d'un larvicide biologique pour éviter le développement du moustique.

Nombre de pièges pondoirs situés sur le territoire de l'Eurométropole de Metz

Commune	Nombre de pièges pondoirs
Ars-Laquenexy	1
Metz	10
Montigny-lès-Metz	1
Moulins-lès-Metz	1
Saint-Julien-lès-Metz	1

Source : ARS Grand Est

Une **plateforme de signalements citoyens du moustique tigre** est disponible (https://signalement-moustique.anses.fr/signalement_albopictus/) et constitue le principal outil permettant de détecter la présence du moustique tigre sur des communes jusqu'alors non colonisées.

Synthèse [prolifération de certains ravageurs & espèces invasives]

La chenille processionnaire du chêne :

- Prolifération de l'espèce causée par la chaleur des villes, la baisse des gelées, la présence de chêne dans les parcs, etc.
- Cycles de pullulations sont plus rapprochés que par le passé.
- Plus de 1 000 arbres traités sur le territoire métropolitain.

L'ambroisie :

- Particulièrement invasive et allergisante : une seule plante d'ambroisie peut produire jusqu'à 3 000 semences par an et libérer plusieurs millions de grains de pollen par jour. Les graines restent fertiles près de 40 ans.
- Concentrations atmosphériques en pollen d'ambroisie pourraient être environ 4 à 4,5 fois plus élevées qu'aujourd'hui, d'ici 2050.
- L'ozone engendre des réactions allergiques à des concentrations de pollen plus faibles (altération des muqueuses respiratoires et augmentation de leur perméabilité).
- Le CO₂ a un effet fertilisateur sur l'ambroisie : elle pousse plus vite et produit davantage de pollen.

Le moustique tigre :

- L'augmentation de la température de l'air raccourcit son cycle de développement et accélère la vitesse de multiplication des virus à l'intérieur de l'insecte.
- 14 pièges pondoirs sont installés sur le territoire de l'Eurométropole afin de surveiller son apparition.

1.4. L'augmentation des inondations

1.4.1. LE DEBORDEMENT DES COURS D'EAU

Les modèles climatiques convergent dans le sens d'une **augmentation de la fréquence des précipitations extrêmes** responsables de débordements des cours d'eau, à proximité et dans les zones urbaines.

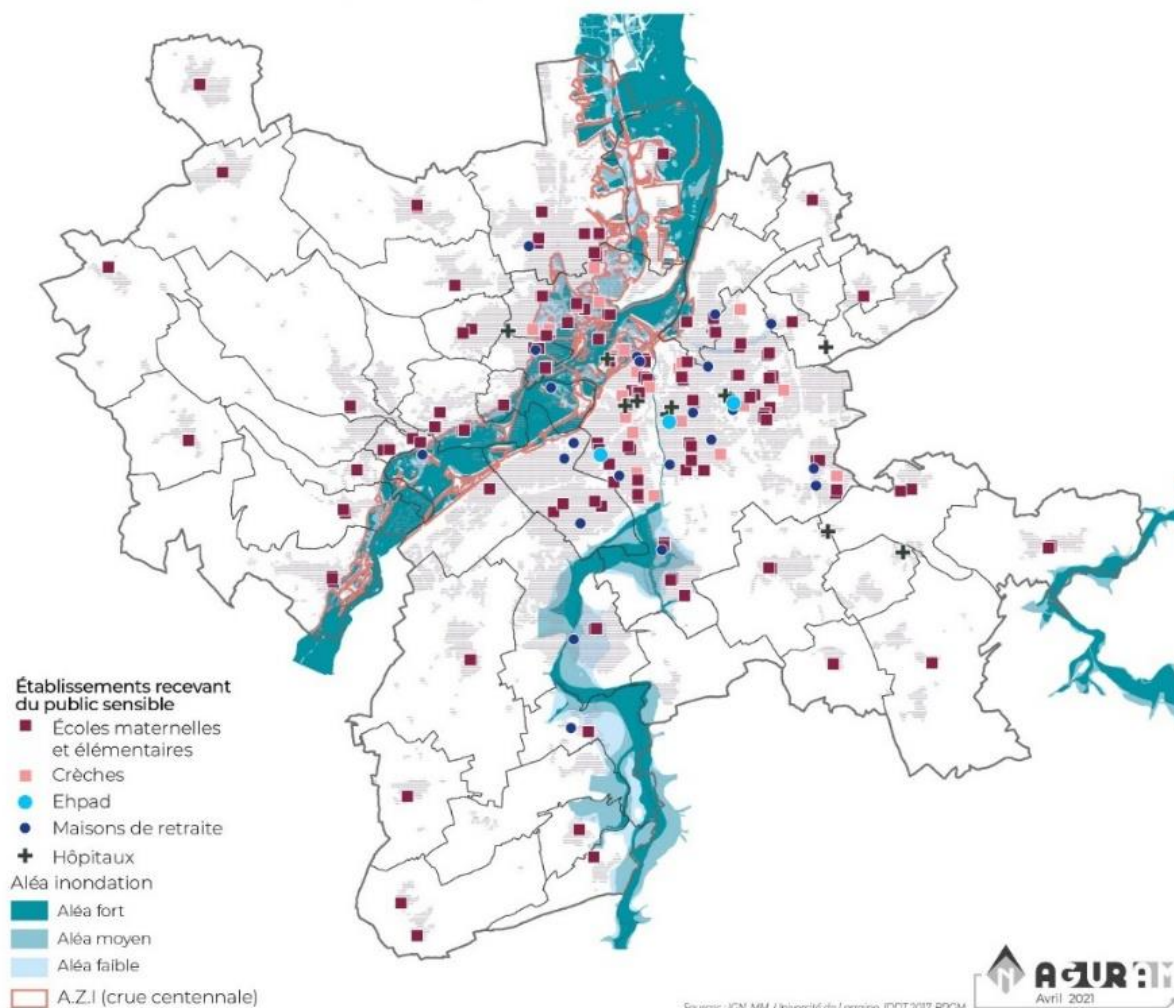
Les communes traversées par les **11 principaux cours d'eau** qui irriguent le territoire métropolitain sont donc particulièrement exposées au **risque d'inondations par débordements des cours d'eau**. C'est notamment le cas des communes de Cuvry, Marly, Metz, traversées par la **Seille** et les communes d'Ars-sur-Moselle, Chieulles, Jussy, La Maxe, Le Ban-Saint-Martin, Longeville-lès-Metz, Metz, Montigny-lès-Metz, Moulins-lès-Metz, Sainte-Ruffine, Saint-Julien-lès-Metz, Scy-Chazelles, Vaux, Woippy, traversées par la **Moselle**, qui sont couvertes par un Plan de Prévention des Risques inondation (PPRi). Seules les communes de Cuvry, Marly et Sainte-Ruffine (concernées par la Seille ou la Moselle) ne font pas partie du **Territoire à risque important d'inondation (TRI) Metz - Thionville - Pont-à-Mousson**.

Les conséquences des inondations sont liées à la présence humaine en zone inondable et sont variables : pertes de vie humaines, détérioration ou destruction de bâtiments, de biens, de matériels et d'infrastructures (routes, voies de chemin de fer, réseau électrique, équipements d'eau et d'assainissement), etc.

D'après le TRI Metz - Thionville - Pont-à-Mousson, **37 000 habitants** du territoire métropolitain seront exposés en cas de crues extrêmes. **Les conditions de vie des habitants peuvent alors être fortement impactées : indisponibilité de la ressource en eau potable, coupure d'électricité et de gaz, difficultés pour se déplacer, etc.**

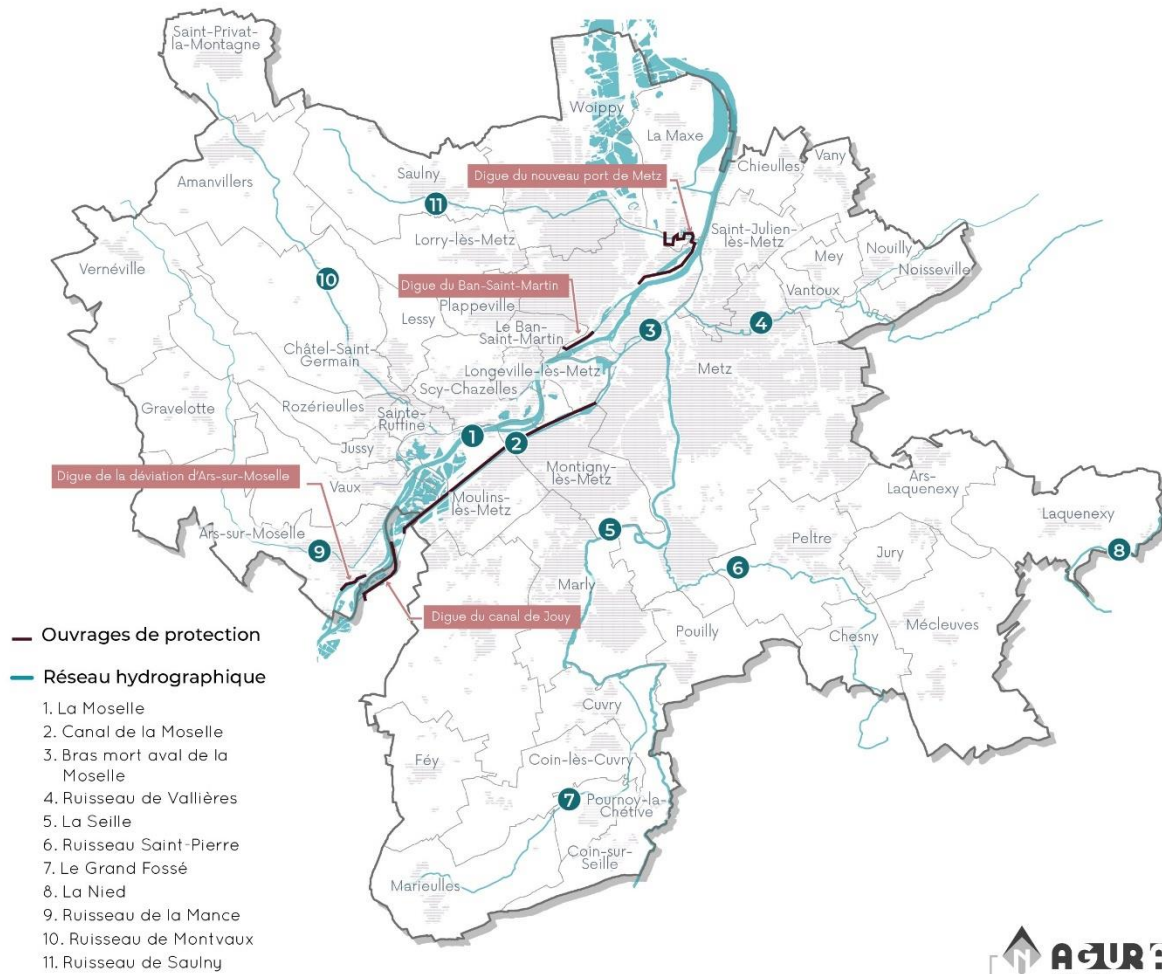
Selon le scénario RCP 8.5 du GIEC, le rapport du **groupe d'assurance Covéa** prévoit une **augmentation de 50 à 75 % de dommages** dus aux inondations par débordement des cours d'eau, en Moselle, à l'horizon 2050.

Sur les communes de **Metz, Montigny-lès-Metz et Woippy**, plusieurs **établissements recevant un public sensible sont situés dans des zones à risque d'inondation**.



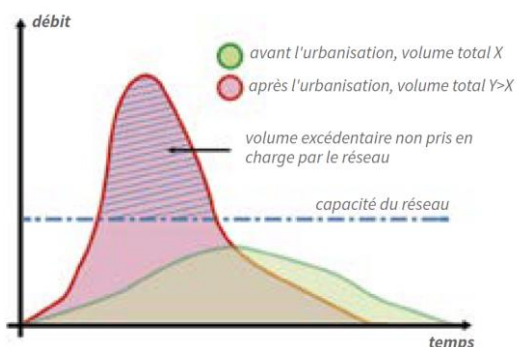
1.4.2. LA RUPTURE DE DIGUES

L'augmentation des crues éclair pourrait conduire à un risque accru de rupture des digues. Les terrains situés à l'arrière des digues se retrouvent alors inondés, avec parfois des vitesses d'écoulement plus élevées. Le territoire de l'Eurométropole de Metz compte **4 digues** : la digue du « nouveau port de Metz », la digue du « canal de Jouy », la digue du « Ban Saint-Martin » et la digue de la « déviation d'Ars-sur-Moselle ».



1.4.3. LE RUISSELLEMENT DES EAUX PLUVIALES

Le risque d'inondation par **ruissellement des eaux pluviales** va s'intensifier en zone urbaine, en raison de l'augmentation des épisodes de pluies intenses, et de **l'imperméabilisation des sols**, qui contribue à l'aggravation du phénomène. Le ruissellement est également un **facteur de pollution de l'eau**, puisque les eaux pluviales qui ne peuvent pas être infiltrées sur place ruissellent vers les réseaux d'égout et **se chargent en polluants**. L'augmentation de l'apport hydraulique a des **conséquences sur les systèmes d'assainissement**, qu'ils soient unitaires ou séparatifs : surcharge, nécessité de traitement supplémentaire, stockage et transfert vers un exutoire naturel, etc. Cependant, la **présence de réseaux unitaires**, où les eaux usées domestiques et les eaux pluviales sont évacuées dans les mêmes canalisations, **accentue le risque de débordements lors de pluies torrentielles**.



Influence de l'urbanisation sur l'évolution des débits arrivant à l'exutoire d'un bassin versant, suite au ruissellement des eaux après un évènement pluvieux. Source : CEPRI, 2014

Selon le scénario RCP 8.5 du GIEC, le rapport du **groupe d'assurance Covéa** prévoit une **augmentation de 100 à 150 % de dommages** dus aux inondations par ruissellement, en Moselle, à l'horizon 2050.

Par ailleurs, en été, **l'îlot de chaleur urbain amplifie l'échauffement des eaux pluviales qui ruissellent** sur les surfaces imperméabilisées. Lorsque les eaux de pluie rejoignent les rivières, les lacs et les étangs, elles augmentent leur température, provoquant des effets négatifs sur les écosystèmes aquatiques.

1.5. La durabilité et l'accessibilité des espaces verts et naturels

L'augmentation de la température et du nombre de jours de sécheresse provoque une augmentation du **risque de feux de forêts et de pelouses sèches** sur le territoire métropolitain. Sur la commune de Saulny, 6 hectares de pelouses calcaires, gérés par le Conservatoire d'Espaces Naturels de Lorraine (CENL), ont été ravagés par un incendie en 2019.

La végétation détruite lors de ces feux génère un bouleversement du paysage et entraîne une perte d'habitat pour la biodiversité. La fumée qui en découle impacte également la qualité de l'air.

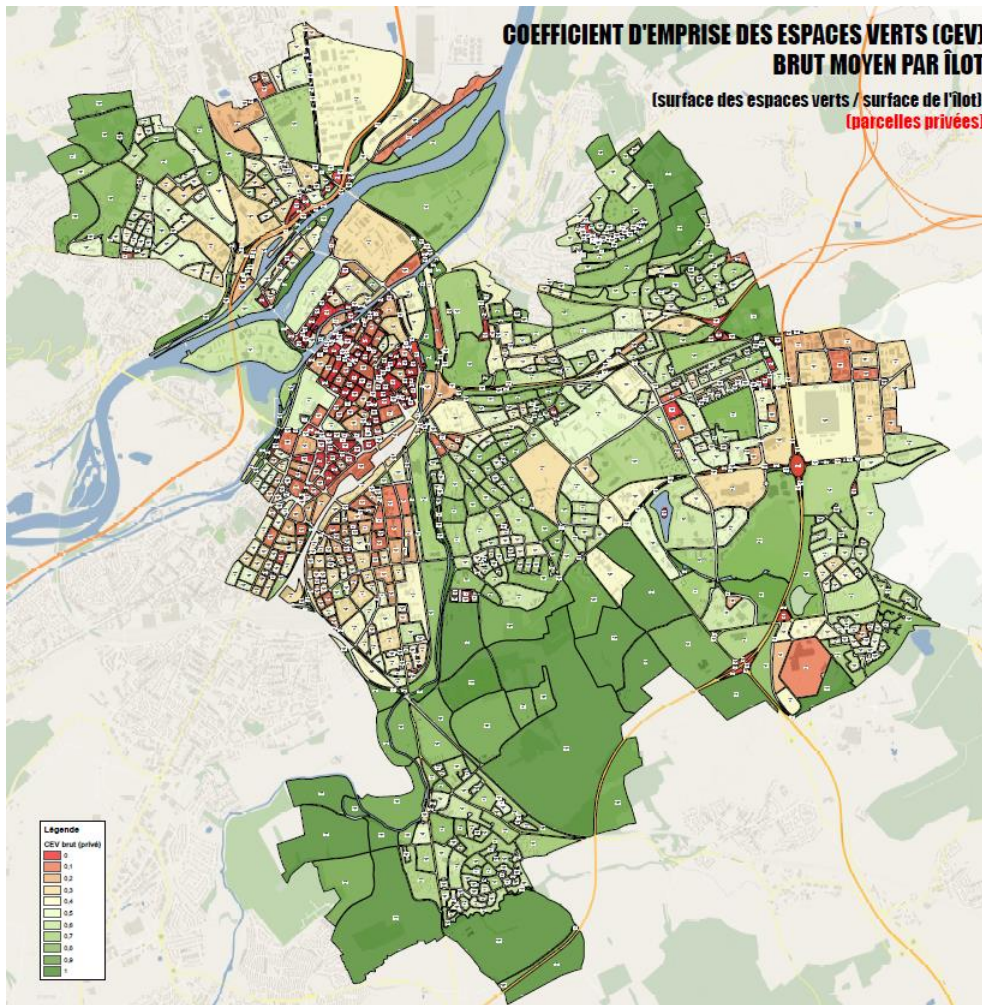


*Pelouses calcaires sur les hauteurs de Saulny ravagées par un incendie.
©Le Républicain Lorrain*

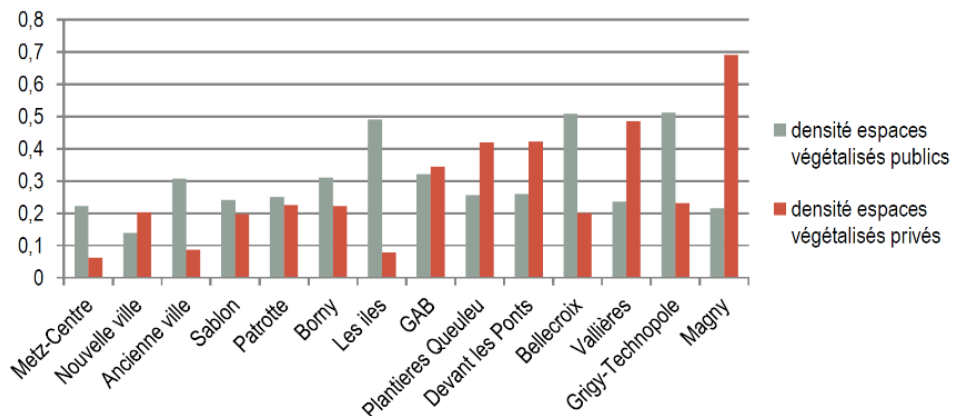
En outre, le changement climatique nécessite de planter des **essences adaptées** à des vagues de chaleur et de sécheresse plus fréquentes. Durant les prochaines décennies, certaines essences typiques du sud de la France pourront donc trouver les conditions nécessaires à leur développement sur le territoire de l'Eurométropole de Metz. Ces essences, qui ne sont pas naturellement présentes dans la région, modifieront les paysages naturels. Le territoire adapte d'ores et déjà les choix d'essences plantées, comme la ville de Metz, pour prendre en compte les effets actuels et futurs.

Le changement climatique est également amené à **accentuer la fracture sociale**, notamment entre les différents quartiers des villes. En effet, certains quartiers sont plus denses que d'autres, les bâtiments sont d'époques différentes, n'ont pas la même forme et la même orientation, ce qui provoque un microclimat à l'échelle du quartier ou de la rue. Par ailleurs, en fonction de leur lieu de résidence, les habitants n'ont pas tous accès à un **espace vert public à proximité de leur habitation ou à un espace vert privé**.

À titre d'illustration, **sur le ban communal de Metz**, la densité des espaces verts est assez faible au niveau des quartiers Metz-centre, Ancienne Ville, Nouvelle Ville et du Sablon. La densité d'espaces végétalisés est logiquement très élevée au niveau des espaces agricoles (secteur agricole de Magny, Hauts de Vallières) et des espaces encore naturels (Boisements du Fort de Bellecroix, Bois de la Macchabée, de Saint-Clément, etc.), ce qui fait augmenter considérablement la densité moyenne d'espaces végétalisés sur les quartiers concernés.



Dans les zones d'habitat pavillonnaire, comme à Magny, Vallières et la Grange-aux-Bois, ainsi que dans les quartiers résidentiels comme Plantières-Queuleu, Devant-lès-Ponts, les espaces végétalisés privés sont bien représentés. Dans les quartiers de Metz-Centre, Ancienne-Ville ou encore les Iles, la proportion d'espaces végétalisés privés est très faible mais est compensée par la présence d'espaces verts publics.



Répartition des espaces végétalisés publics et privés par quartier.
Source : Ville de Metz et AGURAM (2015-2016)

2. SOLUTIONS FONDEES SUR LA NATURE POUR S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN VILLE

Les solutions fondées sur la nature en ville conjuguent atténuation, adaptation et protection de la biodiversité. En plus des services écologiques, la nature en ville apporte des bénéfices sociaux en termes de santé et de bien-être des habitants.

2.1. Les solutions vertes

2.1.1. LUTTE CONTRE LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

La végétalisation des villes est l'un des moyens les plus efficaces et pérenne pour réduire le phénomène d'îlots de chaleur urbains. À l'échelle de la ville, les **parcs** ont un effet de rafraîchissement fort, que ce soit le jour ou la nuit.

La métropole messine est composée de **3 000 hectares d'espaces verts**. Cependant, ces espaces sont **inégalement répartis sur le territoire**. Des solutions existent pour apporter du végétal en ville, dans les zones les moins « vertes ».

La plantation de **forêts urbaines**, basée sur la méthode du botaniste Akira Miyawaki, permet de créer des îlots forestiers denses (3 arbres/m²) composés d'essences diversifiées (15 à 30 espèces). Une forêt dense et mature se met en place au bout de 15-20 ans, permettant ainsi de réguler le climat local et la qualité de l'air. Il est donc possible d'intégrer une micro-forêt dans une zone urbaine dense et dégradée. Il suffit de disposer d'un espace de 100 m² avec une bande de dégagement de 5 m minimum de distance par rapport aux infrastructures avoisinantes.

Deux forêts urbaines ont été plantées sur le territoire métropolitain, selon la méthode Miyawaki :

- À **Marly (parc Paul Joly)** : 7 200 arbres plantés par l'association MOTRIS, en collaboration avec la société Urban forest ;
- À **Metz (parc du Sansonnet)** : 3 000 arbres plantés par l'association MOTRIS, en collaboration avec Urban forest et la SAREMM qui aménage la ZAC du Sansonnet.

La plantation d'une troisième forêt urbaine est prévue à **Metz**, sur un ancien site militaire (**Arsenal III**), en collaboration avec la société Trees Everywhere. 60 000 arbres seront plantés sur deux hectares.



Plantation d'une forêt urbaine au Parc du Sansonnet, à Metz. ©SAREMM



Plantation d'une forêt urbaine à Marly. ©AGURAM



Afin d'évaluer l'efficacité de ces forêts urbaines, une réflexion est actuellement menée par la Ville de Metz avec divers partenaires potentiels (CEREMA, Université de Lorraine, AgroParisTech).

Les arbres sont particulièrement efficaces pour réduire l'îlot de chaleur urbain. En effet, le feuillage des arbres permet d'intercepter le rayonnement solaire, créant des zones ombragées sur les surfaces asphaltées ou les façades d'immeubles, limitant ainsi leur surchauffe en été. **L'arbre absorbe environ 70 % du rayonnement solaire et en réfléchit 15 %**. Une allée minérale peut ainsi être plus fraîche de 17°C à l'ombre qu'au soleil (source : Laboratoire ABC, ENSA-Marseille). Les feuilles, par évapotranspiration, libèrent de l'eau, permettant le refroidissement de l'air. Un **arbre adulte** au sein d'une plantation d'arbres **peut évaporer jusqu'à 450 litres d'eau par jour**, rafraîchissant autant que 5 climatiseurs fonctionnant 20 heures/jour⁶. À l'échelle de la ville, les arbres ont un effet de rafraîchissement fort le jour et moyen la nuit. À l'échelle du piéton, l'effet reste fort le jour mais non significatif la nuit (source : Guide « Rafraîchir les villes, des solutions variées », ADEME, TRIBU, CEREMA).

Les **alignements d'arbres** composés de feuillus, permettent d'ombrager les rues et les façades des immeubles. Une modélisation effectuée en 2010, dans une rue de Nantes, large et haute de 21 mètres, orientée nord-sud, a permis de conclure que deux rangées d'arbres, hauts de 9 mètres et formant un feuillage continu sur une distance de 250 mètres permettraient de **gagner localement jusqu'à 10°C**, contre **3°C** par la présence de deux **façades végétalisées** (VEGDUD, 2014).



Façade végétalisée du Cloître des Récollets à Metz. ©Ville de Metz

En revanche, la **végétalisation des façades** a fait ses preuves sur le confort thermique à l'intérieur des bâtiments avec un abaissement de 5 à 70 % de la consommation énergétique pour la climatisation.

Les **toitures végétalisées** permettent également d'améliorer l'isolation du bâti et donc le confort des citoyens en période estivale. En effet, par une journée ensoleillée de 26 °C à l'ombre, un toit exposé au soleil peut atteindre une température de **80°C si sa couleur est foncée, 45°C si sa couleur est blanche et seulement 29°C s'il est recouvert de végétaux** (Fischetti M. ,2005).

Des simulations appliquées à la ville de Paris sur 10 années ont permis de mettre en évidence une **économie d'énergie liée à la végétalisation des toitures de 23 % en été** (28 % si elles sont arrosées), contre 4,5 % en hiver. Cependant, **les sédums**, souvent utilisés pour les toitures végétalisées extensives, ont une bonne résistance à la sécheresse mais possèdent une capacité de transpiration réduite, et donc un pouvoir rafraîchissant limité. Les types intensif et semi-intensif, avec la possibilité de planter tout type de végétaux, peuvent avoir un véritable effet rafraîchissant. Aussi, les végétaux qui correspondent à ces critères sont ceux des



Toiture végétalisée d'un bâtiment tertiaire à Metz. ©AGURAM

⁶ JOHNSTON J., NEWTON J. (2004) : *Building Green, a guide to using plants on roofs*. Walls and Pavements. Greater London Authority, vol. 121, 124 p.

zones humides et nécessitent donc un entretien important et une irrigation régulière, posant la question de la ressource en eau.

Les **plantes grimpantes** permettent également d'apporter de la nature en ville, de créer des zones ombragées et d'améliorer le cadre de vie des habitants.



Plantes grimpantes à Roubaix

Les **noeues végétalisées** facilitent l'infiltration des eaux pluviales dans le sol et le maintiennent humide, ce qui favorise l'évaporation et donc le rafraîchissement de l'air. Cependant, les toitures végétalisées ont une plus grande capacité d'évaporation que les noeues, qui sont plutôt utilisées pour répondre à l'enjeu de gestion des eaux pluviales (Musy et al., 2014).

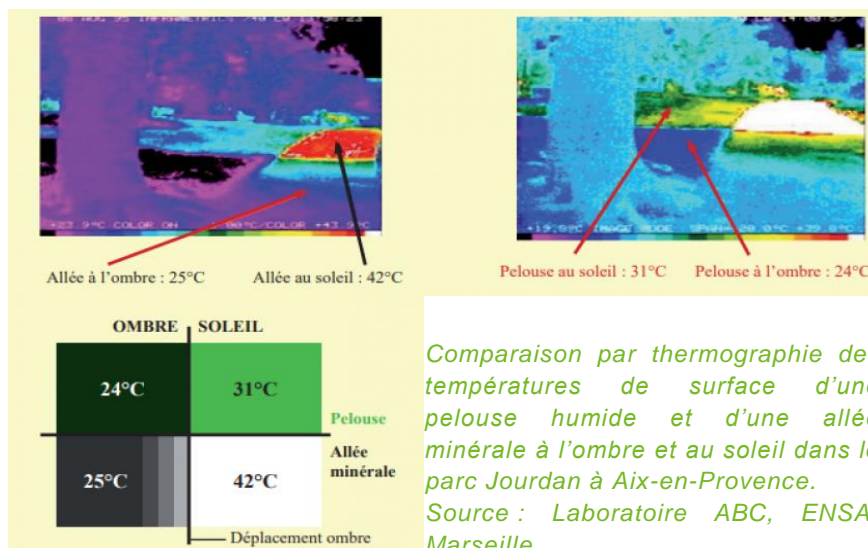
Les **jardins collectifs** sont des outils d'aménagement urbains qui favorisent le lien social et la préservation de la biodiversité, mais sont aussi des lieux de nature et de bien-être en ville.



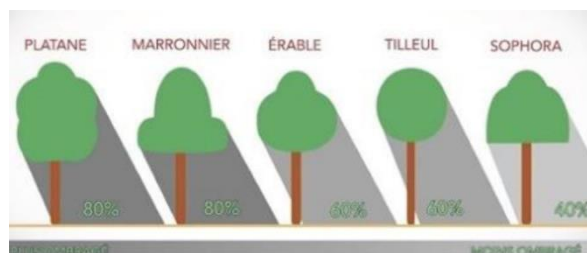
Jardins du Parc du Sansonnet à Metz. ©AGURAM

La **strate herbacée** permet également de réduire le phénomène d'îlot de chaleur urbain. En effet, la température d'une pelouse exposée au soleil est moins élevée que la température d'une allée minérale au soleil (figure ci-après).

Il est donc essentiel de **conserver des espaces enherbés** dans l'espace urbain et de **remettre en pleine terre les espaces asphaltés** pour réduire la surchauffe urbaine. Les pelouses dénudées d'arbres ou d'arbustes ont, en revanche, tendance à griller l'été lors des fortes chaleurs. La question de l'arrosage peut se poser et donc, la cohérence en termes d'impact environnemental global.

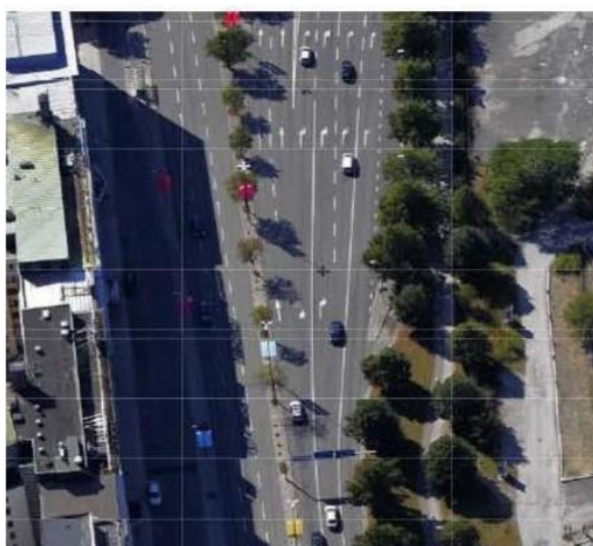


Le rafraîchissement apporté par la végétalisation dépend des caractéristiques des végétaux (hauteur, densité de la végétation et du feuillage, feuilles persistantes ou caduques, capacité d'évapotranspiration, âge, etc.). Ainsi, il est important de planter **des essences adaptées aux futures conditions climatiques** et qui permettent de réguler le climat local. L'étude **SESAME** (Services EcoSystémiques rendus par l'Arbre, Modulés selon l'Essence) réalisée par le CEREMA, en partenariat avec l'Eurométropole de Metz et la Ville de Metz, est un outil qui permet de sélectionner les **essences les plus adaptées pour répondre aux enjeux identifiés** : régulation du climat local, pollution de l'air, biodiversité, etc. Une deuxième phase de l'étude SESAME a été lancée fin 2020, afin d'augmenter le nombre d'espèces étudiées (250 essences), d'approfondir certains services écosystémiques et d'en étudier de nouveaux, et de perfectionner l'appliquatif.



Gradient d'ombrage en fonction de différentes essences. Source : CEREMA

Les feuillus ont pour particularité d'avoir une **capacité d'évapotranspiration et d'ombrage bien supérieure** à celle des conifères, ce qui est particulièrement intéressant pour l'adaptation du territoire au changement climatique. Certaines **essences** sont également à **éviter**, comme les essences allergisantes dans les parcs et les jardins ou à proximité des habitations, ou encore le **bambou**, qui est une structure verticale favorisant le développement du **moustique tigre**.



Des arbres de même essence, plantés au même moment, mais qui ne bénéficient pas des mêmes conditions. Département Seine Saint Denis. Source : Ronan Quillien.

Cependant, pour que les végétaux agissent sur les ICU en rafraîchissant l'air ambiant, il faut qu'ils aient un **apport en eau suffisant**. Or, le milieu urbain est souvent responsable d'une diminution de la ressource en eau, qui provoque un **stress hydrique** pour les végétaux. Lorsque la plante ne peut pas puiser suffisamment d'eau dans le sol, les cellules qui permettent aux feuilles de transpirer, appelées stomates, se ferment pour conserver l'eau. **Le déficit hydrique fait perdre à la plante son potentiel de rafraîchissement de l'air mais aussi son rôle de fixation du carbone et lui fait rejeter du CO₂**. Lorsque le déficit en eau perdure dans le temps, la plante arrête la photosynthèse, flétrit et finit par mourir.

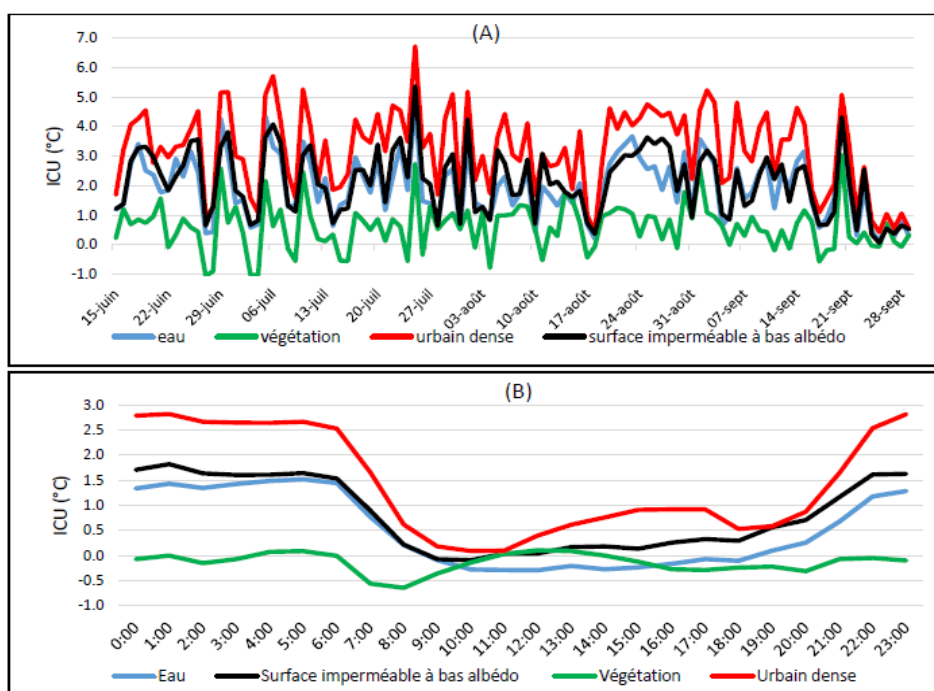
La place de l'eau dans les villes et villages est donc indispensable pour permettre à la végétation de réduire l'îlot de chaleur urbain (cf. ci-après « Les solutions bleues »). Ainsi, la **désimperméabilisation des pieds d'arbres** est indispensable au bon développement des racines et à la santé de l'arbre, et donc à la qualité des services écosystémiques rendus.

Les essences en pleine terre sont à privilégier, car elles nécessitent un apport hydrique moins important. Cependant, lorsque cela est impossible, notamment dans des espaces très minéralisés ou contraints (présence de réseaux, prescriptions archéologiques, etc.), la mise en place de mobilier urbain végétalisé de type « **Urban Canopée** » permet de créer des îlots de fraîcheur et ramener de la nature en ville.



"Urban canopée" à Metz en 2021. ©Ville de Metz

La végétation a un effet rafraîchissant surtout la nuit, contrairement à l'eau dont l'effet rafraîchissant intervient plutôt en journée grâce à la convection. La présence de la végétation doit donc être renforcée dans les **secteurs résidentiels**, qui sont les plus impactés par l'inconfort thermique nocturne. Dans les **zones d'activités économiques**, l'installation de fontaines et la création de **points d'eau** permettront de rafraîchir l'air en journée, période à laquelle les zones d'activités économiques sont principalement fréquentées.



A) Valeurs quotidiennes maximales de l'ICU des environnements « eau », « végétalisé », « urbain dense » et « surface imperméable à faible albédo » entre le 15 juin et le 30 septembre 2019.
 B) Moyennes horaires de l'ICU sur un cycle journalier pour les indices « eau », « végétalisé », « urbain dense » et « surface imperméable à faible albédo » entre le 15 juin et le 31 août 2019.
 Source : Nassima Hassani "Etude comparative de l'îlot de chaleur urbain de Metz Métropole et de Casablanca dans un contexte de changement climatique" (Université de Lorraine, Eurométropole de Metz)

À l'heure du changement climatique, il apparaît nécessaire de **végétaliser au maximum** le territoire métropolitain, mais également de **préserver les espaces végétalisés urbains** (parcs, squares, espaces verts) **et périurbains existants**, notamment les boisements, les franges urbaines, et l'agriculture périurbaine. **Toutes les échelles d'intervention ont un intérêt et toutes les formes de végétalisation doivent être encouragées et les strates végétales existantes diversifiées** (strate arborée, arbustive, herbacée, toitures, façades, clôtures, pergolas végétalisées, etc.).



*Toiture d'abri de bus végétalisée à Strasbourg.
©AGURAM*

Le **développement d'actions participatives** comme celle lancée à Metz en 2019 « Végétalisons Metz, je fleuris ma rue » est un moyen de faire participer les habitants à la végétalisation de leur ville.



Plantations dans le cadre de l'action « je fleuris ma rue » à Metz. ©Ville de Metz

Les **cours d'écoles** représentent un potentiel important, du fait de leurs surfaces, de leur répartition et de leur nombre, pour créer des îlots de fraîcheur au cœur des quartiers, redonner une place à l'eau et à la nature en ville. Pour permettre la concrétisation des projets de réaménagements des cours d'écoles, l'**Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM)** vient en **appui aux collectivités**, dans le cadre du plan d'accélération « Eau 2021 » et de l'initiative « **Cour d'école, bulle nature !** », en proposant une subvention pour réaliser les aménagements. Le syndicat mixte du **Schéma de Cohérence territoriale de l'Agglomération Messine (SCoTAM)** s'engage également aux côtés de l'AERM et a lancé en novembre 2020 un **appel à projet intitulé « Cassons la croûte »**.



*Pavés enherbés, école Saint Maximin à Metz.
©Ville de Metz*

Plusieurs communes travaillent actuellement sur le sujet de la végétalisation et la désimperméabilisation des cours d'écoles, comme Woippy, Metz, ou le Ban Saint-Martin, par exemple.

En 2020, la Ville de Metz a lancé une **étude d'identification et de renforcement de la Trame verte et bleue sur son territoire**. Les sites ayant un potentiel pour renforcer la biodiversité et/ou répondre aux enjeux de qualité de l'air, d'ICU, de gestion des eaux pluviales, de cadre de vie, sont ciblés pour être réaménagés (plantations, végétalisation, désimperméabilisation, installation d'abris et de passages pour la faune, gestion différenciée, etc.).



*Plantations réalisées dans le cadre du renforcement de la trame urbaine à Metz.
©Ville de Metz*

2.1.2. LUTTE CONTRE LA PROLIFERATION DE L'AMBROISIE

L'arrachage manuel est un moyen de lutte efficace qui permet une destruction complète de la plante une fois installée, mais très coûteux en temps de travail. Des **chantiers participatifs** pourraient être organisés pour lutter contre sa prolifération. En milieu urbain la priorité est d'éviter les situations propices au développement de la plante, tels que les terrains à nu. La **mise en place de plantes vivaces indigènes** peut empêcher l'implantation de l'ambroisie (source : ARS Grand Est). En effet, l'ambroisie est une plante qui n'aime pas la concurrence. En se développant, les végétaux lui font de l'ombre et la privent d'eau par leurs racines. La **gestion différenciée** des espaces permet également à la végétation existante de concurrencer l'ambroisie.

2.1.3. REDUCTION DU RISQUE D'INONDATION

Pour limiter les inondations en zone urbaine, il est nécessaire en premier lieu de **maintenir et restaurer les ripisylves** et de **préserver les prairies inondables** qui constituent des zones d'expansion des crues permettant de stocker une quantité d'eau importante en dehors des zones urbanisées et de ralentir la vitesse du courant lors des crues.

La **désimperméabilisation** des sols est indispensable pour permettre de rétablir au mieux les fonctions assurées par le sol : infiltration des eaux pluviales, stockage de carbone, trame brune, etc. (cf. 2.2 Les solutions bleues).

En zone urbanisée, différents types d'aménagements peuvent contribuer à limiter le risque d'inondation. Les espaces de pleine terre et la végétation constituent, par exemple, des **techniques alternatives au « tout-tuyau »** en favorisant l'infiltration et l'épuration des eaux pluviales, au plus près de là où elles tombent. En effet, les sols et les plantes jouent un rôle d'éponge, facilitant l'infiltration des eaux pluviales vers les nappes ou la cime au sein du végétal. Lors de faibles précipitations, l'eau est captée au niveau des racines des arbres puis évapotranspirée dans l'air. Les **espaces plantés d'arbres** contribuent donc à limiter la part des eaux pluviales qui ruissellent vers les canalisations.

Les noues végétalisées permettent également l'infiltration des eaux pluviales sur place, limitant ainsi leur ruissellement. D'après une étude de l'Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France, les noues végétalisées sont plus économiques, comparées à des infrastructures grises.

Le Groupe de Recherche, Animation technique et Information sur l'Eau (GRAIE) et l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU), avec l'appui de l'ARS et de l'Entente interdépartementale de démostration, ont mené une étude sur le développement du **moustique tigre** dans les ouvrages de gestion alternative de l'eau de pluie. Quinze bassins de rétention et/ ou d'infiltration et deux toitures végétalisées ont été échantillonnés une fois par mois, de mai à novembre 2016. Les résultats, publiés en septembre 2017, montrent que **les techniques alternatives ne retiennent pas assez longtemps l'eau pour le développement larvaire du moustique tigre**, qui nécessite au moins cinq jours dans 1 centimètre d'eau libre.



Noue, Parc de la Seille à Metz. ©AGURAM

Les toitures végétalisées retiennent l'eau de pluie et réduisent les volumes d'eau ruisselés entre 40 et 80 % sur l'année et entre 60 et 80 % pour les pics de débit (Musy, 2014). **L'épaisseur et la nature du substrat utilisés pour la toiture végétalisée sont des facteurs influents, plus que le type de végétation.** Le mobilier urbain peut également être aménagé pour récolter une partie des eaux pluviales (végétalisation des toitures, des abris de bus, par exemple).

Le jardin de pluie, jardin installé dans des dépressions du sol et planté, recueille les eaux pluviales de surfaces imperméabilisées privatives et infiltrent la totalité du ruissellement produit par des événements pluvieux d'une période de retour mensuelle (source : ADEME). **Un jardin de pluie permet l'infiltration de 30 % d'eau supplémentaire par rapport à une pelouse traditionnelle** (Dunnett N., Clayden A., 2007). Aux États-Unis, des jardins de pluie expérimentaux ont été aménagés dans un quartier résidentiel afin de comparer l'impact du ruissellement avec un quartier similaire sans jardin pluvial. Le volume des eaux de ruissellement du quartier qui abritait les jardins de pluie s'est avéré de 90 % inférieur à celui de l'autre quartier (Boucher I., 2010).

2.1.4. LIMITATION DE LA POLLUTION DE L'AIR

Les végétaux absorbent du dioxyde d'azote, les feuilles, par évapotranspiration, entraînent une baisse de la température de l'air, ce qui **réduit la formation d'ozone**. Toutefois, les arbres sécrètent des composés organiques volatils, précurseurs de l'ozone. Il est donc nécessaire de choisir les essences les plus adaptées en fonction du contexte (étude SESAME).

La végétation, en réduisant la température de l'air et la consommation d'énergie des bâtiments (toitures et façades végétalisées, ombre fournie par les arbres), permet d'améliorer la qualité de l'air au niveau local.

L'agencement des végétaux dans l'espace doit être réfléchi pour permettre la circulation du vent, en particulier pour éviter les rues « canyons », qui augmentent la concentration en polluants.

2.2. Les solutions bleues

2.2.1. LUTTE CONTRE LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Le rafraîchissement de l'air par l'eau résulte du passage de l'état liquide à l'état gazeux, qui consomme de l'énergie faisant ainsi baisser la température de l'air. Dans les milieux naturels ou semi-naturels, **l'eau retenue dans le sol et la végétation est évaporée**, refroidissant ainsi l'air ambiant. Les sols imperméabilisés en zone urbaine entraînent un ruissellement de l'eau vers les réseaux, qui n'a donc pratiquement pas le temps de s'évaporer et de rafraîchir l'air.

La désimperméabilisation des parkings, des chaussées, des trottoirs, des allées piétonnes, des aires de jeux, etc., permet à la fois de répondre à l'enjeu d'îlot de chaleur urbain (augmentation de l'albédo, évapotranspiration des végétaux) et de gestion des eaux pluviales (limitation des inondations et recharge des nappes d'eau souterraine). La remise en pleine terre est à privilégier, mais lorsque cela n'est pas possible, des revêtements perméables peuvent être utilisés (**pavés et dalles engazonnées**, par exemples).



Parking végétalisé à Metz-Borny. ©AGURAM

Les plans d'eau permettent de créer des **microclimats** et de rafraîchir l'air, dans un périmètre proche, grâce à l'évaporation qu'ils procurent. Les températures relevées à proximité du plan d'eau situé près de la promenade Hildegarde, à Metz, sont moins élevées que celles relevées au niveau de la Place au Lièvre, de jour comme de nuit (cf. les courbes des valeurs quotidiennes maximales et moyennes horaires de l'ICU, ci-avant).



Woippy plage. ©AGURAM

Cependant, **certaines surfaces d'eau de faible taille**, où l'eau est immobile, stockent de la chaleur et **réchauffent l'air durant la nuit** plutôt que de contribuer à son rafraîchissement⁷.

Les cours d'eau et leurs abords participent largement à la régulation thermique des villes et constituent un lieu de promenade en période estivale. **La remise à ciel ouvert des tronçons des cours d'eau enterrés** sur certains secteurs, permettrait de redonner une place au cycle naturel de l'eau, tout en valorisant l'effet rafraîchissement.

L'installation de **fontaines** dans les zones propices à la surchauffe permet de provoquer un effet brumisateur, dans un périmètre limité (quelques mètres). Elles sont particulièrement fréquentées lors des fortes chaleurs par les habitants des zones urbaines.



Square du Chanoine Martin à Metz. ©AGURAM

2.2.2. REDUCTION DU RISQUE D'INONDATION

La gestion alternative des eaux pluviales permet globalement de limiter le risque d'inondation (noues, désimperméabilisation, structures drainantes...). Ces exemples sont évoqués dans les paragraphes précédents.

Sur le territoire de l'Eurométropole de Metz, le **parc de la Seille** permet de réguler les eaux de la rivière éponyme. Le **lac Symphonie**, au Technopôle, et le **lac Ariane**, au nord de la Zone de la Grange-aux-Bois, ont été créés pour réguler les eaux du ruisseau de la Cheneau.



Lac Symphonie à Metz. ©AGURAM

⁷ (Revaud et al., 2015 ; Robitu, Musy, Groleau, & Inard, 2003 ; Steeneveld, Koopmans, Heusinkveld, Van Hove, & Holtslag, 2011).

Les **projets de restauration et de renaturation des cours d'eau** contribuent à limiter le risque d'inondation (exemples du ruisseau Saint-Pierre à Metz-Magny, du ruisseau de Vallières et du ruisseau de Bonne Fontaine aval).



*Renaturation du ruisseau La Ramotte à Augny.
©Républicain Lorrain*

La préservation des **zones humides** permet, en plus de faciliter la recharge des nappes souterraines, de retourner une partie des précipitations dans l'atmosphère par évapotranspiration. Un **inventaire « zones humides » est en cours de finalisation à l'échelle de la métropole**. Les zones humides effectives recensées dans le cadre de l'inventaire pourront être protégées dans le PLUi en cours d'élaboration.

Les **bassins de rétention** permettent le stockage de l'eau de pluie avant son rejet vers le milieu naturel ou le réseau d'assainissement.



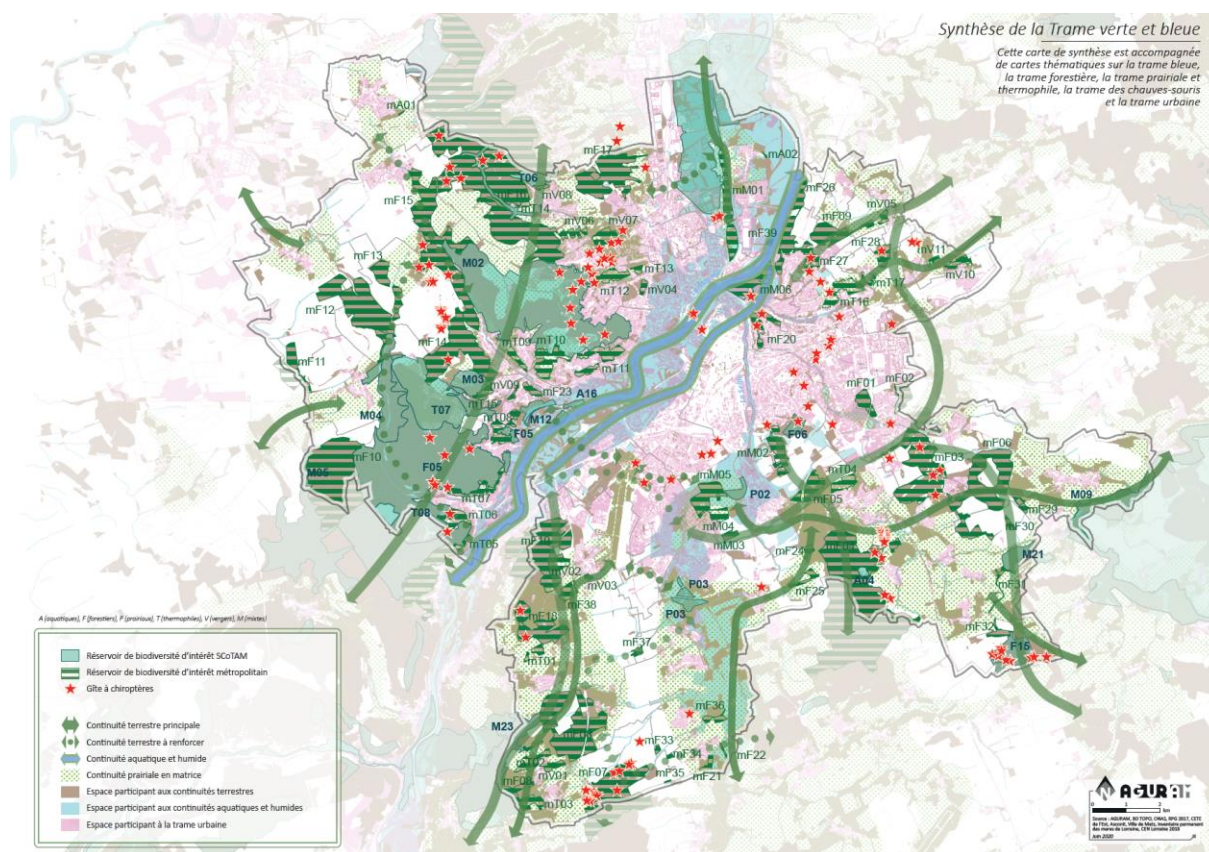
Bassins de rétention à Rouen

2.3. La trame verte et bleue

La **Trame verte et bleue (TVB)** est un **outil d'aménagement durable du territoire** qui apparaît comme une mesure efficace d'adaptation des villes au changement climatique. En effet, la TVB a pour objectif d'articuler de façon harmonieuse la préservation de la biodiversité et le développement des territoires. Elle apparaît ainsi comme une **planification écologique de la ville**, participant pleinement à la qualité du cadre de vie des habitants.

Instaurée par le Grenelle de l'Environnement, la Trame verte et bleue a pour objectif d'enrayer la perte de biodiversité, l'artificialisation et la fragmentation des territoires. Elle constitue un réseau d'espaces naturels qui se maintiennent grâce à leurs échanges, et permettent aux espèces animales et végétales de se déplacer, de s'alimenter, de se reproduire. La TVB est composée d'espaces naturels remarquables, dits **réservoirs de biodiversité**, mais également d'espaces naturels plus ordinaires (haies, petits boisements, mares, etc.), qui favorisent les connexions entre les sites, appelés **corridors écologiques**. Les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques forment ce qu'on appelle les **continuités écologiques**. Certaines infrastructures humaines (routes, bâtiments, clôtures...) nuisent à ces continuités écologiques et donc à l'accomplissement du cycle de vie de nombreuses espèces.

Plusieurs continuités écologiques sont identifiées à l'échelle de la métropole : des continuités forestières, thermophiles, aquatiques et prairiales.

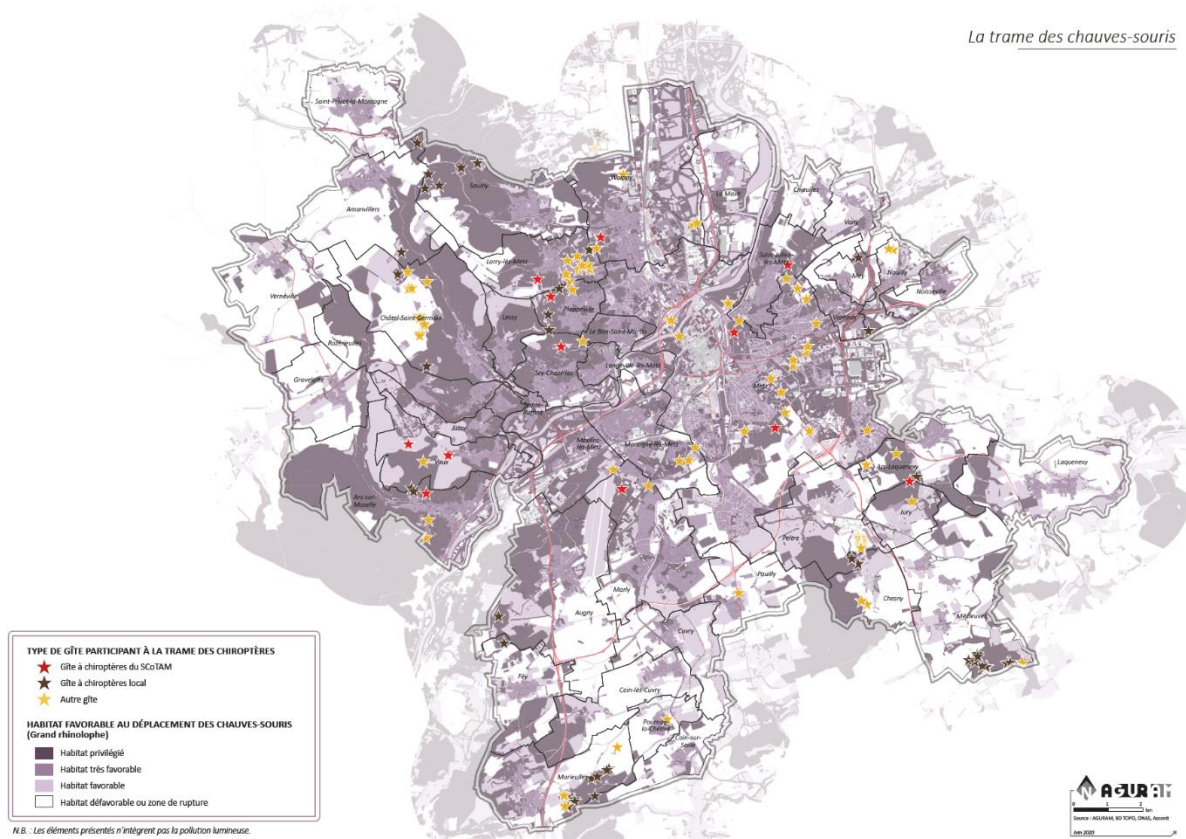


L'Eurométropole de Metz et le CEREMA mènent une étude intitulée « **étude opérationnelle de la fonctionnalité de la Trame Verte et Bleue de Metz Métropole et ses zones de conflit** ». L'objectif de cette étude est d'aboutir à un programme opérationnel de préservation et de restauration des continuités écologiques identifiées à l'échelle de la métropole. **Les zones à enjeux de revégétalisation** identifiées dans cette étude sont en concordance avec les zones d'îlots de chaleur urbains mis en avant dans le cadre de la thèse de Nassima Hassani.

Les espaces naturels qui composent la trame verte et bleue métropolitaine constituent des zones de fraîcheur, réduisent la pollution atmosphérique et favorisent la biodiversité. Si la préservation de ces espaces permet d'abaisser la température de l'air en périphérie des villes et des villages, il est toutefois nécessaire de **combiner cette ceinture verte et bleue à la création d'espaces verts dans les zones urbaines (sous-trame urbaine) denses pour agir sur l'ICU.**

En préservant et renforçant la trame verte et bleue métropolitaine, ce sont les espaces naturels ou semi-naturels qui abritent une biodiversité remarquable mais aussi ordinaire qui sont préservés. Ces espaces accueillent des espèces, comme les chiroptères ou les oiseaux, qui sont **des prédateurs naturels de certains insectes nuisibles (chauves-souris, oiseaux...).**

Le traitement par insecticide est source de pollution pour le milieu naturel. Les chiroptères rendent ce que l'on appelle un service « écosystémique ». En effet, il existe un **lien temporel entre l'activité des chiroptères et celle de la chenille processionnaire du chêne.** L'activité de chasse des chiroptères est maximale au début de l'été (période de nourrissage des jeunes), qui correspond également à la saison de vol des processionnaires, et en début de nuit, période où émergent les papillons. Ce renforcement de l'activité de prédation par les chauves-souris se traduit par une réduction du potentiel de reproduction des populations de processionnaires et donc à une **diminution significative des infestations l'année suivante**⁸. En préservant la **trame des chiroptères** par des mesures de protection des habitats de chasse et de reproduction des chauves-souris, c'est également le cadre de vie des habitants qui est amélioré.



⁸ Yohan Charbonnier, Luc Barbaro, Amandine Theillout, Hervé Jactel (INRA, UMR BIOGECO). Prédation de la processionnaire du pin par les chauves-souris forestières.

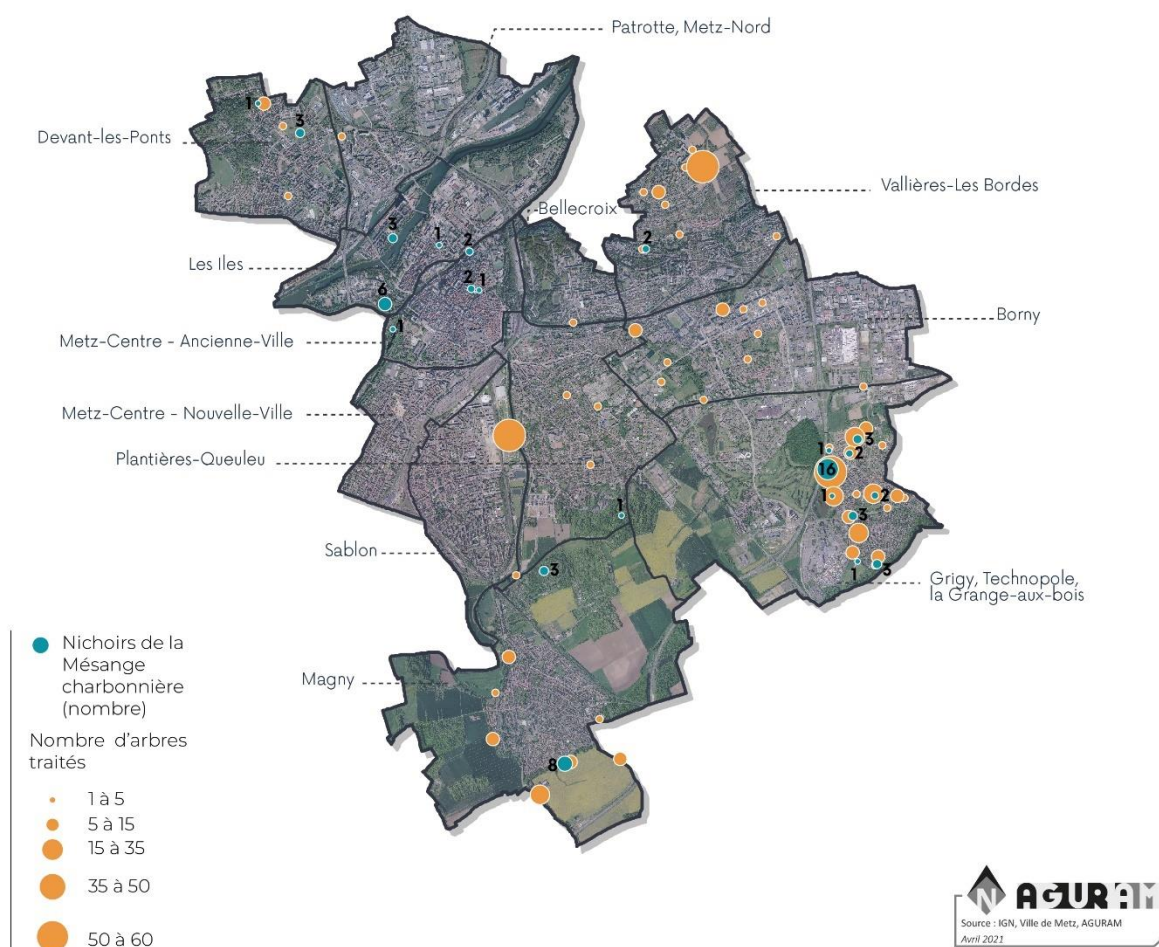
La mésange charbonnière est également un prédateur naturel de la chenille processionnaire du chêne. Une famille de mésanges peut consommer **jusqu'à 500 chenilles par jour**. La **pose de nichoirs** à Mésange charbonnière **près des zones infestées** permet de pérenniser sa présence sur le site et éviter la pullulation des chenilles urticantes. La pose de nichoirs peut également, en complément d'autres moyens de lutte, être effectuée **de manière préventive** sur les chênes des parcs ou encore dans les jardins des particuliers.

La pose de **nichoirs à mésange charbonnière**, comme mesure de **lutte biologique**, est notamment utilisée par la Ville de Metz sur certains secteurs où la chenille processionnaire du chêne est particulièrement présente. C'est notamment le cas sur le quartier de la Grange-aux-Bois, où 240 arbres ont été traités contre les chenilles urticantes en 2020.

La charte de l'arbre joue également un rôle dans le renforcement de la TVB, notamment de la sous-trame urbaine, mais aussi dans la qualité du cadre de vie des habitants. En effet, il s'agit d'un outil pédagogique visant à encourager la protection du patrimoine arboré : incitation à la plantation, meilleure gestion, etc.

PCAET DE METZ MÉTROPOLE / ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ

Présence de la chenille processionnaire du chêne et nichoirs à Mésange charbonnière – zoom sur la Ville de Metz

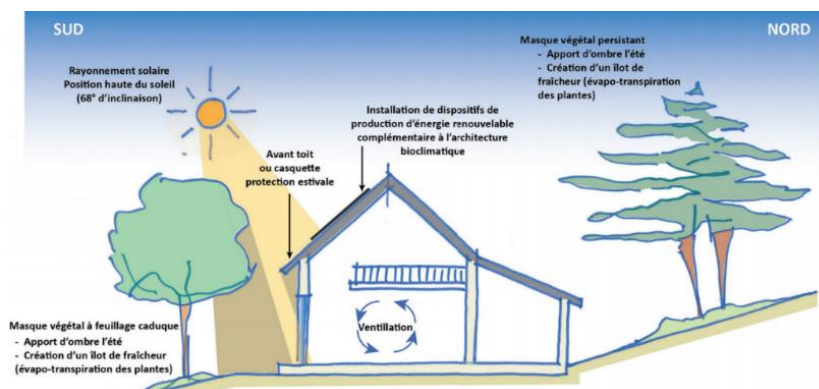


Le **changement climatique menace**, cependant, cet **équilibre de prédation naturel** et la relation proie/prédateur. En effet, la naissance des oisillons pourrait être avancée et ne plus correspondre au pic d'abondance des chenilles.

2.4. Les aménagements bioclimatiques

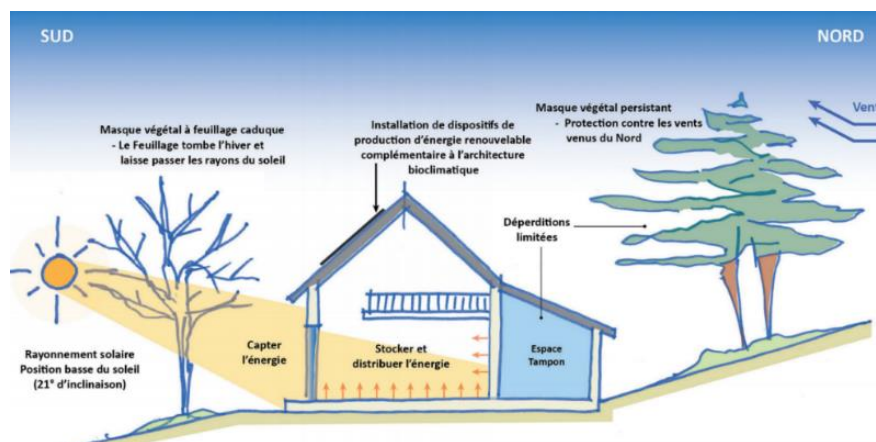
Les **aménagements bioclimatiques** s'inscrivent dans l'objectif de **limiter les dépenses énergétiques** tout en **améliorant le confort des bâtiments**. En effet, la **conception d'un bâtiment** influence grandement le confort thermique des habitants qui les occupent et la consommation d'énergie.

En été, il convient d'éviter que la chaleur ne pénètre dans le bâtiment. La **plantation d'arbres à feuillage caduque, au sud** du bâtiment, permet de créer de l'ombre et limiter le transfert de la chaleur dans les matériaux du bâtiment. L'installation d'un avant toit, côté sud, empêche également les rayons du soleil de pénétrer dans le bâtiment, lorsque la position du soleil est haute durant l'été. Au nord du bâtiment, la **plantation d'arbres à feuillage persistant**, permet également d'apporter de l'ombre en été.



*Principes de l'architecture bioclimatique en été
(OAP transversales du PLUi d'Angers)*

En hiver, les arbres à feuillage caduque perdent leurs feuilles, permettant ainsi à la lumière de traverser les fenêtres et, par conséquent, de réchauffer les pièces. Au nord, les arbres à feuillage persistant conservent leurs feuilles, permettant ainsi de protéger le bâtiment contre le vent.



*Principes de l'architecture bioclimatique en hiver
(OAP transversales du PLUi d'Angers)*

L'utilisation de **matériaux clairs**, qui emmagasinent moins la chaleur, ou encore de **peinture blanche sur les toits** qui réfléchit d'avantage les rayonnements du soleil, permet d'adapter les bâtiments au changement climatique.

2.5. Densification et nature en ville : un paradoxe ?

La densification des villes est indispensable pour **limiter les déplacements motorisés** (et donc les émissions de gaz à effet de serre et de polluants), pour éviter l'étalement urbain et répondre à l'objectif « **zéro artificialisation nette** » (ZAN) inscrit au plan biodiversité, présenté par le gouvernement à l'été 2018, et réaffirmé dans la loi Climat et résilience d'août 2021. Il est donc nécessaire de **densifier tout en préservant la nature en ville** qui participe au cadre de vie des habitants et à l'adaptation au changement climatique.

Pour cela, il est indispensable d'assurer **une articulation des politiques publiques en matière d'urbanisme, de logement, de mobilité, d'énergie et d'environnement**.

De nombreuses actions peuvent être mises en place pour conjuguer la densité et la qualité des formes urbaines :

- Créer des espaces publics multifonctionnels : jardin de pluie, espace de détente, jeux pour enfants, parcours de santé, voies cyclables ou piétonnes végétalisées, etc.
- Surélever certains bâtiments existants pour favoriser la création de logements en zones urbaines denses.
- Réduire les surfaces de parkings pour les voitures, les intégrer en sous-terrain ou les végétaliser.
- Rendre les maisons mitoyennes attractives : conservation des arbres existants, utilisation de matériaux biosourcés, organisation pour préserver l'intimité des habitants, etc.
- Cumuler les activités dans un même bâtiment.
- Lutter contre la vacance et rénover les logements situés à proximité des transports collectifs pour limiter l'étalement urbain.
- Etc.