
II. Diagnostic du PCAET

article R229-51 du code de l'environnement

Conformément aux exigences de l'article R229-51 alinéa I du code de l'Environnement

« Le diagnostic comprend :

*1° Une estimation des émissions territoriales de GES et de polluants
atmosphériques ;*

2° Une estimation de la séquestration nette de dioxyde de carbone ;

3° Une analyse de la consommation énergétique finale du territoire ;

*4° La présentation des réseaux de distribution et de transport d'électricité, de gaz et
de chaleur ;*

5° Un état de la production des énergies renouvelables sur le territoire ;

*6° Une analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets du changement
climatique. »*

Sommaire

A. Introduction	p.8
B. Vulnérabilité climatique de Paris	p.10
C. Bilan énergétique de Paris	p.29
D. Energies renouvelables et de récupération	p.36
E. Réseaux d'énergie	p.52
F. Emissions de GES et séquestration carbone	p.62
G. Polluants atmosphériques et qualité de l'air	p.77

A. Introduction

Liminaire

Le diagnostic du Plan Climat Air Énergie Territorial de la Ville de Paris répond aux exigences du code de l'environnement, article R229-51 alinéa I. Il résume les résultats de d'études menées sur le territoire par un ensemble d'organismes mandatés par la Ville ou réalisées en régie comme le bilan des émissions de gaz à effet de serre.

Le diagnostic est réalisé à l'échelle de Paris intra-muros et inclut les bois de Vincennes et de Boulogne.

L'objectif de ce diagnostic est de présenter les éléments structurants de la situation de la Ville de Paris sur plusieurs dimensions : robustesse et vulnérabilité au changement climatique, émissions de gaz à effet de serre, consommation d'énergie, production d'énergies renouvelables et de récupération, réseaux énergétiques et émissions de polluants aériens.

Au-delà d'un état des lieux, le diagnostic présente quels pourraient être les potentiels de réduction des consommations d'énergie et de développement des énergies renouvelables de manière à définir les priorités d'actions pour adapter le territoire et lutter contre le changement climatique.

Résumé du diagnostic

La Ville de Paris prend la mesure de l'ensemble des enjeux environnementaux auxquels elle fait face et déploie une politique volontariste de protection des habitants, du vivant et de son patrimoine.

En termes de vulnérabilité face aux aléas climatique, **Paris reste robuste mais doit se préparer à une augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas** tout particulièrement des vagues de chaleur et des inondations. Ces aléas impactent et impacteront d'avantage la vie des

Parisien.nes de deux manières. D'abord physique, via les perturbations d'accès aux ressources identifiées comme centrales au territoire (énergie, alimentation, eau, biodiversité, air) ainsi que des perturbations des systèmes sous-tendant l'activité humaine à Paris : réseaux énergétiques, hydriques, cadre urbain, activité économique et activité sanitaire. Ensuite politique, via les actions de la Ville en matière d'atténuation et d'adaptation que ces impacts physiques appellent.

En termes de bilan énergétique, la **consommation énergétique** de Paris hors transports routiers s'élève à 28,7 TWh en 2021, **marquant une baisse de 15% entre 2004 et 2021**. Elle comprend les consommations liées au tertiaire (52%), au résidentiel (43%) et à l'industrie (5%). Les consommations du secteur agricole très faibles sont incluses dans les activités tertiaires. Le transport routier représente quant à lui une consommation énergétique de 3,55 TWh en 2019 selon le ROSE, soit une baisse de 47% depuis 2004. La part **d'énergies renouvelables et de récupération (EnR²) consommée a elle presque doublé entre 2004 et 2021, atteignant 19,3%**.

La production locale d'EnR² est estimée à 2084 GWh en 2019, majoritairement tirée de cinq technologies de production et de récupération : la valorisation de déchets, l'hydrothermie, la géothermie, la récupération de chaleur et le solaire (PV ou thermique).

En termes de réseaux énergétiques, les quatre réseaux de chaleur, froid, électricité et gaz maillent Paris de plusieurs milliers de kilomètres de canalisations permettant une livraison d'énergie à la quasi-totalité des ménages. **Si les enjeux centraux des réseaux de chaleur et de froid sont la croissance** de leur kilométrage et de leur nombre de raccordement, **ceux des réseaux d'électricité et de gaz sont à l'entretien et la résilience** face aux aléas climatiques.

En termes de bilan de gaz à effet de serre, **l’empreinte carbone de Paris s’élève à 18,4 millions de tonnes d’équivalent CO2 (tCO2e) en 2021, en baisse de 35% par rapport à 2004.** Les postes principaux sont le transport aérien (fret et passager) (23%), l’alimentation (22%), le transport (hors aérien, fret et passager) (22%) et les consommations d’énergie dans le bâti résidentiel et tertiaire (21%) ; tous les secteurs connaissent une réduction.

En termes d’émissions de polluants aériens, **les émissions sur le territoire Parisien ont fortement baissé** sur les polluants les plus problématiques en termes de santé publique : baisse de 62% pour le NO₂ et de 54% pour les PM vis-à-vis de 2005. Seul l’ozone voit sa concentration augmenter ces dernières années, principalement sous l’effet de la hausse des températures

B. Vulnérabilité climatique de Paris¹

Synthèse de la vulnérabilité

Bien que globalement robuste face aux aléas climatiques, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques, à court et moyen terme (horizon 2050), pourrait engendrer des risques sanitaires, sociaux, ainsi que la dégradation du fonctionnement des activités économiques de la Ville de Paris. Ainsi, le dérèglement climatique transforme l'accès à 5 ressources identifiées comme essentielles à la vie (énergie, alimentation, eau, biodiversité, air) autant par ses conséquences géophysiques puis économiques que par les réponses d'atténuation et d'adaptation qu'ils appellent, au niveau Parisien comme mondial.

De plus, le dérèglement climatique a des conséquences combinées sur les 16 systèmes permettant à la Ville de fonctionner, rassemblés en cinq catégories : réseaux énergétiques, hydriques, cadre urbain, activité économique et activité sanitaire. Plus précisément, ces systèmes restent sensibles à l'évolution attendue du climat via deux vecteurs :

Les vagues de chaleur :

- L'urbanisation révèle une forte sensibilité à l'effet "îlot de chaleur urbain" (ICU), avec un gradient de vulnérabilité sud-nord lié à la densité de bâti et de population ;
- La faible qualité thermique et bioclimatique des bâtiments résidentiels et tertiaires cause un potentiel inconfort thermique estival ;
- Les transports en commun, peu climatisés / ventilés et souvent saturés, couplés à de longs temps de trajet pour beaucoup d'usagers causent un inconfort thermique estival certain ; de même, les infrastructures de transport restent sensibles aux fortes chaleurs,

causant des retards voire l'interruption du trafic ;

- L'approvisionnement énergétique est potentiellement vulnérable aux vagues de chaleur, avec des effets domino sur l'ensemble des réseaux en cas de défaillance. Cette vulnérabilité est renforcée par la dépendance du territoire à des sources de production externes, elles-mêmes vulnérables aux impacts du changement climatique.
- La population voit sa sensibilité aux fortes chaleurs s'accroître.
L'évolution des cycles de l'eau :
- Le réseau de transport imperméable ou souterrain est vulnérable aux inondations. Cette vulnérabilité est renforcée par la dépendance de la majorité des systèmes au système de transports (approvisionnement alimentation, services d'urgences, collecte des déchets...) ;
- Le réseau d'eaux usées unitaire est sensible au ruissellement pluvial important et aux inondations. Les débordements générés sont une source de pollution importante pour la Seine ;
- L'approvisionnement énergétique est similairement vulnérable aux risques d'inondation
- Le territoire, dense et minéral, pauvre en végétation et aux sols majoritairement imperméables, révèle une vulnérabilité aux épisodes de sécheresse qui peuvent causer des mouvements de terrain.

¹ L'ensemble de cette partie est extrait du diagnostic des vulnérabilités du territoire (sauf mention contraire), réalisé par le bureau d'études Ramboll et à consulter sur [Paris.fr](https://paris.fr)

Le climat actuel à Paris

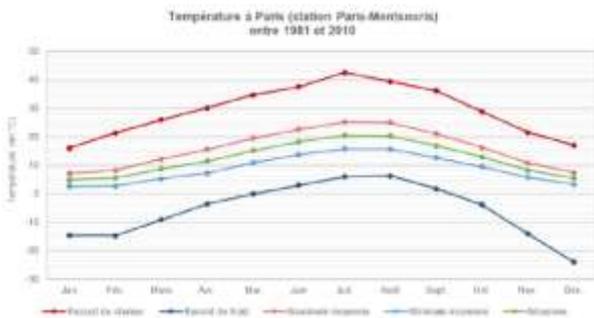
Le climat parisien est soumis à l’influence de deux zones distinctes climatiquement : l’Ouest de la France caractérisées par un climat océanique, à l’origine de masses d’air tempérées, et le Nord-Est de la France caractérisé par un climat continental à l’origine de masses d’air plus froides.

La pluviométrie est faible et régulière au travers de l’année, avec quelques épisodes de forte pluie souvent générés par des phénomènes orageux. Les écarts de température entre l’hiver et l’été sont plus importants que ceux du littoral. Les vents, influencés par le climat océanique, sont dominants de secteur sud-ouest.

La station météorologique de référence pour la mesure du climat local est celle de Paris-Montsouris, située dans le 14^e arrondissement. Cette station enregistre les paramètres météorologiques sans interruption depuis 1872. Les données utilisées intègrent ainsi les records des 150 dernières années.

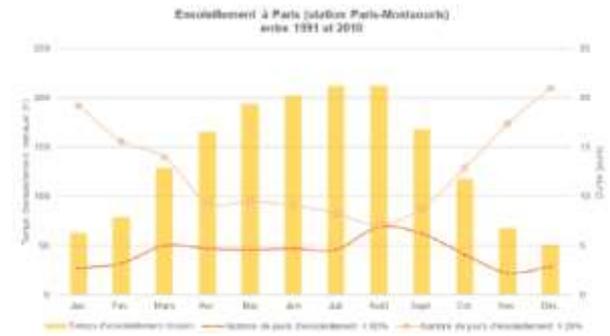
Températures

L’amplitude thermique journalière du territoire est faible (7,2°C), avec des températures relativement douces et des températures maximales estivales moyennes autour de 25°C. Des pics de chaleur peuvent atteindre 41°C en juillet.



Ensoleillement

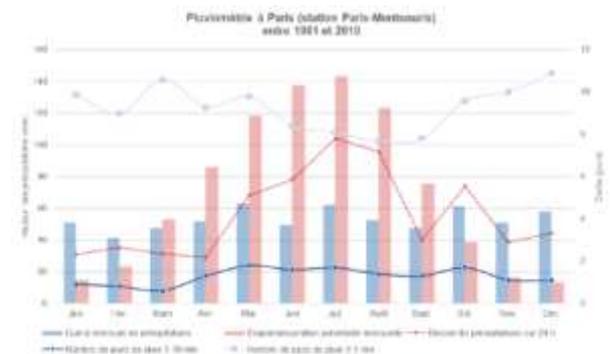
La durée annuelle moyenne d’insolation est de 1610,2 heures (1991-2010). Les périodes à fort potentiel solaire sont concentrées de mai à août. L’ensoleillement est nettement déficitaire durant les périodes hivernales.



Précipitations

Les jours de pluie sont répartis de manière régulière tout au long de l’année (111,1 jours de pluie par an), avec quelques épisodes de forte pluie concentrés de mai à octobre liés à des phénomènes orageux.

Des épisodes neigeux frappent régulièrement Paris, avec 11,9 jours de neige/an en moyenne.



Brouillard

Paris compte 8 jours de brouillard/an en moyenne sur la période 1981-2010. Ce phénomène est plus fréquemment observé dans la petite couronne de Paris, avec 19,3 jours/an.

Vents

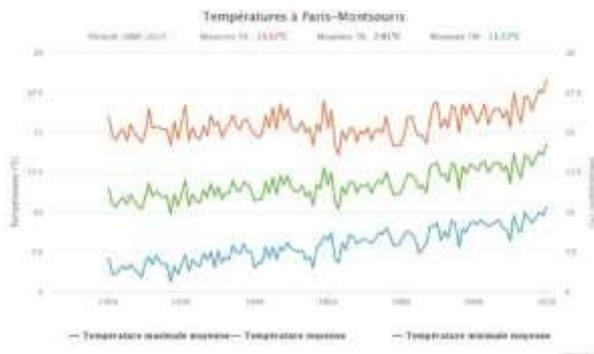
Des vents dominants de secteur sud-ouest issus du climat océanique et de secteur nord-est, moins fréquents et plus doux peuvent souffler sur Paris. Hormis événements exceptionnels, les vitesses maximales moyennes ne dépassent pas 34 m/s soit 122 km/h.

Les évolutions climatiques constatées

Les manifestations du changement climatique se font d'ores et déjà ressentir à Paris, à l'instar des épisodes de canicule des étés 2019 et 2020 ou encore des inondations causées par les fortes pluies (juin 2016) et qui provoquent un certain nombre de dégâts dans les caves ou le métro parisien.

Entre 1886 et 2021, les températures moyennes minimales et maximales ont augmenté à la station de Paris-Montsouris. **Paris s'est réchauffée de +2,3°C** depuis l'ère préindustrielle. Cette hausse engendre la diminution des précipitations neigeuses et des jours sans dégel et s'accompagne, malgré une forte variabilité interannuelle, d'une augmentation tendancielle de l'exposition aux épisodes caniculaires et d'une baisse de l'exposition aux épisodes de froids

Ces tendances moyennes présentent de fortes variabilités d'une année à l'autre, notamment relative à la fréquence et à l'intensité des événements climatiques.



L'avenir climatique à Paris – Paris s'adapte

Changements observables et évolutions à anticiper

Sans surprise, les périodes caniculaires vont être de plus en plus courantes dans les décennies à venir, et s'accompagneront d'une augmentation de l'intensité de certaines pluies et des inondations. A contrario, d'autres aléas vont s'atténuer: neige, verglas et grand froid. Ces constats Parisiens tiennent quels que soient les scénarios climatiques mondiaux retenus – ceux présentés dans cette

section sont tirés du scénario intermédiaire du GIEC, prévoyant +3,5°C en 2100 au niveau mondial, et d'une poursuite des tendances actuelles au niveau Parisien

Pluviométrie

Plus de pluies, concentrées sur des temps courts devraient tomber sur Paris – imageant à travers le temps la formule « WWDD » du GIEC utilisée pour les évolutions spatiales de la pluviométrie, en français « le sec devient plus sec, l'humide plus humide ».

La répartition saisonnière de ces évolutions montre que les automnes sont légèrement plus secs tandis que les autres saisons sont plus humides, notamment l'hiver, selon Météo France.



Ces épisodes de forte pluie peuvent augmenter l'amplitude des crues.



Les sécheresses devraient augmenter très légèrement en durée. Seule la trajectoire la plus pessimiste indique une tendance forte à l'augmentation de la durée des périodes de sécheresse en fin de siècle.

Températures

Le climat parisien s'est largement réchauffé sur le siècle dernier. La moyenne observée sur l'année 2010 est de 13°C quand elle était de 10,7°C sur l'année 1885. Cette hausse se poursuit et semble s'accroître dans les deux dernières décennies.

La durée des épisodes de fortes chaleurs et de canicules va continuer à augmenter dans le futur pour atteindre environ trois semaines de journées caniculaires en 2050 – cette augmentation sera plus fortement ressentie dans les zones urbaines, l'effet d'îlot de chaleur urbain étant sous-estimé dans les modèles climatiques (ici, ceux du GIEC).



A l'échelle annuelle, le différentiel nocturne entre Paris et la zone rurale environnante se situe entre +2° et 3°C (Météo-France, APC, 2013).

Les températures maximales ont peu évolué au cours de la première moitié du XXe siècle. Elles connaissent cependant une augmentation particulièrement forte sur les dernières décennies (+1,1°C entre les horizons 1985 et 2010).

Les moyennes annuelles de température continueront d'augmenter d'année en année.



Corollaire de l'augmentation des températures, la fréquence et l'intensité des épisodes de fortes chaleur et canicules vont s'élever dans le futur,

contribuant à un problème urbain critique, l'effet d'îlot de chaleur.

Les températures maximales vont continuer d'augmenter à tous les horizons temporels et quelles que soient les trajectoires (+2,8°C pour la trajectoire « émissions intermédiaires » à l'horizon 2085 par rapport à 1885).

De même, les périodes de gel se verront réduites : entre 2010 et 2085, nous passerions de 19,3 j à 14,3 j de gel annuel en moyenne.

Les évolutions climatiques au niveau mondial

Trois scénarios climatiques modélisés par le GIEC illustrent les différentes évolutions possibles à l'échelle mondiale (scénario volontariste, scénario intermédiaire, scénario « du pire »). Selon ces simulations, la température moyenne en 2100 augmenterait de +2°C (volontariste), +3,5°C (intermédiaire), et +5°C (du pire), comparé à 2020, où les fortes chaleurs sont déjà plus fréquentes.

Les indicateurs climatiques actuels montrent que les scénarios intermédiaires voire "du pire" deviennent les plus probables.

Les effets du changement climatique se mesurent déjà aujourd'hui, ils vont s'accroître et s'intensifier tout au long du XXIe siècle et atteindre des seuils critiques. Anticiper les potentiels impacts permettrait d'en réduire les coûts.



Vulnérabilité des ressources actuelles et futures

À Paris, certaines ressources comme l'air atmosphérique, l'énergie et l'alimentation sont de mieux en mieux préservées, notamment grâce à l'action municipale, bien que le territoire soit dépendant d'autres acteurs pour son approvisionnement dans les deux derniers cas. D'autres ressources sont davantage menacées : ainsi, la rapidité avec laquelle la biodiversité décline en fait un enjeu majeur pour les années à venir, tout comme l'eau qui risque de se retrouver sous tension avec des étés de plus en plus chauds et des besoins toujours plus importants. Or ces deux ressources sont des puissants leviers d'action pour s'adapter au réchauffement climatique : leur préservation est donc primordiale

Biodiversité, une situation alarmante et encore sous-estimée

Paris compte 27% d'espaces naturels ou sont recensées plus de 2800 espèces, majoritairement des insectes et des végétaux. Toutes sont soumises aux pollutions quotidiennes : air, sol, eau, pollution sonore et lumineuse.

Tout comme en Île-de-France, le déclin et l'homogénéisation de la biodiversité à Paris devraient se poursuivre dans les décennies à venir et ce malgré les efforts de reconquête de la nature. La 6^e extinction de masse en cours au niveau mondial et visible au niveau Parisien est majoritairement causée par des facteurs hors du périmètre municipal : si la Ville peut moduler le changement d'usage des sols Parisien, les pollutions locales et l'entrée d'espèces exotiques envahissantes, ces pressions sont majoritairement déterminées par les autres acteurs économiques sur le territoire, significativement plus fortes au niveau régional et nationale, et complétées par le changement climatique et la surexploitation de ressources, largement nationalisées et mondialisées.



Les pressions spécifiques à la biodiversité locale

S'ajoutant aux pressions mondiales, plusieurs pressions locales menacent l'intégrité de la biodiversité Parisienne : une taille réduite des espaces naturels et fragmentation des habitats empêchant les déplacements ; un manque de ressources alimentaires et de lieux de reproduction (surtout pour les insectes et oiseaux spécialistes) ; des pollutions variées : air, sol, eau, pollution sonore et lumineuse, qui favorisent les espèces généralistes et la rareté des espèces vulnérables ; les aléas canicule, renforcés par l'îlot de chaleur urbain, dégradent enfin le cadre de vie de la biodiversité parisienne, notamment via une sécheresse plus importante des sols, aggravées par la raréfaction de la ressource en eau, qui affecte aussi bien la flore, la faune, que la qualité des plans d'eau.

Ainsi la biodiversité parisienne est par nature fragile et limitée en termes d'abondance d'écosystèmes, d'espèces et d'individus, de stabilité de ces trois niveaux, et enfin de déplacements et d'interaction entre les espèces et individus.

L'eau, une ressource qui viendrait à manquer ?

Ressource stratégique, l'eau risque d'être soumise à de fortes tensions d'ici à la fin du siècle, autant de par la croissance de la consommation que par les effets du réchauffement climatique - avec davantage de sécheresses causant encore davantage de besoins, pour rafraîchir la ville ou pour l'agriculture régionale par exemple.

L'eau potable

La consommation d'eau potable stable et les sources d'approvisionnement variées assurent une eau de qualité et en quantité pour Paris. Cette eau est captée dans un rayon d'environ 150 kilomètres et distribuée par un solide réseau de distribution.

Certains scénarios climatiques extrêmes laissent entrevoir des coupures d'eau prolongées pour 5 millions d'abonnés, entreprises, ménages ou services publics. La Préfecture dispose d'un plan d'ultime secours en cas de stress très élevé sur l'approvisionnement permettant de prélever de l'eau dans la nappe profonde de l'Albien.

Ses enjeux sont hautement stratégiques: toute interruption de ce service public par excellence représenterait en effet un risque inédit pour la totalité de la population parisienne – qu'il vienne d'une défaut de la ressource en qualité ou quantité ou d'une rupture sur les réseaux électriques impacterait les sites de production et de traitement - mais pas l'acheminement de l'eau, dépendant de la fonction gravitaire des 470 kilomètres d'aqueducs, ni des réservoirs, qui grâce à plus d'un million de mètres cubes stockés offrent deux jours d'autonomie en eau à Paris.

L'eau non potable

1 700 kilomètres de canalisations acheminant une eau non potable nécessaire au nettoyage des espaces publics, l'arrosage de ses espaces verts, ou sert encore à alimenter les bois et rivières des Bois de Boulogne et de Vincennes.

En cas de sécheresse, il est le premier à faire l'objet de restrictions d'usage. En cas d'inondation, 90% des canalisations seraient très rapidement inondables. Une éventuelle défaillance du réseau de pompage tarirait immanquablement cet apport d'eau. Or, cette eau est un facteur de résilience pour Paris, notamment en termes d'arrosage des espaces

verts permettant le rafraîchissement du territoire. Un plan directeur du réseau et des investissements annuels conséquents visent à sécuriser ce réseau.

L'avenir de l'eau de Paris

On estime qu'une augmentation annuelle de +2% de l'eau consommée sera nécessaire pour répondre aux divers usages : eau potable, propreté, assainissement, loisirs, réseaux de froid et de chaleur, soutien aux écosystèmes, lacs et rivières.

Or, les projections climatiques indiquent que les nappes phréatiques et les débits d'eau devraient baisser d'ici à la fin du siècle : la tension sur la ressource va donc croître significativement, appelant une politique de sobriété forte de la Ville.



L'assainissement

2 600 kilomètres d'égouts et 133 stations de gestion locale (usines, déversoirs d'orage, maillages, sites de mesures) collectent les eaux usées vers des stations d'épuration extra-muros. Or, 20 % de ces dernières représentant 85 % des capacités, sont localisées en zone inondable.

Les épisodes de forte pluie, ainsi qu'un phénomène de crue centennale, peuvent entraîner la saturation de ce réseau unitaire, s'accompagnant de rejets polluants directs dans la Seine et de débordements, par exemple, au niveau des bouches d'égout. Ainsi, depuis 2018, le plan "ParisPluie" vise à optimiser la gestion des

eaux pluviales à travers la désimperméabilisation des sols parisiens.

VULNÉRABILITÉ DES RÉSEAUX D'EAU PAR RAPPORT AUX RESSOURCES ET AUX ALÉAS				
		EAU POTABLE	EAUX PLUVIALES	EAU NON-POTABLE
Aléas	Canicule	🔴 ↗	🟡 ↗	🟡 ↗
	Inondation	🔴 ↗	🔴 ↗	🟡 ↗
	Sécheresse	🟡 ↗	🟡 ↗	🟡 ↗
	Température moyenne	🟡 ↗	🟡 ↗	🟡 ↗
	Fortes pluies	🟡 ↗	🔴 ↗	🟡 ↗
	Mouvement de terrain	🟡 ↗	🟡 ↗	🟡 ↗
	Tempête	🟡 ↗	🟡 ↘	🟡 ↗
	Pluviométrie*	🟡 ↗	-	🟡 ↗
	Grand froid	🟡 ↘	🟡 ↘	🟡 ↘
	Chutes de neige et verglas	🟡 →	🟡 ↗	🟢 ↘
Ressources	Eau (incluant sécheresses hydrologiques)	🟡 ↘	🟡 ↗	🔴 ↗
	Biodiversité	🟡 ↗	🟡 ↗	🟡 ↗
	Énergie	🟡 ↗	🟡 ↘	🟡 ↘
	Air	-	-	-
	Alimentation	-	-	-

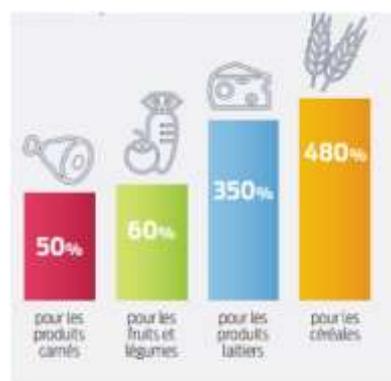
Risque fort 🔴 Risque modéré 🟡 Risque faible 🟢
 * Le risque n'est pas nul, il a été étudié dans le cadre de la ressource en eau.

Évolution du risque à 2050 en hausse ↗ stable → en baisse ↘

L'alimentation : la dépendance alimentaire de Paris face aux effets du changement climatique

Si la France est de loin la première puissance agricole européenne en valeur, elle exporte une part conséquente (86%) de sa production en 2021, et en importe davantage : son autonomie alimentaire théorique est donc fortement inférieure à son autonomie actuelle.

Aussi, le bassin francilien permettrait une autonomie théorique de Paris sur les céréales et les produits laitiers, mais pas sur les fruits, légumes et produits carnés.



Capacités de production alimentaire autour de Paris (Stratégie pour une alimentation durable, 2018)

La dépendance alimentaire du territoire

Traditionnellement tourné vers sa région, l'internationalisation des échanges a éloigné peu à peu Paris de son bassin d'attachement. Actuellement, 70% des denrées consommées viennent de France.

Aujourd'hui, les ressources agricoles subissent de nombreuses pressions : compétitivité sur le marché international, effondrement de la biodiversité, tensions énergétiques, raréfaction de la ressource en eau. La Ville de Paris tente de

remettre en cause son modèle à travers le développement d'une vision stratégique à 2030.

La sensibilité des cultures au changement climatique

Le secteur de l'agriculture est cité parmi les secteurs les plus durement touchés par les dérèglements climatiques à l'horizon 2050. Les effets seront majoritairement négatifs avec notamment :

- Une stagnation des rendements
- Une baisse de la qualité nutritive des aliments
- Une modification de la phénologie de cultures pérennes
- Des bio agresseurs et pathogènes avec des vrais risques sur la sécurité alimentaire
- Des sécheresses agricoles plus fréquentes et sévères altérant le potentiel de production agricole
- Un besoin accru d'irrigation alors même que les ressources hydriques seront plus rares

La stratégie de Paris pour une alimentation durable 2018

Cette stratégie d'alimentation durable vise à découpler son impact des effets attendus sur la ressource en favorisant l'autonomie alimentaire via la préservation des terres, la résilience des ressources, la diversification des modes d'approvisionnement ou la réduction de la consommation de produits animaux.

L'air : une qualité dégradée en voie d'amélioration

La qualité de l'air à Paris est un enjeu de premier ordre au regard de ses impacts multiples sur la santé humaine et les écosystèmes. Celle-ci n'a cessé de se dégrader depuis l'ère industrielle pour atteindre des niveaux de pollution urbaine préoccupants. Parmi les principaux polluants en Ile-de-France qui posent un problème on note : le dioxyde d'azote (NO₂), les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}), l'ozone (O₃) et le benzène (C₆H₆).

Depuis 10 ans, la qualité de l'air tend à s'améliorer même si certains polluants sont à des concentrations plus élevées que la réglementation en vigueur. L'ozone fait également exception à la règle, avec une pollution de fond résistante et des pics à la hausse, en dépit de la lutte contre ses précurseurs.

Sous un climat plus chaud de 2°C, les concentrations à l'ozone augmenteraient en France et en Europe, principalement sous l'effet de l'augmentation des concentrations au niveau planétaire. Cet accroissement serait contrebalancé par l'effet des mesures réglementaires. En revanche pour un climat à +3°C, les mesures s'avèreraient insuffisantes avec une augmentation d'environ 8% à l'échelle européenne. La situation resterait satisfaisante pour la France mais s'aggraverait largement en Europe de l'Est. La pollution et les pics aux particules fines continueront eux de décroître.

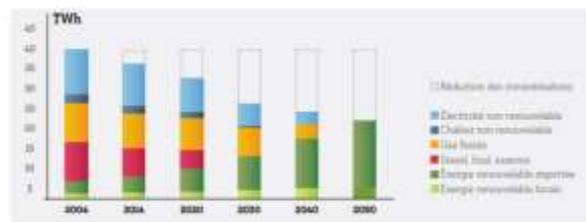
L'énergie : un mix énergétique parisien dépendant des énergies fossiles et des réseaux globalement résilients

Aujourd'hui le mix énergétique parisien reste encore largement dépendant des énergies fossiles et est produit hors territoire : 93% de l'énergie consommée à Paris est importée. Le mix énergétique est ainsi peu dépendant du climat en ce qui concerne la disponibilité, les énergies fossiles n'ayant pas un caractère intermittent à l'instar du solaire ou de l'éolien par exemple : en 2021, 42% de l'énergie utilisée à Paris est de l'électricité, ressource comparativement robuste face aux aléas climatiques par la diversité des modes de production, notamment en France – modulo l'enjeu sur la disponibilité de l'eau pour le secteur du nucléaire.

Les évolutions du mix énergétique attendues

Selon un scénario de l'Agence internationale de l'Énergie, si toutes les voies économiquement viables pour améliorer l'efficacité sont poursuivies, la demande globale d'énergie en 2040 pourrait être au niveau actuel. La demande globale d'électricité pourrait augmenter de 57% d'ici à 2050. La demande de charbon et de pétrole devrait reculer ; la part des énergies renouvelables (y compris biomasse et hydraulique) pourrait atteindre 40 % en 2040 contre 25 % en 2017.

Face à la raréfaction possible des ressources en énergie, Paris dispose d'une vision stratégique de son avenir énergétique à 2050 basé sur la sobriété, le 100% renouvelable et la diversification locale et régionale des sources d'approvisionnement. Le changement climatique exercera néanmoins une pression croissante sur le secteur.



Trajectoire d'évolution de l'approvisionnement énergétique de Paris de 2004 à 2050 (PCAET 2018)

Les risques climatiques pesant sur les réseaux énergétiques

Globalement robuste aux aléas climatiques, certaines vulnérabilités des réseaux énergétiques peuvent entraîner des dommages importants sur l'alimentation énergétique par effet domino : une coupure à grande échelle d'un réseau électrique (par exemple suite à une inondation) pourrait entraîner la perturbation, voire la coupure, de la quasi-totalité des autres systèmes: transports publics, télécommunications, gestion des déchets... La résilience de chaque réseau est ainsi primordiale.

Concernant le réseau électrique, les 10000 kilomètres de câbles étant enterrés, Paris affiche une forte résistance à plusieurs aléas climatiques. Cependant, quelques éléments en surface, comme les postes sources et boîtes de jonction, présentent un risque fort face à l'évolution des températures moyennes, aux inondations, aux épisodes de grand froid, aux tempêtes, aux canicules... Plus de 230000 usagers Parisien.ne.s ont par exemple fait l'expérience d'une panne d'électricité momentanée lors de la canicule de 2003, causée par le pic de demande occasionné notamment par les climatiseurs et groupes de froids, entraînant et la défaillance de boîtiers de jonction. De même que pour le réseau d'eau potable, la Préfecture de Police envisage dans certains exercices de crise des coupures d'électricité pour 1,5 million d'utilisateurs.

Concernant les réseaux de chaleur et de froid, le premier est dépendant de la Seine dans la mesure où il transporte de la vapeur d'eau : l'ensemble du système peut être impacté en cas d'inondations. La crue de 2016 a, par exemple, privé 10 000 logements d'eau chaude sanitaire. Dans le scénario extrême d'une crue centennale, la rupture de certains maillons essentiels du réseau pourrait provoquer la coupure de l'ensemble du réseau de chaleur parisien par sécurité. Plusieurs dispositifs techniques et investissements permettent cependant de réduire ces risques.

Le réseau de froid est également dépendant de la Seine. Des risques de coupures apparaissent ainsi si l'eau vient à manquer, ou si le fleuve est trop chaud ou trop bas pour y rejeter les eaux chaudes des sites de production.

Les épisodes caniculaires, durant lesquels le réseau est par définition le plus sollicité, sont également susceptibles de mettre à mal les générateurs de froid.

Le réseau de gaz, enfin, est très majoritairement enterrés et ne subit qu'à la marge les principaux aléas climatiques: tempêtes, fortes pluies, chutes de neige, évolution des températures moyennes.

VULNÉRABILITÉ DES RÉSEAUX ÉNERGÉTIQUES PAR RAPPORT AUX RESSOURCES ET AUX ALÉAS					
		ÉLECTRICITÉ	RÉSEAU DE GAZ	CHALEUR	FROID
Aléas	Canicule	● ↗	● ↗	● ↗	● ↗
	Inondation	● ↗	● ↗	● ↗	● ↗
	Sécheresse des sols*	-	-	-	-
	Température moyenne	● ↗	● ↗	● ↗	● ↗
	Fortes pluies	● ↗	● ↗	● ↗	● ↗
	Mouvement de terrain	● ↗	● ↗	● ↗	● ↗
	Tempête	● ↗	● ↘	● ↗	● ↗
	Pluviométrie*	-	-	-	-
	Grand froid	● ↘	● ↘	● ↘	● ↘
	Chutes de neige et verglas	● ↘	● ↘	● ↘	● ↘
Ressources	Eau (incluant sécheresses hydrologiques)	● ↗	● →	● ↗	● ↗
	Biodiversité	-	-	-	-
	Énergie	● ↗	● ↘	● ↘	● ↘
	Air	-	-	-	-
	Alimentation	-	-	-	-

Risque fort ● Risque modéré ● Risque faible ●

Évolution du risque à 2050 en hausse ↗ stable → en baisse ↘

* Le risque n'est pas nul, il a été étudié dans le cadre de la ressource en eau.

Vulnérabilité urbaine

La ville en surchauffe

Les épisodes de chaleur intense rendent la vie urbaine inconfortable dans les logements, les transports en commun ainsi que dans les rues parisiennes : ils sont particulièrement intenses sur le territoire Parisien via l'effet d'îlot de chaleur urbain causé par son haut taux de sols imperméabilisés et non végétalisés (environ 83% intramuros hors bois) et sa forte densité.

Les îlots de chaleur urbain (ICU)

Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) découle de l'accumulation de chaleur produite dans la journée en l'absence de végétation qui empêche le rafraîchissement naturel. Il génère des nuisances sur la santé des populations en été, en accentuant l'effet de l'aléa canicule ainsi que sur le fonctionnement de la Ville en provoquant la dégradation matérielle de divers équipements (transport, électricité...) et dans une moindre mesure sur l'évolution de la faune et de la flore.

Les espaces où se concentrent les plus grands volumes bâtis rayonnent plus de chaleur.

Inversement, les espaces où se concentrent eau et grands volumes végétalisés présentent un rayonnement beaucoup plus faible (tableau et carte suivants). À titre d'exemple, pendant la canicule de 2003, il faisait jusqu'à 10°C plus frais dans le bois de Vincennes qu'au cœur de Paris.

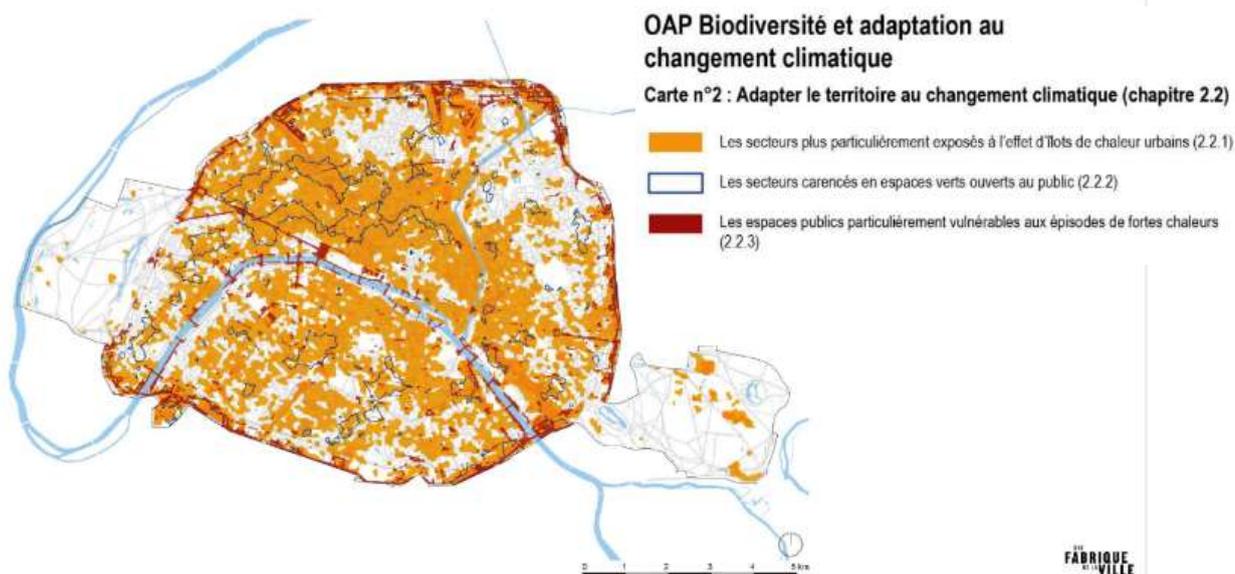
Le phénomène climatique d'îlot de chaleur urbain (ICU) se produit localement et temporairement dans les villes en situation anticyclonique, avec des vents faibles et un ciel dégagé. L'ICU se caractérise par des nuits durant lesquelles la température nocturne est élevée ($\geq 20^{\circ}\text{C}$). L'écart de température entre la ville et la campagne environnante mesuré lors des nuits de canicules peut atteindre 8 à 10°C.

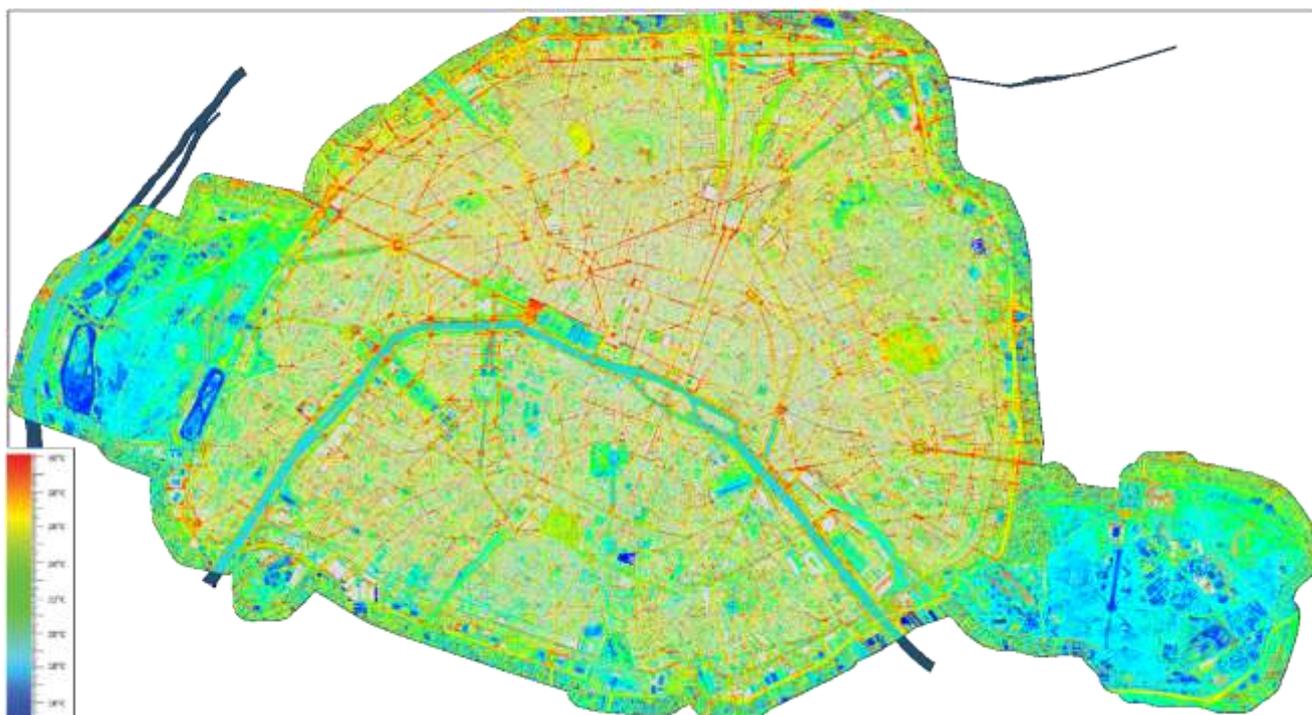
Ces épisodes sont particulièrement fréquents en été et renforcent les effets sanitaires de la canicule. Ils peuvent être observés en hiver, où les mouvements atmosphériques qu'ils provoquent concentrent les pollutions urbaines au-dessus de la ville.

	Caractéristiques	Occupation du sol	températures	Variations de températures
Tissu haussmannien dense (9e)	espaces publics et privés non végétalisés	5% de végétalisation	26,7 °C en moyenne, maximale de 27,9 °C minimale de 25,6°C	très faibles
Tissu d'immeubles Hbm (13e)	immeubles de logements type HBM, vastes cours intérieures généralement assez minérales	16 % de végétalisation	26,5 °C en moyenne, maximale de 32 °C, minimale de 24,7 °C	assez fortes
Tissu de maisons individuelles (20e)	maisons individuelles, qui laissent une large place à une végétation diffuse	30 % de végétation, 30% de bâti et 38% d'imperméabilisation	25,2 °C en moyenne, maximale de 26 °C, minimale de 23,3 °C	assez fortes
Tissu d'îlots ouverts (20e)	ouvert et traversé d'espaces verts	28 % de végétation, 38 % de bâti, 33 % d'imperméabilisation	24,2 °C en moyenne, maximale de 25,9°C, minimale de 22,8 °C	assez faibles

Les tissus de maisons individuelles apparaissent relativement performants sur le plan de l'îlot de chaleur urbain. Les tissus d'îlots ouverts présentent, quant à eux, la meilleure performance au regard de l'ICU. Les tissus d'immeubles compacts, largement majoritaires à Paris, présentent une faible performance face à l'ICU : la chaleur s'y accumule fortement. Cette

morphologie urbaine explique la thermographie du territoire parisien : quand les avenues oscillent autour des 30°C dès le matin en été et que la majorité des rues et des habitations ont une température d'environ 20-25°C, les bois représentant des îlots de fraîcheur pouvant atteindre 15°C.





Thermographie infrarouge prise par satellite en août 2016 à 6h du matin Cartographie APUR : (In Atlas de l'espace public parisien, 2017)).

La vulnérabilité de l'habitat : l'inconfort thermique

Paris s'est façonnée en des siècles d'urbanisme, présentant un bâti ancien mal isolé. En 2018, 567 000 résidences principales présentent un diagnostic de performance énergétique (DPE) classé E, F ou G. Cela représente plus de la moitié (54%) du parc parisien de résidences principales. Parmi celles-ci, 326 000 sont même classées F ou G, catégories assimilées aux « passoires thermiques ».

Jusqu'au tournant des années 2000, le bâti Parisien souffrait d'une trop faible prise en considération du confort thermique, notamment à cause de réglementations nationales peu exigeantes et de considérations esthétiques et patrimoniales. En conséquence, une grande part du bâti parisien est inadapté aux fortes chaleurs comme aux froids mordants. On estime ainsi qu'environ 100 000 ménages Parisiens souffrent de précarité énergétique, soit ressentant le froid ou la chaleur, ayant un taux d'effort supérieur à 8% et se trouvant dans les 3 derniers déciles en termes de revenu. Cela représente environ 10% de la population Parisienne, un taux inférieur au taux de précaire énergétique en France (12% en 2021 selon l'ONPE), notamment dû au niveau de vie en moyenne plus élevé des Parisiens.

La vulnérabilité des espaces verts

Le système « parcs, jardins, bois et cimetières » de la Ville de Paris regroupe plus de 500 parcs et jardins de la ville et 1 840 hectares de bois dispatchés entre les bois de Boulogne et les bois de Vincennes. Ces espaces verts subissent plusieurs impacts liés au changement climatique : la raréfaction de la ressource en eau peut dégrader la qualité des plans d'eau et impacter la faune et la flore, de même que la sécheresse des sols ; l'élévation des températures y favorise l'apparition d'espèces exotiques envahissantes posant de potentiels risques de santé publique.

La vulnérabilité des mobilités

Paris est un nœud dense de transports et infrastructures ferroviaires, routières ou fluviales. Huit millions de déplacements sont ainsi enregistrés chaque jour, dont 88 % par les Parisiens, avec une baisse tendancielle de la part de la circulation automobile.

Les canicules peuvent perturber fortement les déplacements jusqu'au blocage des flux. (inconfort thermique, dommages d'éléments techniques).

Une inondation peut interrompre localement des flux de transport et provoquer rapidement des répercussions en cascade sur l'ensemble du réseau.

La vulnérabilité des communications

On trouve sur le territoire Parisien 2 100 antennes, dont 500 antennes 5G récemment implantées et autorisées par l'ARCEP. Paris compte également 10 datacenters sur son territoire, pour une surface cumulée de plus de 20 000 m².

La canicule pose le plus grand risque pour les télécommunications, qui peuvent s'avérer vitales en situation d'urgence : l'électronique des antennes, très généralement installées en toiture, et celle des datacenters est sensible aux hautes températures. Plusieurs pistes sont envisageables afin de renforcer les télécommunications face aux nouveaux aléas climatiques, essentiellement centrées autour de la résilience des réseaux électriques approvisionnant le système de télécommunication.

De plus, ce système est sensible aux inondations qui pourraient notamment être causées par des crues de la Seine.

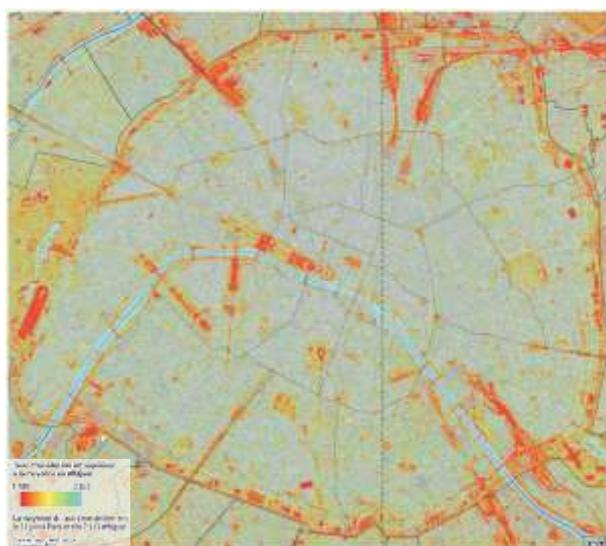
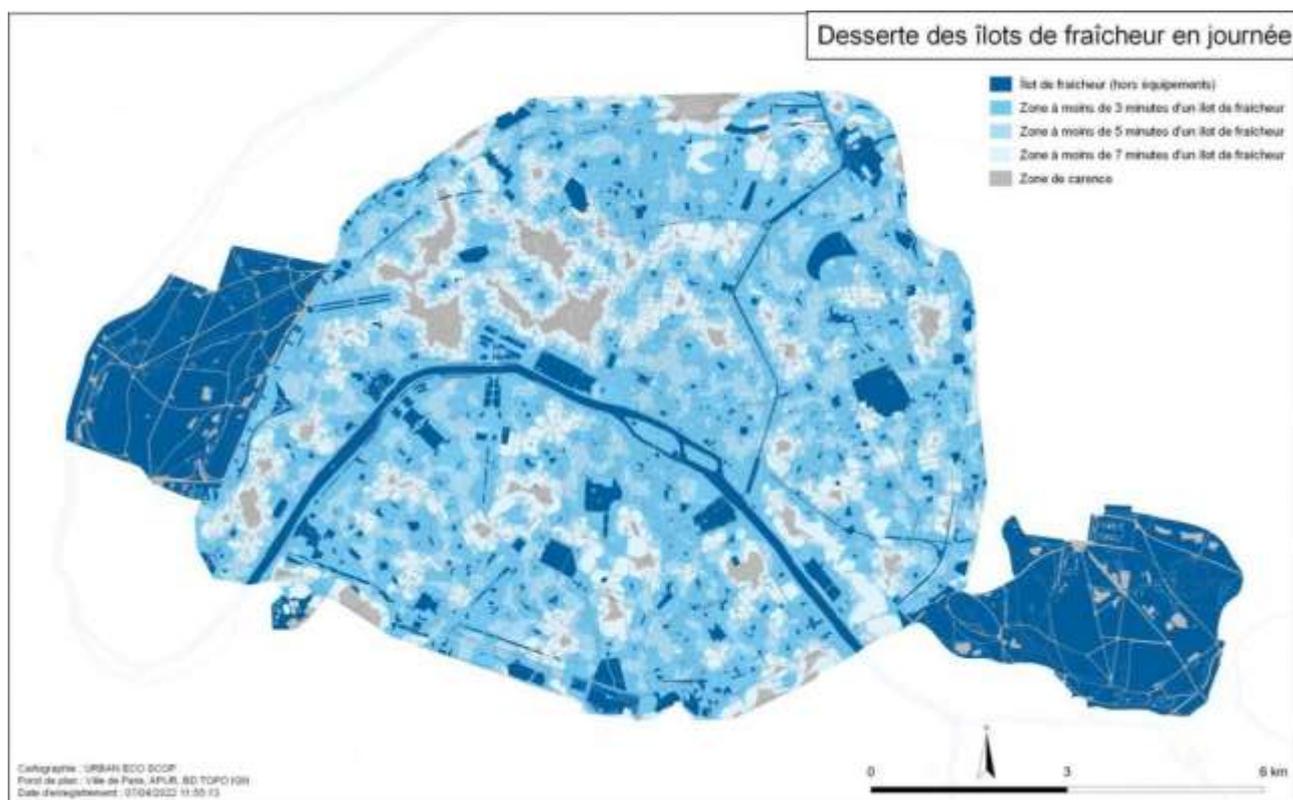
Une réponse : Les îlots de fraîcheur parisiens

Selon l'étude « Parcours et îlots de fraîcheur à Paris » de l'APUR (juillet 2018), les grands espaces arborés et emprises plantées contribuent à limiter localement les effets des îlots de chaleur urbains. Un programme lancé à Paris dès 2016 pour multiplier les îlots de fraîcheurs a déjà atteint sa première cible de +300 îlots fixés par le Plan Climat de 2018. On compte, désormais, 1 307 îlots de fraîcheur à Paris en 2022, dont la majorité est actuellement fermée la nuit.

La majorité des îlots de fraîcheur sont des espaces végétalisés : parcs, squares, bois, jardins, mais également des cimetières. Ainsi, 500 parcs et jardins, 1 840 hectares de bois et 20 cimetières gérés par la Ville de Paris offrent des espaces de résilience à la hausse des températures estivales.

La Seine et ses abords proches - dans une limite de 100m - et les canaux constituent également d'importantes zones de rafraîchissement lors des épisodes de canicule.

De même, les carrières et catacombes peuvent accueillir des installations de rafraîchissement, tels que des puits canadiens. Pour rafraîchir Paris, 170 000 plantations d'arbres sont prévues d'ici à 2026, l'ombrage d'un arbre apportant une baisse de température de -4°C.



Cartographie APUR : Les espaces publics plus ensoleillés que la moyenne au 21 juin (In Atlas de l'espace public parisien, 2017)

Enfin, depuis l'été 2022, la Ville de Paris a mis en place des ombrières artificielles dans des espaces déficitaires afin d'offrir des espaces rafraîchis là où la plantation d'arbres est impossible.

Les établissements ouverts au public naturellement frais ou rafraîchis comme les musées, les bibliothèques, les galeries commerciales ou encore les églises peuvent également apporter des espaces de fraîcheur.



Ombrières sur la place du Bataillon du Pacifique

L'intensification des risques naturels

L'inondation

Le risque d'inondation, dont les dégâts possibles pourraient représenter plusieurs milliards d'euros, représente l'autre risque majeur, du fait notamment de la vulnérabilité de certains sites stratégiques, susceptibles d'entraîner des effets domino : hôpitaux, mairie, nœuds de transport, réseaux d'énergie...

Les systèmes de distribution d'eau peuvent être fortement affectés liés à la présence en zone inondable d'usines de production d'eau et d'usines d'épuration (voir le chapitre vulnérabilité des ressources actuelles et futures). Une interruption du service d'eau dû à L'endommagement des installations et à l'inaccessibilité des points d'eau est possible. Le réseau d'eau non potable est le plus vulnérable, en raison de son caractère non prioritaire face aux autres usages.

Aussi, la Ville de Paris met en œuvre la modernisation et la rénovation de ses systèmes de distribution d'eau et gestion des eaux pluviales, un plan de gestion de crise et de contrôle permanent du niveau de la Seine ainsi qu'un Plan de prévention du risque d'inondation (PPRI).

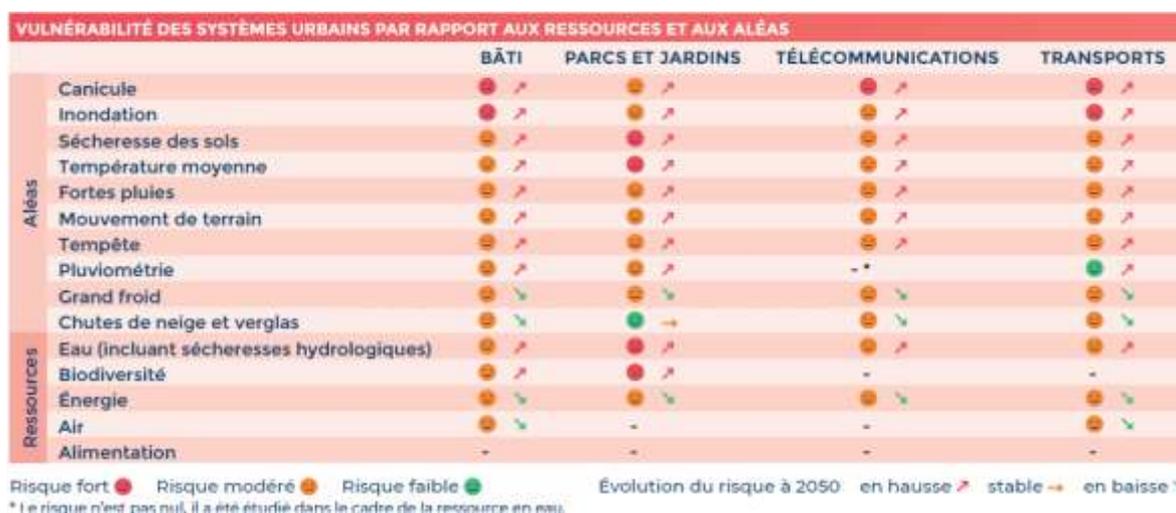
Les mouvements de terrain

Paris est soumise au risque de retrait-gonflement des argiles. Cet aléa est considéré aujourd'hui comme minoritaire avec seulement quelques zones de forte susceptibilité (notamment dans le bois de Boulogne). De plus, ces aléas ne semblent pas devoir connaître d'évolutions majeures en lien avec le changement climatique à Paris.

Des secteurs sont concernés par la présence d'anciennes carrières sous-terraines et de poches de gypse solubles pouvant induire des effondrements mais ils restent localisés.

Les tempêtes

Le nombre de tempêtes ayant affecté la région Île-de-France est très variable d'une année sur l'autre. Sur la période 1980-2018, on observe une tendance à la baisse significative du nombre de tempêtes affectant la région mais sans lien établi avec le changement climatique (Météo France).



Vulnérabilité socio-économique et du système de santé

Phénomènes caniculaires, inondations, émergence de nouveaux risques sanitaires, dégradation de la qualité de travail et de vie, perturbation des services publics, coût économique croissant des réparations post-crisis fragilisent le fonctionnement des activités parisiennes.

La productivité en repli

Les fortes chaleurs représentent un risque pour l'appareil productif en lien avec la baisse potentielle de productivité des travailleurs. Au niveau mondial, l'Organisation Internationale du Travail estime que d'ici 2030, plus de 2% du nombre total d'heures de travail dans le monde pourraient être perdues chaque année en raison des conséquences du changement climatique ; soit parce qu'il fait trop chaud pour travailler soit parce que le rythme de travail est plus lent. 1,2 milliard d'emplois, soit 40% de l'emploi mondial serait ainsi directement impacté par la crise climatique.

Le changement climatique touche également au porte-monnaie et à l'emploi des Parisiens. Le coût d'indemnisation des victimes de catastrophes climatiques qui peut se chiffrer en dizaine de millions d'euros par an, coût qui au niveau national est estimé problématique à assurer par le Haut Conseil pour le Climat dans son rapport annuel de 2023.

L'inflation des risques naturels majeurs

Les risques naturels existants à Paris sont principalement liés aux précipitations et aux inondations. La majorité des arrondissements de Paris est située en zones sensibles aux inondations par remontées de nappes.

La présence de gypse dans les sols du nord parisien présente également un enjeu de risques

de mouvement de terrain, sa dissolution pouvant être stimulée par de fortes pluies.

Coûts directs des dégradations

Depuis 1983, 16 arrêtés de catastrophes naturelles ont été déclarés à Paris. Depuis 1995, le montant des indemnités cumulées des événements climatiques indemnisés approche 100 M€ liés à 9 événements climatiques ayant frappé Paris (sept inondations et deux orages).

Selon les scénarios, les dégradations estimatives liées à une crue centennale dans Paris pourraient par exemple osciller entre 3 et 30 milliards d'euros.

Pertes économiques associées

L'ensemble du tissu économique parisien est exposé au risque d'inondation de façon directe et indirecte. En cas d'inondation, les activités économiques pourraient être perturbées durant un à deux mois. Avec les problèmes engendrés de déplacements, communication, stocks détruits..., des pertes directes de l'ordre de 60 M€ pourraient en découler. 430 000 emplois pourraient, ainsi, être menacés.

Le tourisme

Paris fait partie des trois destinations les plus prisées au monde et est régulièrement élue destination touristique la plus attractive au monde ; elle attire massivement les touristes étrangers comme français (42%).

Le système touristique, central à l'économie locale avec ses 395 000 emplois non délocalisables répartis dans des entreprises représentant 7% du PIB régional, ainsi que le

patrimoine culturel local apparaissent fortement à risque face aux changements climatiques et à la raréfaction des ressources.

En ce qui concerne le climat, le secteur est vulnérable face à l'augmentation des canicules et au risque d'inondation. Les canicules représentent un enjeu à la fois pour les touristes avec une forte altération du confort thermique et des risques sanitaires accrus mais aussi pour le bâti touristique et le patrimoine culturel. Les inondations par crue majeure représentent également un enjeu de taille avec des pertes économiques anticipées particulièrement importantes quand on inclut par ailleurs les atteintes au patrimoine culturel.

La raréfaction des ressources remet aussi potentiellement en cause le modèle économique du tourisme parisien : forte dépendance énergétique du tourisme aux marchés lointains, un patrimoine naturel source d'attractivité mais aussi fragile face au climat, un secteur fortement dépendant de la ressource en eau et en alimentation qui sera donc challengé face à des tensions possibles sur ces deux ressources.



Santé et système de santé



Les nouvelles menaces liées au réchauffement climatique sont particulièrement exacerbées pour les Parisien.ne.s : émergence de nouveaux risques sanitaires, dégradation de la qualité de vie, perturbation des services publics, coût économique croissant des réparations post-crisis... Elles peuvent aussi, dans une certaine mesure, fragiliser des services aussi vitaux que ceux de la santé.

La vulnérabilité des infrastructures de santé

Chaque équipement de santé devant à tout moment rester approvisionné en eau potable, électricité, ainsi qu'en chaud et en froid, le système de santé est particulièrement sensible aux aléas climatiques et aux effets dominos.

La vulnérabilité accrue des populations entraînant une surcharge des infrastructures

La population de Paris, à l'instar de l'Île-de-France, est particulièrement vulnérable aux épisodes caniculaires. Par exemple, lors de la canicule du 1er au 20 août 2003, la surmortalité a été de 2,3, nettement supérieure à celle de la France métropolitaine (1,6).

Les ICU peuvent avoir des conséquences graves, notamment en termes d'allergies, de problèmes respiratoires et cardiovasculaires qui peuvent se traduire par une surmortalité significative en période de canicule

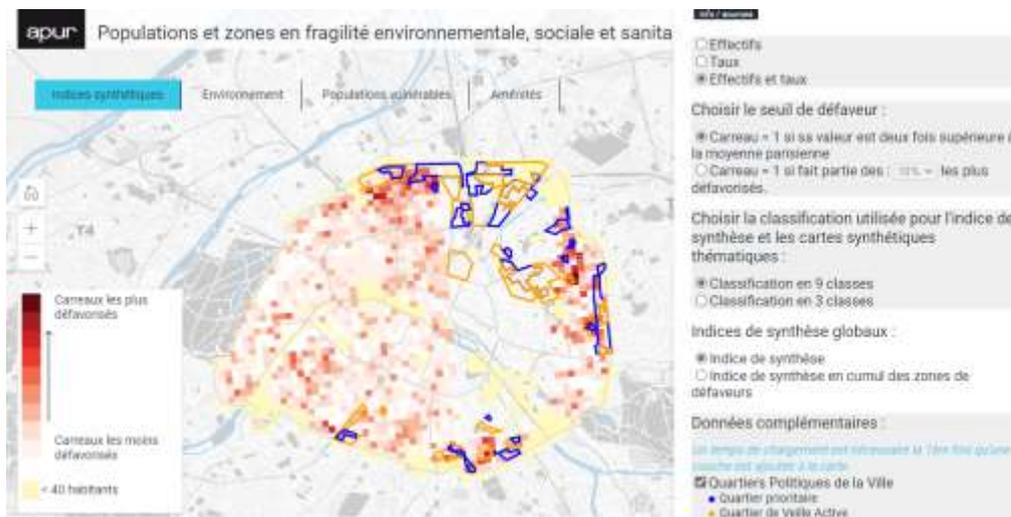
Outre les risques d'interruption partielle des services de santé, les vagues de chaleur peuvent entraîner des pics d'hospitalisation et de mortalité.

La pollution de l'air demeure aujourd'hui encore le premier stress sanitaire. Plus particulièrement, l'ozone (en augmentation avec le réchauffement climatique) et les particules fines contribuent à la dégradation de la qualité de l'air. Des enjeux sanitaires sont amenés à se développer : maladies infectieuses transmises par des moustiques, problèmes liés à la santé mentale (face aux mutations et aux extrêmes climatiques), risque accru d'infection hydrique ou alimentaire, maladies respiratoires liées aux pollens, nécessitant un service de santé suffisamment robuste et agile.

Pour répondre à ces enjeux, la création d'un service parisien de santé environnementale (SPSE) a permis d'aboutir à un premier plan Paris Santé Environnement en 2016, en cours de révision en 2024.

Le plan climat s'appuie à ce titre sur le travail de cartographie des zones de fragilité en santé environnementale (ZFSE) [Populations et zones en fragilité environnementale, sociale et sanitaire à Paris \(apur.org\)](https://www.apur.org) déjà existant et viendra le croiser avec les différents risques climatiques relatif à son territoire. La carte synthétisant l'ensemble de ces paramètres fait ressortir une dizaine de zones de fragilité, qui se recoupe avec la carte des quartiers socialement défavorisés, situées au niveau des quartiers Belleville (10-11-12e arrondissements), des Portes du 20e, Saint-Fargeau-Borrego-Télégraphe (20e), Danube (19e), place des fêtes (19e), Flandre (19e), Chapelle-Goutte d'Or (18e), Porte Montmartre (18e), Epinettes (17e), place d'Italie, Maison Blanche et Masséna-Olympiades (13e). Cette géographie, fortement ancrée rive droite, recoupe en partie celle de la Politique de la Ville puisque certains secteurs identifiés sont situés dans des quartiers prioritaires tels le Grand Belleville, les Portes du 18e, la Goutte d'Or (18e), Flandre (19e), Danube-Solidarité-Marseillaise (19e), les Portes du 20e, Masséna-Olympiades (13e).

Ce travail permet de mettre en évidence les zones sur lesquelles agir prioritairement pour réduire les inégalités sociales, environnementales et territoriales de santé.

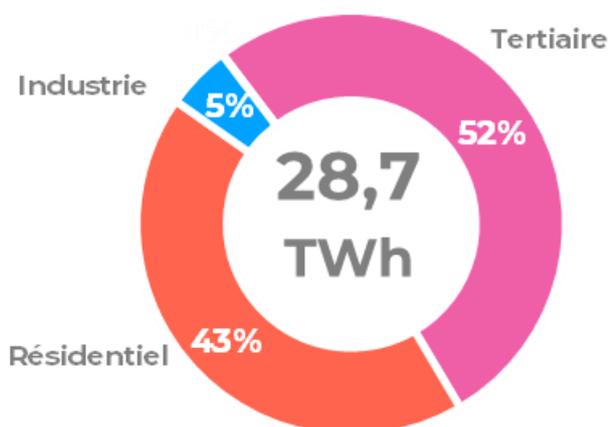


C. Bilan énergétique de Paris

Consommation d'énergie

Consommation totale

La consommation énergétique de Paris hors transports s'élève à 28,7 TWh en 2021, **soit 13,4 MWh/hab** (pop INSEE 2020) contre 15,9 MWh/hab pour la moyenne régionale en 2019. Elle comprend les consommations reliées au résidentiel, au tertiaire et à l'industrie. Les consommations du secteur agricole très faibles sont incluses dans les activités tertiaires.



Consommation énergétique sur Paris en 2021 (Ville de Paris)

Celle-ci est **en baisse de 15% entre 2004-2021**. Cette baisse est en partie liée aux actions mises en œuvre pour la rénovation énergétique des logements.

En 2021, l'électricité qui représente 42% de la consommation à une part renouvelable de 22,5%, le gaz représente 36% avec une part renouvelable de 0,9%, et en 3^{ème} position le réseau de chaleur urbain avec une part d'énergie renouvelable de 51,1%.

Le secteur du transport routier parisien représente une consommation énergétique de 3,55 TWh en 2019 selon le ROSE, soit une baisse de 47% depuis 2004.

En 2021, les principaux secteurs de consommation d'énergie sont donc le résidentiel et le tertiaire, ainsi que les transports.

Potentiel de réduction

Le potentiel de réduction de la consommation totale d'énergie a été estimé dès le premier plan climat Parisien ; la trajectoire neutralité carbone créée en 2018 par la Ville de Paris intègre les politiques publiques, en cours et à venir concourant à la diminution du besoin énergétique des différents secteurs (rénovation des bâtiments et construction durable, diminution importante de la mobilité individuelle carbonée, rationalisation de l'approvisionnement de la capitale, développement des transports publics). Il intègre parallèlement l'émergence de nouveaux besoins (refroidissement, électricité spécifique).

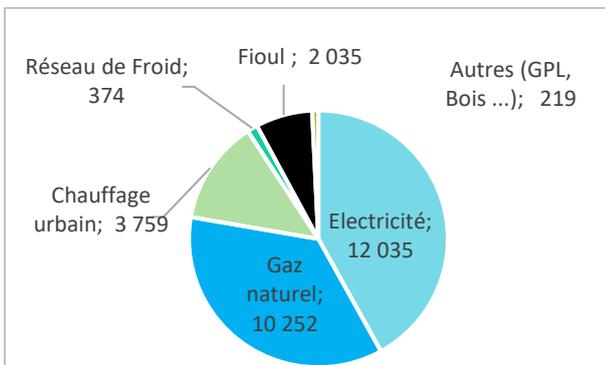
Dans ces conditions, certaines sources énergétiques disparaissent (combustible liquide, charbon), d'autres décroissent (Gaz, Chaleur). L'électricité, elle se maintient, associée au développement de l'électricité spécifique et de l'électromobilité. En conséquence, la consommation énergétique totale du territoire décroît (-35% à 2030, -50% à 2050) dans les conditions suivantes :

- Baisse de 50% de la consommation énergétique du bâti résidentiel et tertiaire pour atteindre 18,8TWh en 2050 ; elle est due à une rénovation de 1 million de logements et 50 millions de m² de surface tertiaire ; sur le résidentiel, la consommation passe de 110kWh/m²/an en 2016 à 40kWh/ m²/an en 2050.
- Baisse de 50% de la consommation énergétique des transports pour atteindre 3,24TWh en 2050 (dont 2,4 TWh pour le transport routier) ; elle est due à la baisse du trafic routier (mobilité et fret), l'abandon du diesel et le développement

des mobilités douces et des transports en commun.

Consommation par vecteur d'énergie

L'électricité demeure en 2021 la première énergie consommée avec près de 42% de la consommation (à 22,5% renouvelable), devant le gaz (à 99% non renouvelable), de chaleur (à 51,1% renouvelable), de fioul et de GPL (non renouvelables).



Consommation d'énergie par vecteur en GWh en 2021 (Ville de Paris)

Ainsi, en 2021, la part d'énergie renouvelable et de récupération de l'énergie consommée est de 19,3% à Paris.

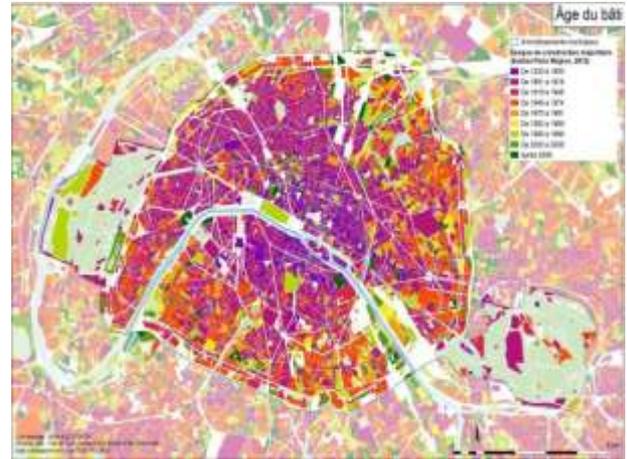
Concernant l'électricité, plus de 80% est produite par six centrales nucléaires selon un découpage nord-ouest (Paluel et Penly), est (Nogent, Dampierre et Paluel) et sud-ouest (Belleville, Dampierre et St-Laurent).

Zooms sectoriels

Le bâti

Le bâti du territoire parisien est relativement âgé et s'est majoritairement construit avant 1975, à hauteur de 80%. L'énergie consommée par ce secteur est en grande partie utilisée pour le chauffage.

Le bâti parisien est composé de 1,38 million de logement – dont 252 000 logements sociaux, et d'environ 50 millions de m² de bâtiments tertiaires.



Epoque de construction majoritaire (Institut Paris Région, 2012)

Le logement

En 2021, le logement a représenté 12,4 TWh, soit 43% des consommations énergétiques hors transports routiers. Près de la moitié repose sur le gaz naturel, suivi par l'électricité (35%) et le chauffage urbain (17%) Cette consommation est en baisse de 19 % par rapport à 2004.

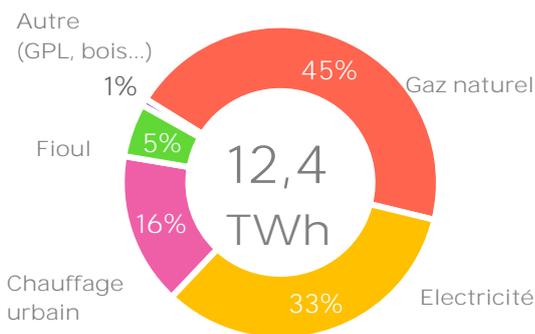
Paris est un territoire fortement densifié : 96,8 % des logements sont des appartements. Leur consommation énergétique, en particulier en matière de chauffage, est donc relativement faible au regard de celle que peut avoir un logement individuel.

Près d'un tiers du parc de logement a été construit avant 1919, et 80 % avant 1975 ; ces logements ont donc été construits en l'absence de réglementation thermique et peuvent souffrir d'un manque d'isolation thermique. L'ensemble des logements construits après 1990 (9,4 %) présente des performances énergétiques honorables.

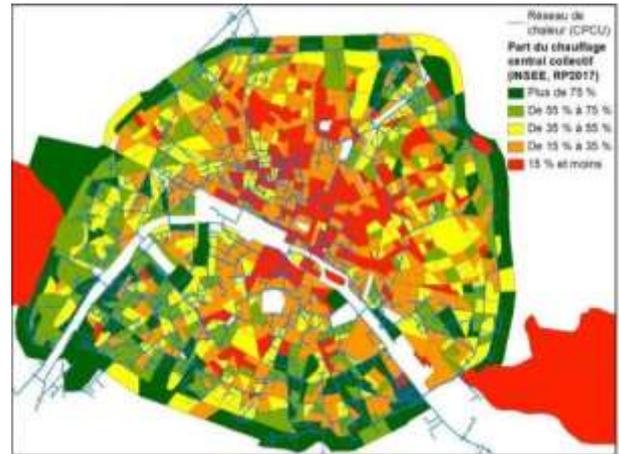
Les logements construits avant 1919 sont essentiellement concentrés au centre de Paris, de part et d'autre de la Seine. Les arrondissements périphériques au nord-est et au sud-ouest sont les espaces bénéficiant d'un parc plus récent.

La rénovation énergétique des logements présente un enjeu fort du fait de l'ancienneté du parc immobilier et un défi dans les tissus historiques parisiens afin de conserver le patrimoine architectural. Les ensembles des trente-glorieuses restent plus facilement transformables et adaptables.

64,9 % du parc de logement est chauffé avec un chauffage central (collectif ou individuel). L'usage de chauffage individuel électrique est plus élevé dans les arrondissements centraux. Le chauffage central collectif est lui nettement plus utilisé en bordure de Paris, suivant le tracé du périphérique. Certaines copropriétés sont encore chauffées au fioul.



Résidentiel - Répartition des consommations énergétiques en 2021



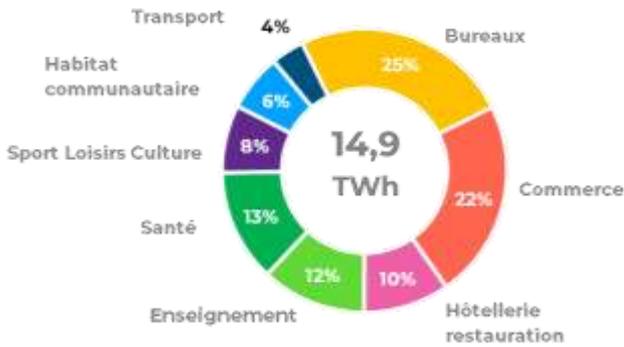
Part du chauffage des logements central collectif (Urban-ECO)

Au sein de ces 12,4TWh, les usages sont essentiellement consacrés au chauffage (environ 7,8TWh), suivi de l'eau chaude sanitaire (1,9TWh) et de la cuisson (>0,7TWh) ; près de 2TWh sont enfin dédiés à l'ensemble des autres usages électriques.

Concernant le parc de 252 000 logements sociaux, il possède un profil particulier par rapport au reste du parc résidentiel. D'une part, son profil de chauffage diffère : la part des logements chauffés à l'électricité est plus faible de 17 % et celle du fioul de 1,5 %, compensées par 18 % en plus de logements raccordés au chauffage urbain. D'autre part, il est plus récent : 30 % des logements sociaux parisiens ont été construits avant 1949 contre plus de 60 % pour les logements du parc privé.

Le secteur tertiaire

La consommation énergétique du **Tertiaire** à Paris s'élève en 2021 à **14,9 TWh** à climat normal, soit une **baisse de 5 % par rapport à 2004**.



Consommations énergétiques du Tertiaire par énergies (2021)

Le mix énergétique du Tertiaire à Paris est marqué par un **usage prédominant de l'électricité qui représente à elle seule 49 %** des consommations énergétiques. Entre 2004 et 2021, les proportions de gaz et d'électricité ont augmenté par rapport au total : Plus de la moitié (56%) reposent sur l'électricité, suivi par le gaz naturel (30%) et le chauffage urbain (14%). Le réseau de froid devrait se développer dans les années à venir. À ce jour, ce sont 370 GWh/an d'énergie frigorifique (soit 6 millions de m² rafraichis) qui sont produits par 10 sites.

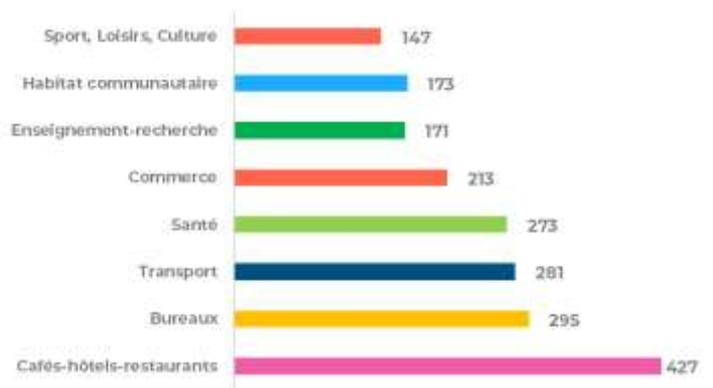
Cette baisse globale est significative puisqu'elle suit une période d'augmentation de la consommation entre 2014 et 2018.

Le parc immobilier tertiaire de Paris représente 60 millions de m² en 2022 et est divisé en huit catégories d'usage.

Les bureaux (privés et publics) comptent pour plus de 25% de cette consommation tertiaire, suivi par les commerces (commerces de gros et de détail, grands magasins, garages et entrepôts) à 22% et les bâtiments dédiés à la santé (hôpitaux et cliniques, cabinets médicaux, crèches, des établissements pour personnes handicapés ou en difficulté) (13%). Viennent ensuite les bâtiments dédiés à l'enseignement et formation, les enseignes de restauration et hôtels (cafés, hôtels, restaurants, débits de boissons et restauration collective) à, les bâtiments sportifs et de loisirs (gymnases, piscines, musées, cinémas, théâtres,

salles de spectacles et discothèques), puis les habitats communautaires (EPAHD, auberges de jeunesse, résidence universitaire, autres hébergements touristiques et organisations religieuses) et les bâtiments dédiés aux transports (gares et stations de métro, locaux des compagnies de taxis, de transports aériens ou fluviaux déménageurs).

La performance énergétique des bâtiments est également un enjeu majeur pour limiter les consommations énergétiques mais également pour assurer le confort thermique estival & hivernal des travailleurs, des usagers et des clients.



Performances énergétiques par branches d'activité (en kWh/m².an) – climat normal

La performance énergétique des bâtiments tertiaires s'élève en moyenne à 258 kWh/m²/an.

On observe de grandes disparités suivant les types d'établissements. Ainsi les équipements de « sports, culture loisirs » sont les plus performants avec une moyenne de 147 kWh/m²/an, alors que les établissements d'hôtellerie et de restauration sont bien plus consommateurs avec en moyenne 427 kWh/m²/an (en augmentation depuis 2018), ce qui s'explique en partie par un patrimoine plus ancien et surtout des usages spécifiques plus importants liés à la conservation et la préparation des repas ainsi que la climatisation et l'eau chaude sanitaire pour les hôtels.

Les secteurs d'activités présentent des spécificités dans leurs usages de l'énergie : pour les secteurs de l'enseignement-recherche, l'habitat communautaire, la santé et les transports, le chauffage prédomine les consommations. Pour les autres secteurs, les consommations sont à peu près les mêmes pour le chauffage et les usages spécifiques.

Le réseau de chaleur chauffe la plus grande partie des surfaces tertiaires (23 000 000 m²), juste devant le gaz (17 200 000 m²).

Les transports routiers

En 2019, selon le ROSE, les transports routiers représentent 3,55 TWh de consommation énergétique, en baisse de 47% depuis 2004.

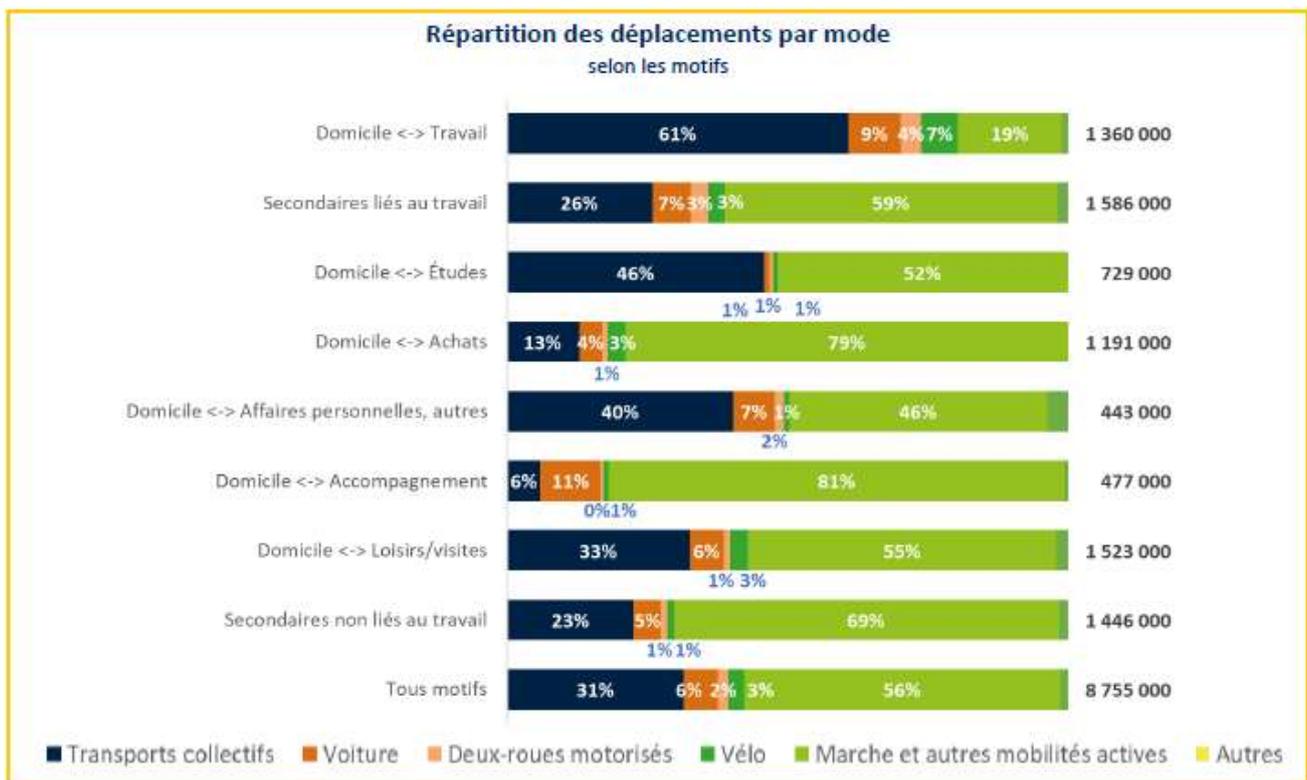
La consommation d'énergie liée aux déplacements comprend également la logistique urbaine, essentiellement composée du transport routier.

Eclairage public et pollution lumineuse

En 2020, le parc municipal comprend 174 000 points lumineux d'éclairage, 66 000 candélabres, 31 200 consoles d'éclairage, 24 200 supports de signalisation lumineuse tricolore et 322 sites d'illuminations.

La consommation électrique des équipements qui s'établit à 95,3 GWh en 2021., en baisse de 38% par rapport à 2004 (soit 58GWh) – ceci essentiellement dû au remplacement d'anciens luminaires par des LED.

A Paris, la marche est le mode le plus utilisé quel que soit le motif de déplacement, à l'exception des déplacements domicile-travail ou les transports collectifs sont alors majoritaires (enquête globale transport, IDFM et OMNIL, 2020).



Enquête global transport 2020, IFDM & Omnil

Cependant, les portée moyenne des trajets en voitures (10,7km) et en transports en commun (9,1km) sont supérieures à celles des trajets à pied (0,5km), à vélo (2,5km) ou en deux-roues motorisés (3,9km) ; en termes de kilomètres parcourus, les transports en commun sont donc le mode de transport le plus utilisé à Paris, suivi de la voiture puis de la marche.

La composition du trafic est fortement variable selon l'endroit où l'on relève les modes de déplacements :

- Dans les grandes rues passantes (Rivoli, Sébastopol, Poissonnière), on compte une majorité de véhicules légers et de vélos (entre 30 et 50% chacun) puis de deux roues motorisés (entre 20 et 30%) ;
- Sur les places (Clichy par ex.) on trouve plus de vélos et trottinettes, (50%), de véhicules légers (35%) et de deux roues motorisés ;
- Sur les quais, on trouve quasi-exclusivement des vélos et trottinettes.

Motorisation des ménages

Le taux de motorisation des ménages est très faible à Paris et hétérogène spatialement.



Motorisation des ménages (URBAN-ECO-SCOP, 2021)

Près de 2/3 des ménages ne possèdent pas de voiture (en hausse de 10 points par rapport à 2010), et seulement 30 % de ceux-ci n'en

En termes d'évolution, la marche et le vélo se développent fortement, avec par exemple une multiplication par plus de 3 entre 2005 et 2021 du nombre de vélo comptabilisés dans les rues ; quant aux deux roues motorisées, leur prévalence stagne sur les deux dernières décennies.

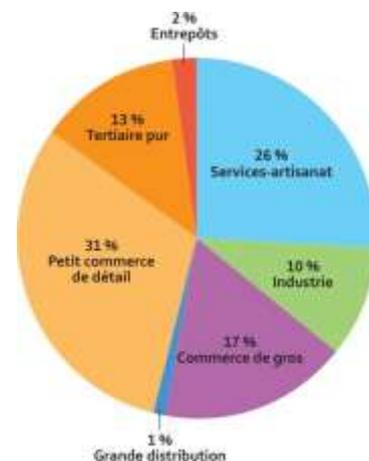
Le trafic routier au global baisse fortement, avec une division par deux de son volume depuis 2002.

possèdent qu'une. Dans le 7^e, le 8^e, et le 16^e arrondissement, on peut rencontrer 2 voitures par ménage.

La logistique urbaine

La logistique urbaine désigne l'ensemble des actions visant à assurer l'approvisionnement de la ville (France mobilités). Elle concerne également la gestion des déchets et le e-commerce.

Actuellement, elle repose essentiellement sur les modes routiers polluants (principalement des véhicules diesel).



Répartition des flux de marchandises selon les secteurs d'activités (APUR, Freturb)

Plus de 50 % des flux concernent le petit commerce de détail et les services-artisanat.

L'APUR a divisé les sites de logistique urbaine en 3 catégories : les sites du BTP, les sites du e-

commerce et de la messagerie autrement appelés B2C², les sites de la distribution en B2B³.

L'arrondissement Paris Centre et les arrondissements limitrophes sont encore faiblement équipés de sites logistiques. De même, peu d'entrepôts logistiques se situent dans Paris intramuros. Leur répartition est corrélée à la présence des axes de transport majeurs (voie ferrée, autoroute, voie fluviale). Au cœur du territoire parisien, les entrepôts de logistique sont majoritairement des entrepôts de messagerie < 20 000 m².

Paris a rédigé une Charte pour une Logistique Urbaine Durable, la création d'espaces logistiques en zone dense pour un dernier kilomètre en véhicule propre et subventionne depuis 2018, des transporteurs pour effectuer les livraisons de nuit avec des véhicules neufs électriques, à hydrogène ou GNV, et silencieux.

Autres secteurs

Industrie

Le secteur de l'industrie se rapporte principalement aux outils de production d'énergie sur le territoire (émissions directes des réseaux de chaleur de Paris et du réseau de froid, émissions dues aux fuites de fluides frigorigènes des systèmes de climatisation du réseau Fraicheur de Paris, émissions des autres industries...).

La consommation énergétique est estimée à 1,4 TWh en 2021, en baisse de 13% par rapport à 2004. Si entre 2004 et 2019, la consommation électrique était majoritaire, depuis 2020 le gaz est la principale source d'énergie de l'industrie. Leurs parts respectives en 2021 sont de 57% pour le gaz et de 43% l'électricité.

Déchets

Le volume de déchets produits chaque année par habitants est en baisse et s'élève en 2021 à **425 kg/hab**, soit environ 930 000 tonnes au total. Il s'agit à 88% de déchets ménagers et assimilés, le reste étant composé des encombrants et déchets dangereux. Ce poste n'inclut pas les déchets industriels et du bâtiment, majoritaires au niveau national.

La consommation énergétique de ce secteur n'est pas suivie : en effet, la majorité (73%) incinérés, notamment pour les revaloriser énergétiquement via le réseau de chaleur urbain et ne consomment donc pas d'énergie en tant que tel.

Agriculture

En 2021, le secteur de l'agriculture (au sens NAF du terme, section A : agriculture, sylviculture et pêche) représentait 4,6 Gwh, soit 0,02% de la consommation énergétique (hors transports de Paris) (bilan des émissions de gaz à effet de serre Ville de Paris 2021). En raison de sa faible représentativité, ces consommations sont intégrées dans le secteur tertiaire.

² B2C : Business to consumer

³ B2B : Business to business

D. Energies renouvelables et de récupération⁴

Production globale d'ENR²

CHIFFRES CLES

- 6,8% de la consommation d'énergie provient d'une production locale d'ENR², soit 2084 GWh produits à Paris en 2019
- 19,3% d'ENR² consommées à Paris en 2021

Evolution 2014-2019

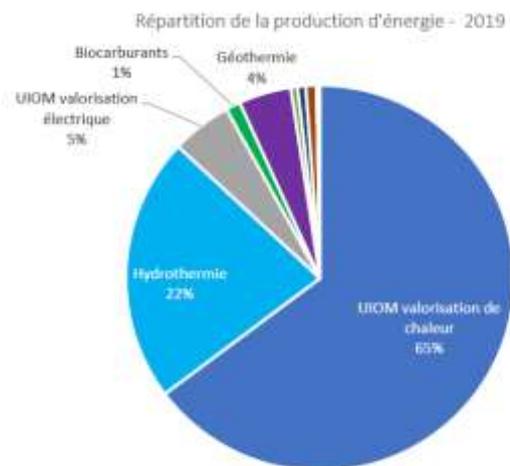
- +6,6% de production
- +72% du nombre d'installations
- +12,2% de production de froid
- +5% de production de chaleur
- +0,8% de production d'électricité
- + 9000 équivalents logements

Cinq grands moyens de production d'énergie renouvelable et de récupération sont présents sur le territoire parisien : la valorisation de déchets, l'hydrothermie, la géothermie, la récupération de chaleur et le solaire (PV ou thermique). Une forte densité, une intégration paysagère compliquée et un gisement relativement faible ne permettent pas le développement de l'éolien. Les pompes à chaleur air/eau ou air/air captant directement l'air extérieur sont par ailleurs exclues de l'étude du bilan ENR² de 2020, car non considérées comme renouvelables.

Ainsi, entre 2004 et 2019, la production d'ENR² consommée sur le territoire a augmenté de 6,6%. Sur la période, 297 nouvelles installations de production d'ENR² ont été recensées dont 244 issues de la filière solaire. Un bilan de l'ensemble de la production des 5 filières précitées et des

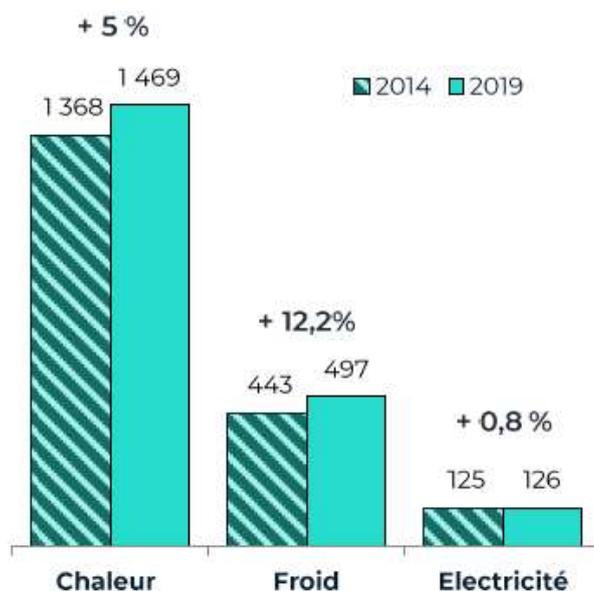
filières secondaires sera réalisé et mis en ligne en 2024 par la Ville, afin de suivre plus finement l'évolution de la production d'ENR² territoriale.

Les installations produisant de la chaleur, portées par les unités d'incinération des ordures ménagères sont la première source d'ENR² à Paris (71 %), loin devant celles produisant du froid (22 %) et de l'électricité (6 %).



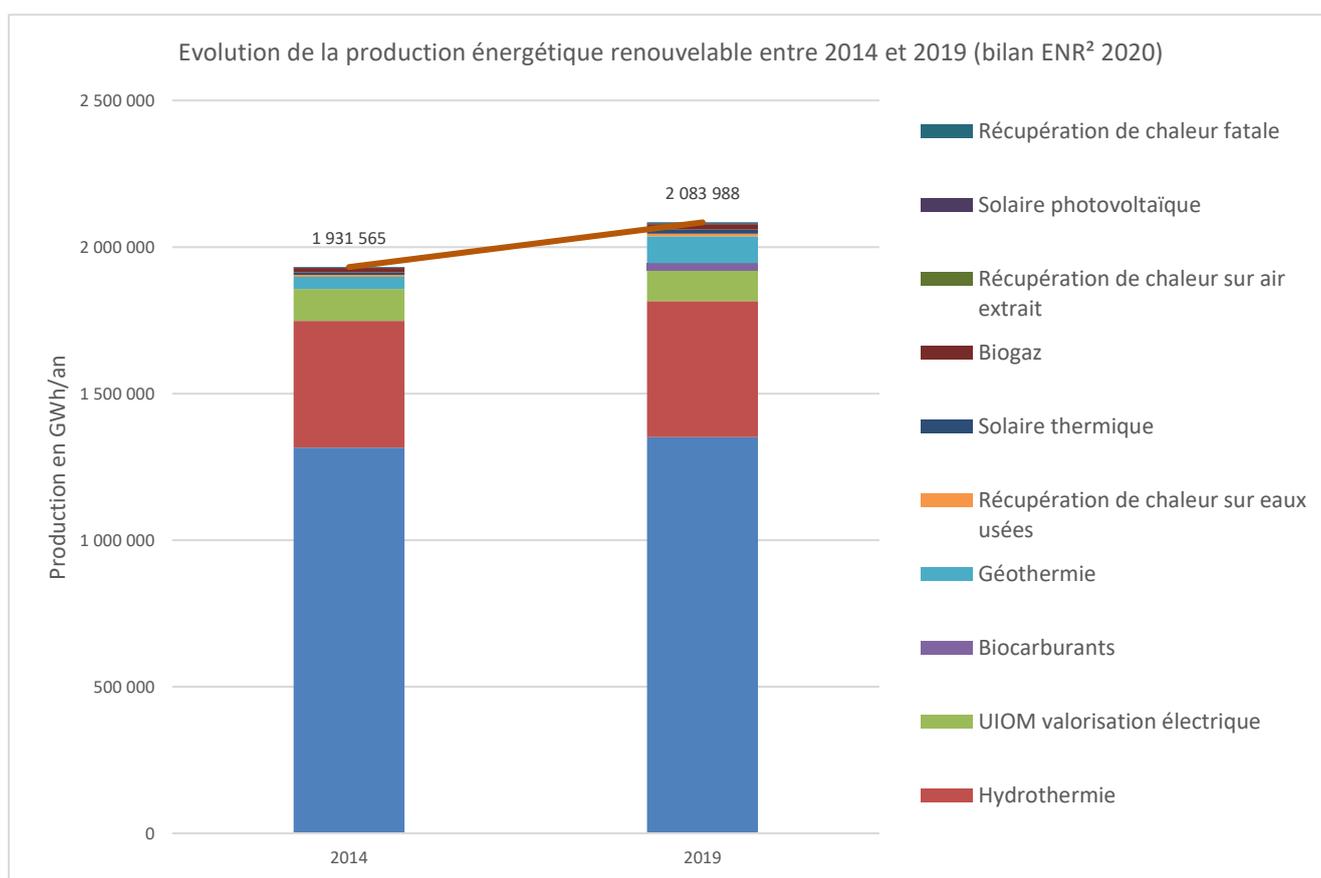
Répartition par source d'énergie de la production d'ENR² en 2019

⁴ L'ensemble de cette partie est extrait du Bilan ENR² de la Ville de Paris réalisé par les bureaux d'études BL Evolution et Crowe en Mars 2020, sauf mention contraire



La production d'ENR² est inégalement répartie sur le territoire : les arrondissements situés en périphérie principalement au nord (XVIII^{ème}, XIX^{ème} et XX^{ème}) et au sud (XIII^{ème} et XV^{ème}) disposent du plus grand nombre d'installations recensées. Ceci s'expliquant notamment par les politiques menées au travers des grands projets de réaménagement urbains (Tramways, nouvelles ZAC telles que Clichy-Batignolles, quartier Macdonald et RosaPark, Chapelle International, Pouchet, Bercy-Charenton ...), appuyés par une présence plus importante de bâtiments gérés par des bailleurs sociaux.

Production d'ENR² par usage en GWh/an entre 2014 et 2019



Evolution de la production énergétique renouvelable entre 2014 et 2019

Zooms par type d'énergie

Solaire

Solaire photovoltaïque

L'effet photovoltaïque permet la production directe d'électricité à partir du rayonnement solaire. Entre 2014 et 2019, la production de solaire PV a presque triplé pour atteindre **2 440 MWh**, notamment grâce à la mise en service de centrales solaires sur des grandes toitures et dans des grands projets d'aménagement et à l'effondrement du coût d'investissement (de près de 1400€/kWc en 2016 à environ 900€/kWc en 2022 pour des installations sur bâtiments et ombrières de grande échelle supérieurs à 100kWc), dû à la baisse du coût des modules solaires et à une explosion concomitante du marché mondial. Un grand nombre d'installations restaient cependant non raccordées ou en panne en 2020.

En 2022, 178 installations produisaient près de 3,6 GWh selon Enedis. Sur cette dernière année, le nombre d'installations stagne, mais la production triple quasiment, passant de 862 MWh à 3 563 MWh en 2022. Cela s'explique par une diminution du nombre de petites installations raccordées et une augmentation de la production des grandes installations.

Projets citoyens de production d'ENR²

Un projet de production d'énergie renouvelable citoyen ouvre majoritairement son capital au financement collectif et son pilotage aux acteurs locaux.

Leur développement représente une brique pour atteindre les objectifs ambitieux en matière de développement des énergies renouvelables et de récupération à 2050.

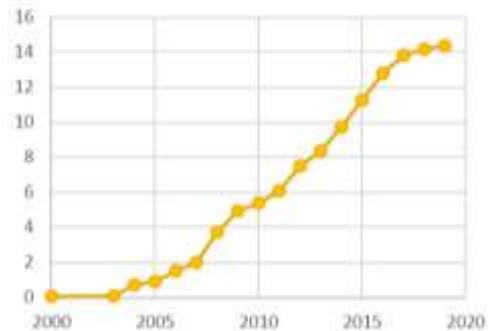
Depuis le début de 2021, Enercitif a mis en service 15 centrales solaires : 9 sur des toits d'établissements scolaires de la Ville de Paris (écoles, collèges, centres d'animation), et 6 sur des toits de HLM. Ces centrales produisent en électricité renouvelable de quoi alimenter plus de 250 foyers parisiens.

Solaire thermique

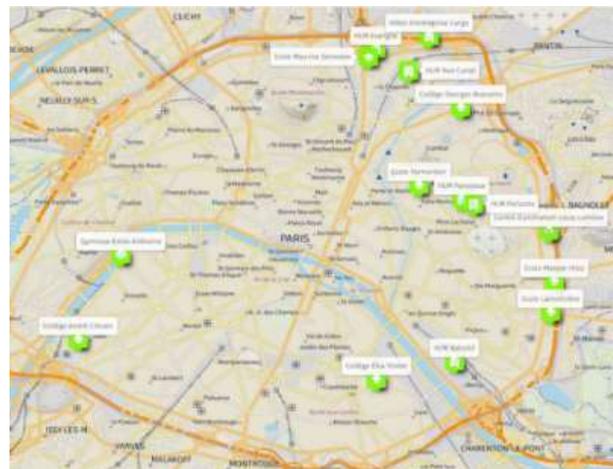
Le solaire thermique permet la transmission de l'énergie solaire à un fluide caloporteur circulant sous un panneau ; La chaleur ainsi récupérée est stockée dans un ballon tampon, et peut être exploitée en différé par l'utilisateur.

Bien que plus productif que le photovoltaïque à surface égale, son manque de versatilité dû à l'obligation de consommer la chaleur produite conjugué à des politiques nationales moins ambitieuses conduisent à ce que le solaire thermique soit moins populaire que le photovoltaïque au niveau national.

Cependant, en 2020, 434 installations étaient recensées sur le territoire Parisien (+50% en 5 ans) délivrant une **production estimée à 14,4 GWh**, soit près de 4x celle du solaire photovoltaïque.



Evolution de la production solaire thermique en GWh/an



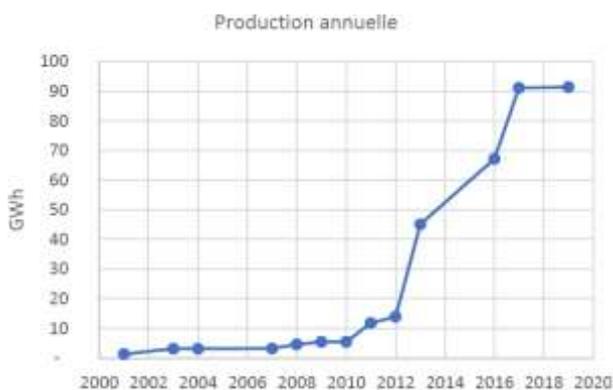
Carte des centrales citoyennes développées par Enercitif (site internet Enercitif.fr)

Géothermie

Plusieurs méthodes permettent de puiser la chaleur dans le sous-sol, de 100m de profondeur à plus de 2 500m, ou dans les nappes phréatiques. L'Île-de-France est la région présentant la plus grande densité d'opérations de géothermie au monde.

A Paris, fin 2019 on compte 70 installations géothermiques qui produisent **environ 91 GWh de chaleur** et de froid au total, dont 49,5 GWh pour les 3 installations en géothermie profonde (ZAC Paris Nord-Est, ZAC Clichy Batignolles et Tour Mirabeau) incluses dans le réseau CPCU.

La production connaît deux hausses considérables avec la mise en service en 2012 de la géothermie (+ 120% depuis 2014) sur la ZAC Paris Nord-Est et en 2017 du doublet de la ZAC Clichy Batignolles sur la nappe de l'albien. Les projets à l'échelle de ZAC/écoquartiers complexes et qui nécessitent un accompagnement post-travaux afin d'atteindre les objectifs de production visés.



Evolution de la production géothermique

Valorisation énergétique des déchets

La production d'énergie tirée de la combustion des déchets représente la plus grosse part de la production d'ENR² à Paris : près de 62% de la production locale d'ENR² **en 2019, soit 1457GWh**, en légère baisse de -7% sur 2014-2019.

Les centrales de valorisation des déchets ne sont pas situées directement dans Paris intramuros et traitent les déchets de Paris et de 82 autres communes d'Ile de France. La fraction de déchets provenant de Paris se situe autour de 50%, restant variable selon les années. En 2021, ces déchets sont revalorisés à 61,3% en chaleur et électricité, à 31,4% recyclés, à 7,2% enfouis et à 0,1% valorisés par méthanisation ou compostage. La production des 3 centrales d'incinération (à Issy-Les-Moulineaux, Ivry-sur-Seine et Saint-Ouen) est intégrée au bilan de la production énergétique parisienne par le biais du mix énergétique du CPCU, dont environ 86% de la chaleur vendue est à destination de Paris intramuros en 2021.



Valorisation énergétique des déchets (Rapport d'activité 2022, Syctom)

La stratégie de valorisation énergétique du Syctom tend vers moins d'incinération et un développement de la valorisation des biodéchets en méthanisation.

Hydrothermie

Le captage d'énergie sur cours d'eau ou hydrothermie, consiste à valoriser l'eau tempérée à froide d'un cours d'eau pour la production de froid via une pompe à chaleur eau/eau : elle est ensuite transmise aux bâtiments via un réseau urbain d'eau glacée. Depuis 2022, « Fraîcheur de Paris » développe et exploite 10 sites de production, dont trois centrales dites à Eau de Seine. L'eau de la Seine, dans certaines conditions de température, garantit le rafraîchissement des équipements de la centrale.

En 2019, l'hydrothermie représentait 463 GWh de production d'énergie ; en 2021, Fraicheur de Paris (anciennement CLIMESPACE) desservait 738 contrats en froid pour une puissance souscrite cumulée de 467 229 kW et une consommation de 374 144 MWh. Ces clients sont desservis par un réseau de 89 km.

Part « free-cooling » de la production de froid

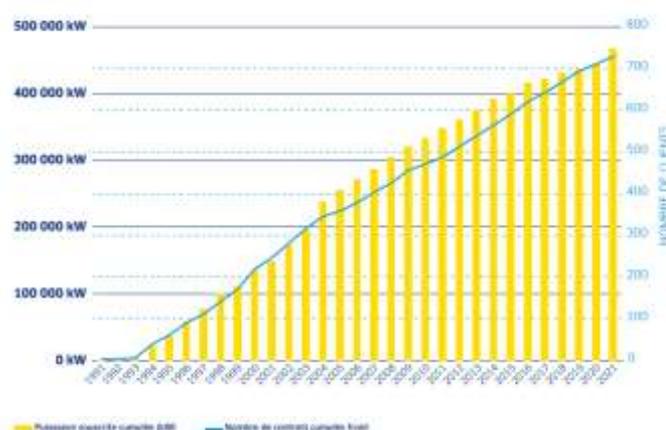
L'ensemble des 374GWh précités sont d'origine renouvelable, comme 100% des besoins électriques des sites de production est couvert par de l'électricité renouvelable.

Cependant, la production d'énergie produite de manière renouvelable « au sens strict » est la part

produite par le procédé d'hydrothermie dit de free-cooling, permise lorsque la température de la Seine est inférieure à la température de livraison des clients, permet d'alimenter le réseau avec une faible consommation d'électricité pour la production d'eau glacée. Selon les années cette part représente 0,5 à 5% de la production des centrales à Eau de Seine.

En 2021, sur les trois mois d'hiver où la température était suffisamment basse (environ 5°C), 13 580 MWh ont été produits en mode free-cooling, représentant ainsi 3.29 % de la production annuelle d'énergie frigorifique.

Evolution de la PS cumulée et nombre de clients



Évolution de la Puissance souscrite cumulée et nombre de clients (CRAC 2021)

Récupération de chaleur

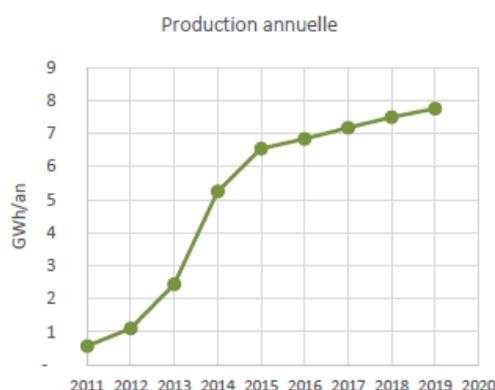
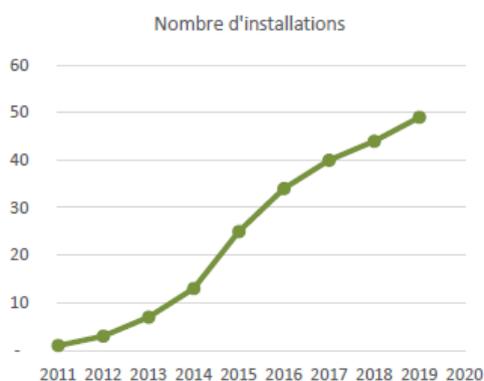
Récupération sur eaux usées

Les eaux usées évacuées présentent une température moyenne comprise entre 10 et 20°C. Ces calories peuvent être récupérées, pour chauffer partiellement ou totalement l’eau chaude sanitaire ou subvenir à des besoins de chauffage.

Quatre sources existent pour la récupération de chaleur :

- Les rejets directs de bâtiment ;
- Les collecteurs d’assainissement présents dans les rues des communes ;
- Les postes de relevage ;
- Au niveau des Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) ;

48 installations de récupération de chaleur sur eaux usées étaient en fonction **en 2019 pour une production de 8 GWh**. Il s’agit principalement de projets en bas d’immeuble. Les plus grosses installations sont celles d’ICF Habitat.



Evolution du nombre d'installations et de la production annuelle en GWh/an via récupération sur réseau collectif

Récupération sur eau non potable

Le réseau d’eau non potable transporte l’eau prélevée dans la Seine, pour arroser les espaces verts et nettoyer les rues. La température de l’eau, de 14°C en moyenne, peut alimenter une boucle d’eau chaude avec une pompe à chaleur.

En 2019, ce réseau assure la climatisation et le chauffage collectif de quelques sites parisiens (Hôtel de Ville, centre médical rue Boudreau et immeuble d’habitations et de bureaux avenue Victor Hugo).

Clients ENP caloporteur avec réinjection	Volume moyen annuel
Victor Hugo convention expérimentation 25 juillet 2014 usage Froid	120 000 m ³
COSEM convention expérimentation 12 juin 2013 usage Froid/Chaud	13 000 m ³
HDV/ Climespace convention expérimentation 26 mai 2015 usage Froid	72 000 m ³
Pillou - hôtel particulier (convention offre de service a basculé en ENP avec réinjection courant 2018)	850 m ³

Installations existantes pour la récupération d'eau non potable

En 2021, la CPCU a signé une convention de fourniture de chaleur issue de l’énergie calorifique du réseau d’eau non potable de la Ville de la Paris avec le futur éco quartier Saint-Vincent de Paul (14^e arrondissement) pour 59 000 m² de bâtiments.

Les chaufferies principales sont situées en bordure de Seine. La vapeur produite est acheminée via un réseau maillé de plus de 500 km de canalisations souterraines interconnectées et articulées par 800 chambres de vannes. Chaque chaufferie alimente l'ensemble du réseau. La vapeur circule dans le réseau toute l'année sans interruption, y compris l'été pour permettre la production d'eau chaude.

Récupération de chaleur sur air extrait – réseau métropolitain

Lorsqu'ils freinent ou circulent, les trains dégagent de la chaleur qui s'accumule dans les tunnels. La RATP récupère ces calories qui alimentent une pompe à chaleur air-eau. Sur la ligne 11, la chaleur des tunnels du métro est récupérée pour couvrir 35% des besoins en chauffage d'un immeuble de 20 logements sociaux dans le IV^e arrondissement – aucune estimation en MWh n'a été réalisée.

Récupération de chaleur sur air extrait – logements collectifs

Les calories issues de l'air extrait par les systèmes de Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) des logements collectifs peuvent être captées.

Trois installations d'aérothermie sur air extrait dans des logements collectifs à Paris ont été mises en service entre 2015 et 2016 sur des bâtiments de bailleurs sociaux pour une production d'environ 433 MWh en 2019.

Ainsi, en comptant l'ensemble des installations de récupération de chaleur sur air extrait sur le territoire, la production atteint **546 MWh en 2019**.

Récupération de chaleur fatale issue de datacenter

Les datacenters dissipent de l'énergie sous forme de chaleur lors de leur fonctionnement. On estime qu'environ 1/3 de l'énergie consommée est due au système de refroidissement.

Leur production sur le territoire Parisien est d'environ 1,9 GWh en 2019.

Installations recensées (2019)	Caractéristiques	Chauffage assuré
data center de la ville de Paris (18^e)	Puissance de 6,6 MW : 50 % biogaz et 10 % récupération de chaleur fatale	Ecoquartier Chapelle International
Groupe Iliad (15^e)	Les serveurs assurent jusqu'à 80% des besoins en chauffage et 50 % de l'eau chaude	150 logements du bailleur social Paris Habitat
	Radiateurs numériques	Logements sociaux, rue Balard
Maison de la RATP (12^e)	Récupération de chaleur du groupe froid : 25% des besoins en chauffage	56 000 m ² de bureaux
Start-up grenobloise Stimergy (13^e)	20% des besoins en chauffage	Piscine de la Butte aux Cailles

Installations recensées de récupération de chaleur fatale

Si l'on considère l'ensemble des récupérations de chaleur fatale sur le territoire (datacenters + industries), environ **3,3GWh de chaleur étaient récupérés en 2019**.

Potentiel d'énergie renouvelable et de récupération

Un fort potentiel de production d'énergies renouvelables et de récupération (ENR²) reste mobilisable à horizon 2030 sur le territoire parisien ; selon l'étude de potentiel de développement des ENR² sur le territoire de 2020, près de 2 600GWh d'ENR² pourraient être produites à Paris (soit un gain d'environ 480GWh), notamment grâce à un développement de la géothermie (+160GWh de gisements exploitables sur ce laps de temps), ce l'hydrothermie (+160GWh), du solaire (+330GWh) et de la récupération de chaleur (+50GWh). Ces gains seront compensés par une perte de production des centrales de valorisation de déchets d'environ 220GWh.

Source EnR&R		2019	Projets prévus	Potentiel 2030 supplémentaire + actuel	Gisement brut >2030
UIOM valorisation de chaleur 	Type d'énergie : chaleur				
	Nombre d'installations	3	0	3	3
	Prod. EnR&R (MWh/an)	1 351 940	0	1 150 000	1 150 000
Hydrothermie 	Type d'énergie : chaleur et froid				
	Nombre d'installations	3	0	4	5
	Prod. EnR&R (MWh/an)	463 480	0	623 480	733 480
UIOM valorisation électrique 	Type d'énergie : électricité				
	Nombre d'installations	3	0	3	3
	Prod. EnR&R (MWh/an)	105 000	0	85 000	85 000
Biocarburants 	Type d'énergie : chaleur				
	Nombre d'installations	2	0	2	2
	Prod. EnR&R (MWh/an)	25 000	0	25 000	25 000
Géothermie 	Type d'énergie : chaleur et froid				
	Nombre d'installations	70	4	202	
	Prod. EnR&R (MWh/an)	91 368	15 000	256 608	6 596 368
Récupération de chaleur sur eaux usées et ENP 	Type d'énergie : chaleur				
	Nombre d'installations	53	4	188	
	Prod. EnR&R (MWh/an)	7 951	1 800	56 251	185 951
Solaire thermique 	Type d'énergie : chaleur				
	Nombre d'installations	434	11	5000	
	Prod. EnR&R (MWh/an)	14 373	260	202 373	766 373
Biogaz 	Type d'énergie : électricité				
	Nombre d'installations	4	0	4	4
	Prod. EnR&R (MWh/an)	18 600	0	12 000	10 000
Récupération de chaleur sur air extrait 	Type d'énergie : chaleur				
	Nombre d'installations	4	0	103	103
	Prod. EnR&R (MWh/an)	546	0	11 433	11 433
Solaire photovoltaïque 	Type d'énergie : électricité				
	Nombre d'installations	132	21	6000	
	Prod. EnR&R (MWh/an)	2 440	2 610	136 440	536 000
Récupération de chaleur fatale 	Type d'énergie : chaleur				
	Nombre d'installations	6	1	10	
	Prod. EnR&R (MWh/an)	3 290	-	3 500	88 000
Total	Nombre d'installations	714	41	11519	
	Prod. chaleur + froid (MWh/an)	1 957 948	17 060	2 328 645	9 556 605
	Prod. électricité (MWh/an)	126 040	2 610	233 440	631 000
	Prod. totale d'EnR&R (MWh/an)	2 083 988	19 670	2 562 085	10 187 605
	Taux couverture consommations (sur la base des consommations 2018 et des projections de 2030)	6,76%	0,06%	10,99%	43,71%

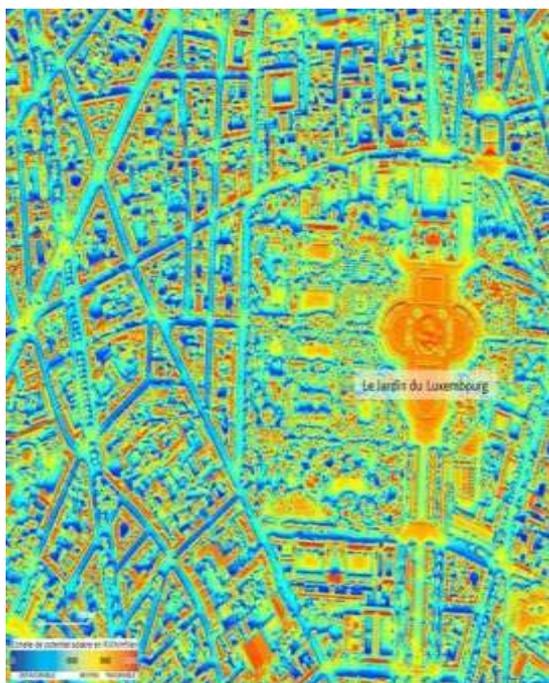
Répartition par source d'énergie de la production d'EnR2 estimée en 2030

Énergie solaire – PV et thermique

Paris dispose d'un fort potentiel de développement du solaire : ses 654 toitures dotées d'une installation de panneaux solaires (APUR, 2022) ne sont qu'une fraction d'un plus large gisement composé des 128 000 toitures parisiennes, au sein du gisement de la Métropole composé de 1,1 million de bâtiments et 150 millions de m² de toitures.

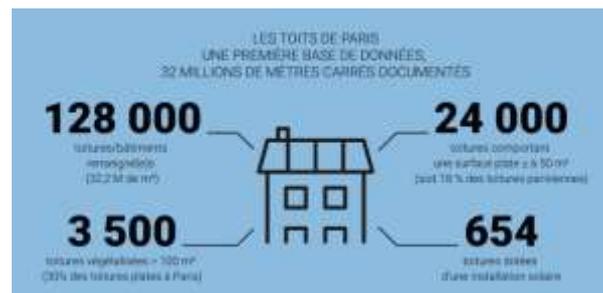
De plus, les 1 610 heures d'ensoleillement annuel mesurées à la station météorologique de Paris-Montsouris et le relief modéré permettent à Paris de bénéficier d'un potentiel significatif de production d'énergie solaire.

En effet, le cadastre solaire fait ressortir 34 600 toitures/bâtiments bénéficiant d'un ensoleillement annuel moyen supérieur à 800 kW/m², soit 27 % des bâtiments parisiens disposant d'un ensoleillement très intéressant pour l'installation d'un système solaire (Apur, 2022). Le travail d'estimation de l'étude précitée en 2020 conduit à un **potentiel théorique total de 1,3 TWh/an**. Le bâti parisien représente ainsi un fort potentiel de gisement solaire brut.



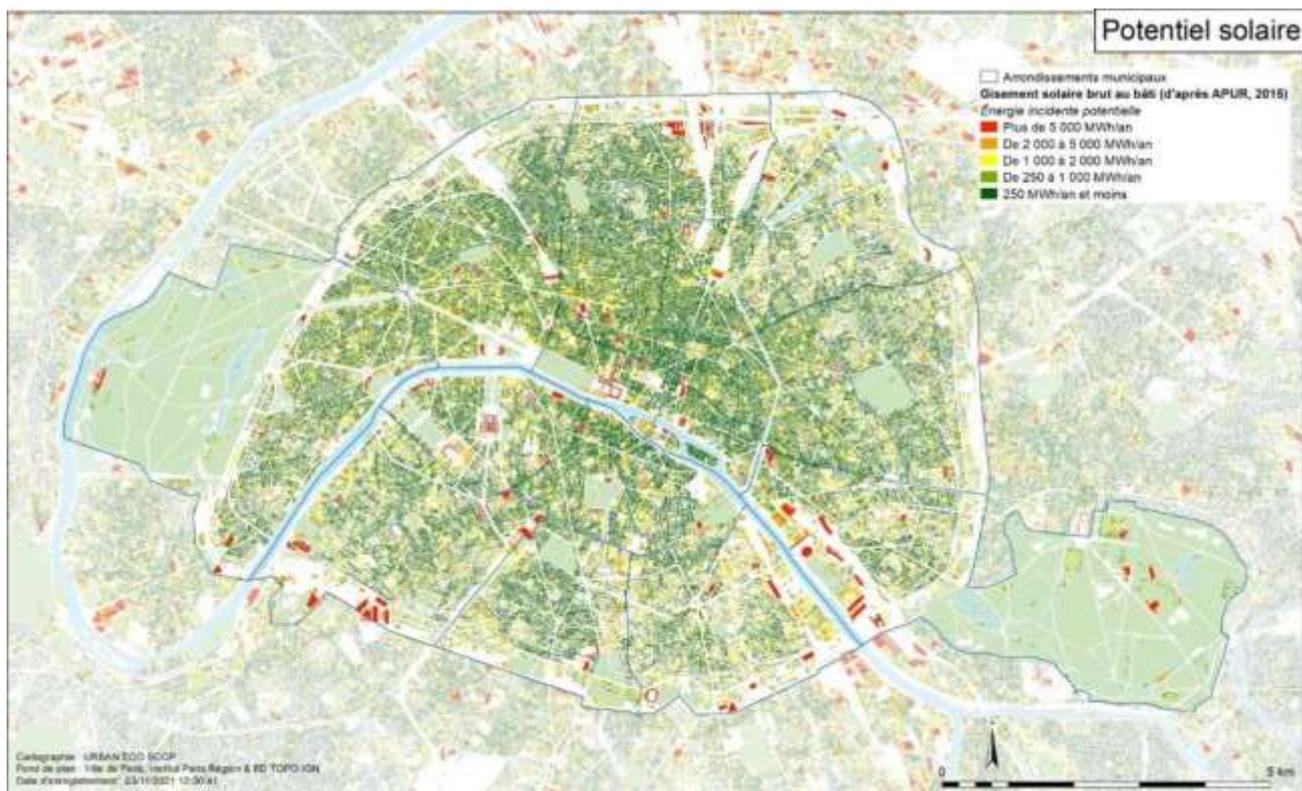
Cartographie Ville de Paris : extrait du cadastre solaire (Capgeo SIG)

Le travail d'estimation de l'étude de potentiel de développement de 2020 met en perspective ce total théorique exploitable à horizon 2030, et propose un scénario dans lequel la production d'électricité via du solaire PV croît d'environ 130GWh/an tandis que celle du solaire thermique croît de 190GWh/an.



Les toits de Paris, APUR 2022

En parallèle du gisement théorique exploitable sur les toitures, les autres surfaces déjà artificialisées comme les parkings ou toits encore la trame viaire représente un foncier où le développement de parcs solaires peut être envisagé en veillant à respecter les enjeux paysagers et patrimoniaux.



Potentiel solaire (URBAN-ECO-SCOP, 2021)

Comparaison avec le besoin annuel par ménage

En moyenne annuelle, une installation de production d'énergie solaire photovoltaïque d'une puissance nominale de 1 kWc produirait environ 1050 kWh. En prenant en compte la demande moyenne en énergie d'un ménage, la couverture des besoins annuels en électricité d'une famille nécessiterait 25 à 30 m² de capteurs en toiture. La couverture de 50 % des besoins en eau chaude sanitaire du même ménage serait assurée par un système solaire thermique combinant 4 m² de capteurs et un ballon de stockage de 200L. La quantité d'énergie produite serait d'environ 2 110 kWh/an. La production d'énergie par unité de surface est donc 4 à 5 fois supérieure pour un système solaire thermique comparé à un système photovoltaïque, qui présente en parallèle un bilan environnemental plus lourd que le solaire thermique.

Géothermie

A Paris, le principal potentiel géothermique concerne la géothermie sur nappes (malgré le manque de données fiables sur les gisements) et les forages peu profonds soumis au régime de déclaration ; de plus, le défi technique de leur exploitation reste entier : il existe encore peu d'entreprises compétentes sur la réalisation de forage en milieu dense.

Le potentiel total théorique de l'ensemble des projets de géothermie est de 6 500 GWh/an, si l'ont exclu les contraintes techniques. L'étude de 2020 scénarise un atterrissage opérationnel à 2030 estimé à 165 GWh/an.

Géothermie de nappe profonde

Le bassin parisien est sous-tendu par plusieurs aquifères profondes. Cette ressource géothermique est exploitable notamment via le raccordement à des réseaux de chaleur ou réseaux combinés (chaleur et froid). Toutefois,

leur exploitation massive et prolongée risque cependant de provoquer un épuisement local de la ressource à l'horizon 2030/2040.

Nappe	Température approximative	Profondeur estimée
de l'Albien	28 °C	600 à 700 m
du Néocomien	38 °C	1 000 m
du Lusitanien	45 °C	plus de 1 000 m
du Dogger	70 °C	de 1 500 à 2 000 m

Aquifères profonds recensés (BRGM)

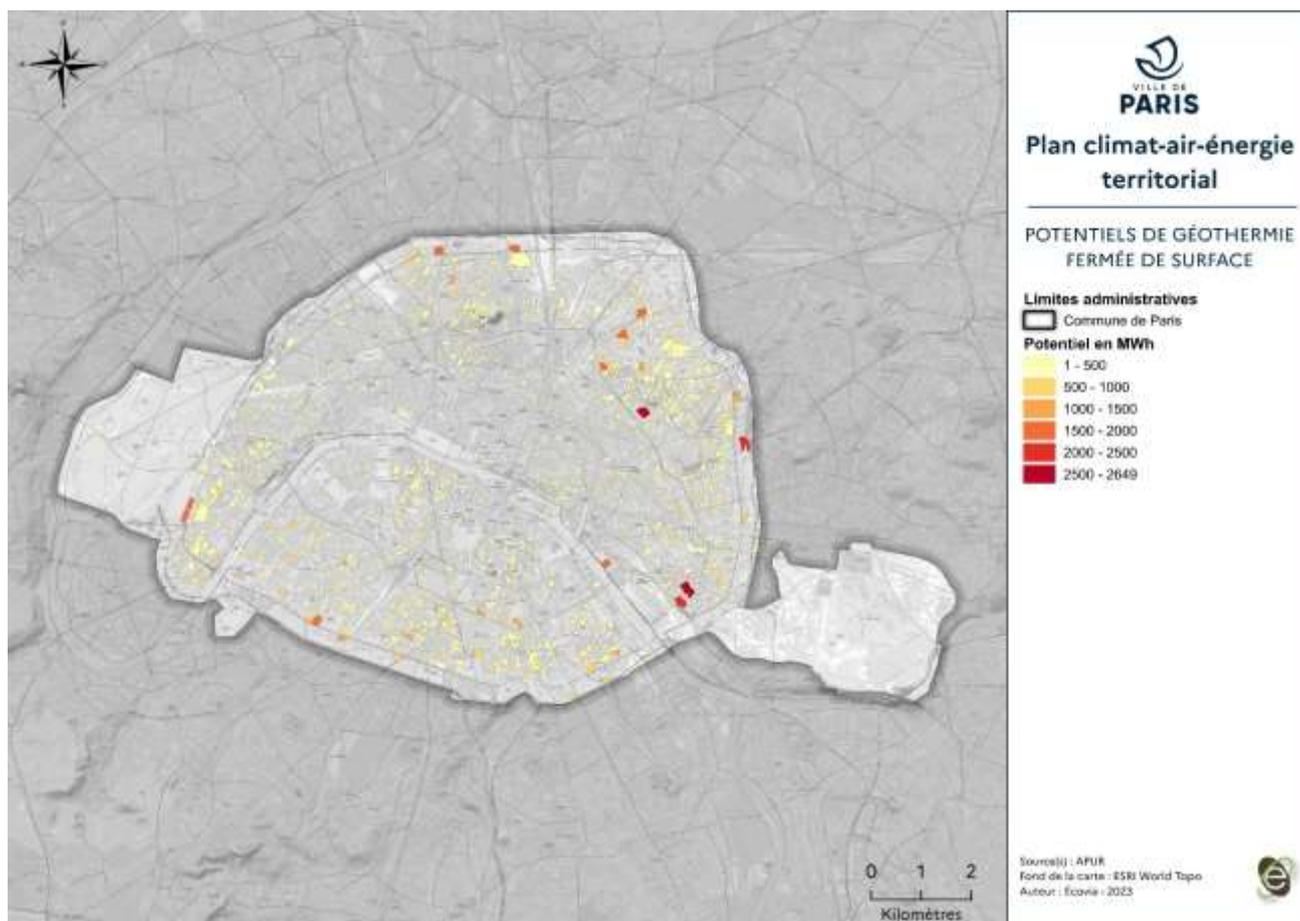
Opérationnellement, de nouveaux forages dans l'Albien et le Dogger restent possible à Paris, combinés à des réseaux de chaleur, comme cela a été réalisé à Paris Nord-Est ou aux Batignolles (Albien). Pour Paris, le nombre de nouveaux ouvrages possibles sur l'Albien est de 4, pour un **potentiel théorique total de 56GWh/an** ; par exemple, un nouveau puits géothermique dans l'Albien est envisagé dans la future ZAC de Bercy-Charenton avec un potentiel théorique de 14GWh. L'étude estime qu'à 2030 deux projets d'une telle envergure pourraient être réalisés et ainsi produire 28GWh.

Géothermie de minime importance

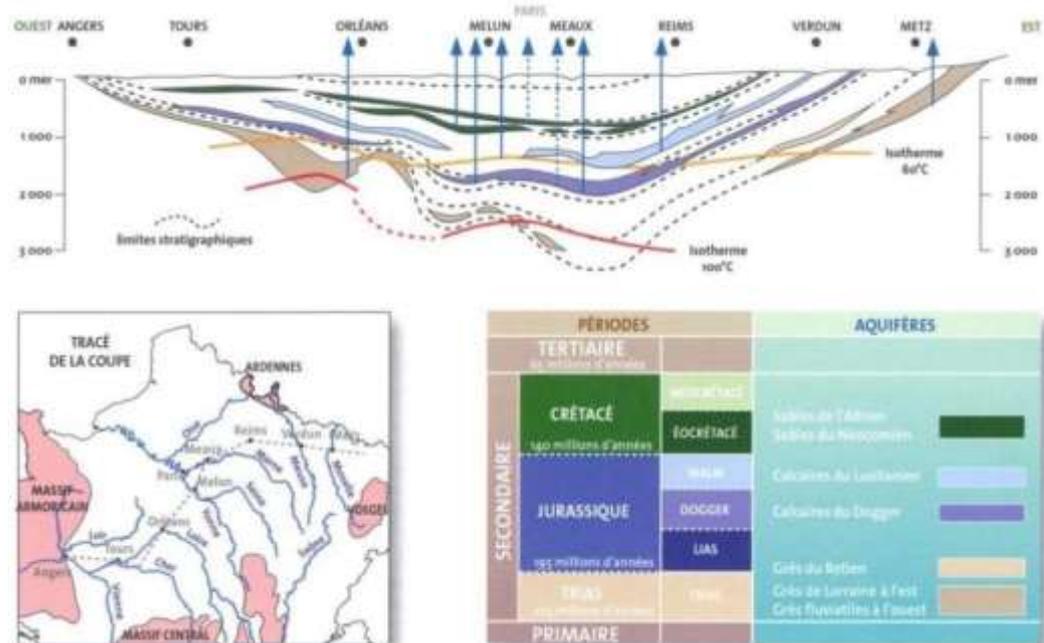
Cette technologie recouvre les ouvrages dont la profondeur est inférieure à 200 mètres et la puissance est inférieure à 500 kW, qui peuvent être des « échangeurs ouverts » (géothermie sur aquifère) ou des « échangeurs fermés » (sondes).

Si l'on étend la profondeur des projets jusqu'à 200m, le **potentiel total théorique du territoire parisien est de 249GWh/an**, avec une estimation de gisement exploitable à 2030 autour de 0,2 GWh/an, dû à la difficulté technique de mise en œuvre de ces projets.

Le potentiel géothermique réalisable reste donc marginal à l'échelle parisienne, sans pouvoir cependant être négligé pour des projets particuliers.



Potentiel géothermique de minime importance (Ecovia 2023)



Coupe stratigraphique du Bassin parisien (ADEME, BRGM)

Valorisation énergétique des déchets

Le potentiel théorique total (gisement) de déchets à Paris a probablement atteint son point maximal ; les déchets devant voir leur volume réduire, **cette source d'énergie est amenée à décroître en production.**

Cette baisse devrait être en partie compensée par l'augmentation du PCI des déchets grâce à une amélioration de la qualité du tri et notamment de la fraction organique des déchets, ainsi que les augmentations de performance qui seront progressivement constatées à court terme suite aux travaux du centre de valorisation Saint-Ouen-sur-Seine.

En synthèse, l'étude de 2020 estime que le vecteur énergétique des déchets (chaleur + électricité) réduira sa production d'environ 220Gwh, passant d'environ 1457GWh en 2019 à **1235GWh en 2030.**

Hydrothermie

En 2050, les besoins de froid devraient être de 3,5 à 4TWh/an en tenant compte à la fois des évolutions climatiques, et de l'amélioration des bâtiments.

En parallèle, le **potentiel théorique total de l'hydrothermie via l'eau de Seine à Paris est estimé à environ 733GWh/an.**

Avec un débit d'étiage QMNA5 de la Seine de 98.1 m3/s et un débit moyen interannuel de 310 m3/s le gisement théorique de la filière hydrothermie est important. L'exploitation de cette ressource peut être envisagée à grande échelle via un réseau de chaleur par exemple.

Le potentiel permettrait d'envisager la création d'au-moins 5 centrales de production de 100 MW chacune dont 50 MW par hydrothermie.

Opérationnellement, le schéma directeur du réseau de froid vise la construction d'une nouvelle centrale fonctionnant à l'eau de Seine, la livraison de plus de 630 GWh d'énergie frigorifique à horizon 2030 et la consommation d'énergie 100 % d'origine renouvelable à terme.

L'énergie annuelle totale fournie par la centrale serait de 220 GWh dont 165 GWh par hydrothermie (sortie PAC) soit une production annuelle d'ENR² de 110 GWh et un COP moyen annuel de 3.0.

Récupération de chaleur

Chaleur fatale

La chaleur fatale correspond à la production de chaleur dérivée d'un site de production, qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de ce fait, n'est pas nécessairement récupérée (ENERGIF).

Un potentiel de récupération de chaleur fatale existe sur le territoire via différentes sources :

- les Datacenter
- les eaux usées au sein du bâti
- des eaux usées des collecteurs départementaux et des émissaires du SIAAP traversant le territoire
- les procédés industriels
- l'air extrait des réseaux de transport fermés et des logements collectifs.

Concernant les datacenters, **le potentiel théorique total de production est de 88 GWh/an** ; cependant, de manière opérationnelle, l'étude de 2020 estime que le territoire parisien peut

ambitionner une production totale de 3,5GWh en 2030.

Chaleur des eaux

Selon les expériences de récupération de chaleur menées, la récupération de chaleur fatale des eaux usées sur le territoire parisien présente un **potentiel théorique total de 56GWh/an à Paris**. En effet, ce gisement dépend de la densité du bâti : plus les logements sont denses sur l'Iris, plus le volume d'eau usée est important. Opérationnellement, l'étude de 2020 estime que 250MWh/an pourraient être récupérés d'ici à 2030 sur ces sources.

Concernant les stations de traitement des eaux usées (STEU), la majorité sont situées en dehors de Paris sur des territoires trop éloignés pour être raccordés au CPCU. Cependant certains collecteurs se trouvent proche du réseau de chaleur : considérant ces derniers, le potentiel total théorique parisien serait de 7GWh/an.

Cependant la récupération de chaleur sur eaux usées reste une filière encore en phase « artisanale », peu de fournisseurs existent et savent implémenter ce type d'équipement sur les réseaux parisiens. Un engagement ambitieux de la Ville de Paris pour déployer plus massivement ces équipements pourraient attirer de nombreux acteurs économiques.

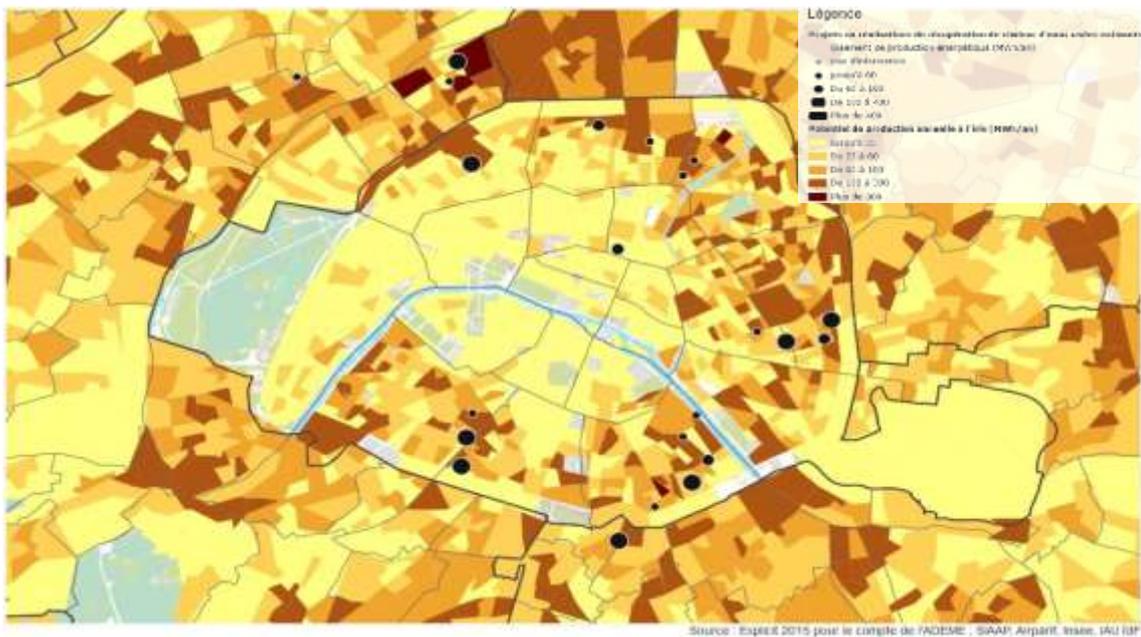
Des gisements de chaleur des industries sont également présents concernant la chaleur Basse Température (BT). Il n'existe pas de gisement de chaleur Haute Température d'origine industrielle en ce qui concerne le territoire parisien.

Les gisements de chaleur Haute Température (HT), proviennent principalement des Unités d'incinération de déchets non dangereux (UIDND) situés en dehors de Paris, notamment à Ivry-sur-Seine et à Issy-les-Moulineaux. Ils sont déjà valorisés dans le réseau de chaleur parisien et présentent éventuellement des reliquats. Néanmoins, leur viabilité s'arrête à la Seine et au tracé de la Bièvre et leur potentiel Basse Température n'est pas valorisé. D'ici 2030 peut être attendue une augmentation du gisement de la part de l'incinérateur d'Ivry-sur-Seine en prévision d'une hausse de raccordement des logements au CPCU.

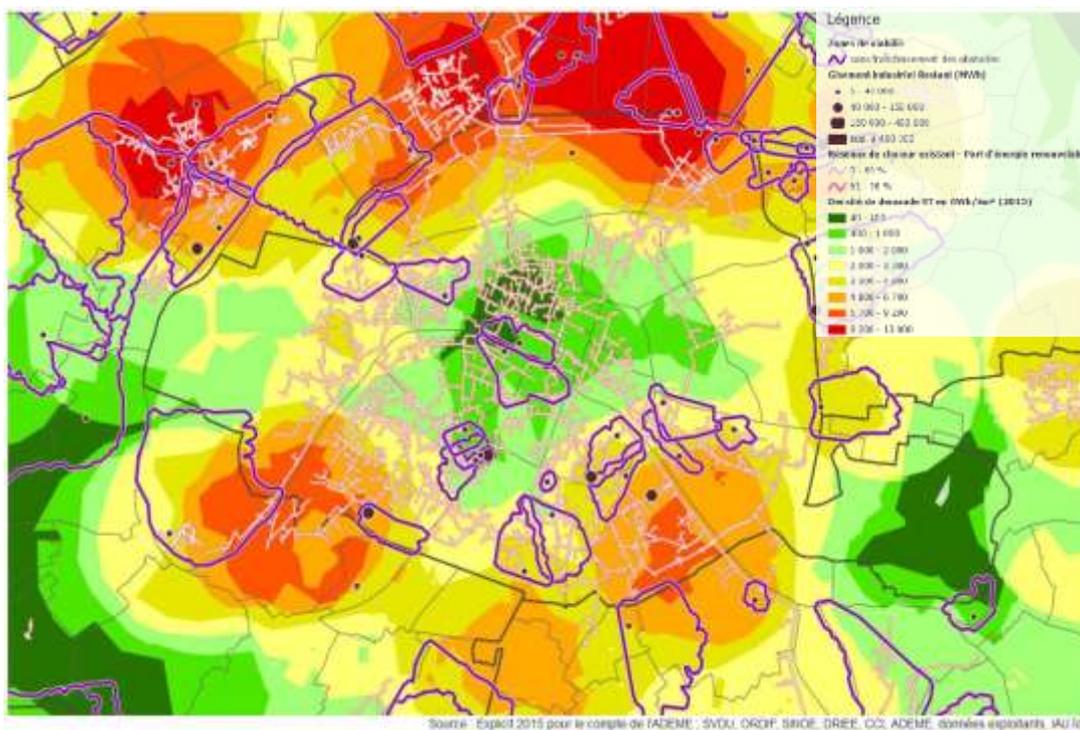
Chaleur de l'air

En ce qui concerne la récupération de chaleur sur air extrait du réseau de transport en commun, il est relativement difficile d'estimer le gisement théorique de cette filière. Il a été considéré qu'un projet pourrait voir le jour d'ici 2030 avec une production annuelle totale de 20 MWh.

Pour la récupération de chaleur sur air extrait des logements collectifs, le gisement mobilisable total (11Gwh/an) est évalué et la méthode considère que 1% des constructions neuves, soit 10 projets par an sur la période 2020 - 2030, présenteraient des conditions techniques et économiques favorables au développement de cette filière. La production annuelle d'un système d'aérothermie sur air extrait correspond à la valeur moyenne de production observée sur les installations de ce type en service en 2019 dans Paris.



Cartographie ENERGIF : Potentiel valorisable d'après les gisements des eaux usées en pieds d'immeuble en 2015 à l'IRIS



Cartographie ENERGIF : Zone de viabilité des réseaux de chaleur potentiels d'après les gisements basse température (BT) des Industries et la demande (BT) en 2015

Bois énergie

La forêt francilienne couvre environ 260 000 ha selon l'Inventaire Forestier National (IFN). La région a un taux de boisement de 21 %. Majoritairement privée, cette forêt est peu

exploitée, et la récolte de bois est impactée par la compétition d'usage, notamment avec les loisirs.

Le rapport d'étude « Disponibilité forestière pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035 » (IGN,

FCBA, ADEME, février 2016) montre un **potentiel d’augmentation de la production régionale de bois de l’ordre d’un tiers**, qui pourrait potentiellement servir au réseau de chaleur urbain parisien.

En revanche, les émissions de particules liées à la combustion du bois présentent des impacts sanitaires forts, d’autant plus en milieu urbain. En conséquence, un arrêté préfectoral francilien de 2015 interdit l’utilisation de biomasse solide comme combustible sur le territoire Parisien, à l’exception d’appareils « très faiblement émetteurs de poussières » (<16mg/m3) ou dans des installations de combustion de moins de 100kW « utilisées dans l’artisanat ».



DRIEAT, 2019

Énergie éolienne

L'énergie éolienne ne constitue pas un gisement intéressant à l'échelle de Paris du fait d'une vitesse des vents réduite et de leurs perturbations en milieu urbain.

E. Réseaux d'énergie

Présentation des réseaux d'énergie parisiens

À Paris, plus de 90 % de l'énergie consommée est distribuée par les réseaux d'électricité, de gaz, de chaleur et de froid.

Réseau d'électricité

Le réseau public de distribution d'électricité français est principalement constitué de réseaux « Basse Tension » (BT), de réseaux « Moyenne Tension » (MT ou HTA) et de postes de distribution publique (postes HTA/BT).

Le réseau basse tension Parisien représente 5110 km de lignes souterraines, et le réseau moyenne tension 4945 km ; Paris dispose également de 5063 postes de transformation.

Réseau électrique HTA

Le réseau Moyenne Tension (HTA) est constitué de l'ensemble des départs issus des postes sources situés en amont du réseau concédé et eux-mêmes alimentés en 225 kV. Les départs

HTA alimentent, à un niveau de tension de 20 000 volts, les postes HTA/BT de distribution publique et les postes privés raccordés en HTA.

Poste HTA/BT

Le poste HTA/BT, communément appelé poste de quartier, assure la liaison entre les réseaux

HTA et BT en abaissant le niveau de tension de 20 000 volts à 230 volts en courant monophasé et 400 volts en courant triphasé.

Réseau électrique BT

Le réseau Basse Tension (BT) permet l'alimentation sous une tension de 230 volts, qui est la tension d'utilisation habituelle pour les usages domestiques. Il est issu des postes de distribution publique. À Paris, tous les réseaux sont souterrains (exception faite d'une centaine de mètres de réseau Basse Tension).

Branchement

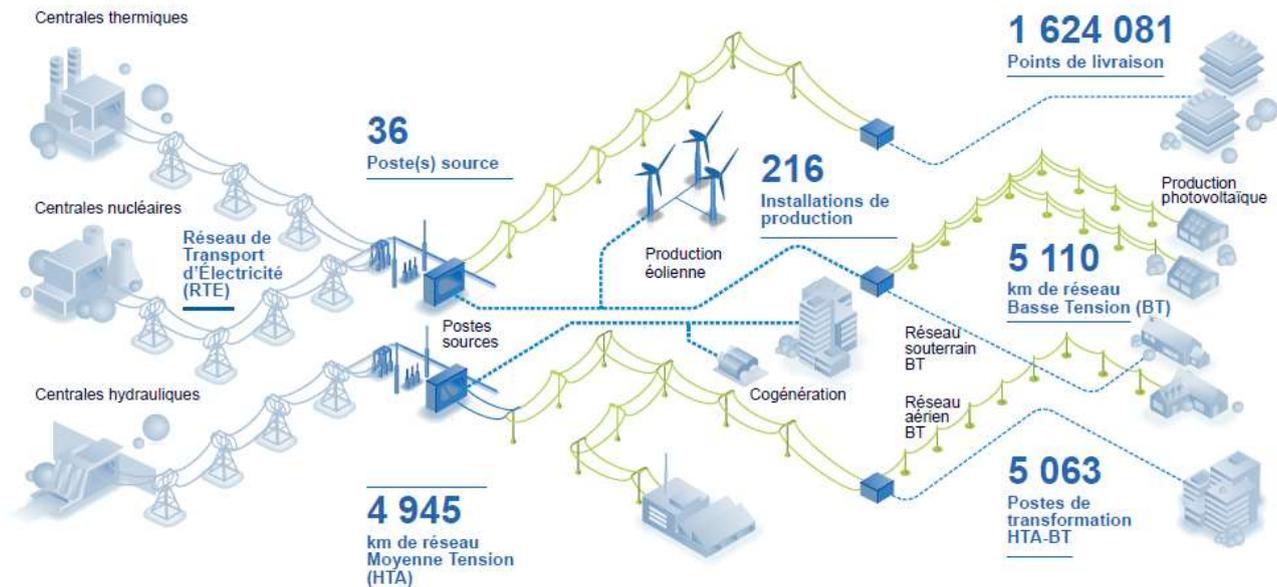
Le branchement individuel ou collectif (colonne montante) a pour objet d'amener l'énergie électrique à l'intérieur des propriétés desservies. Il est limité en amont par son point de raccordement au réseau et en aval par le compteur et le disjoncteur.

En termes de développement et d'exploitation du réseau, RTE établit le Schéma décennal de développement du réseau (SDDR) et les S3REnR, en accord avec les Gestionnaires de réseaux de distribution, sur la base d'objectifs de développement ENR² à un horizon donné ; aux côtés d'EDF, ils publient annuellement un compte rendu d'activité sur ces sujets.

Enfin, les enjeux identifiés sur la gestion du réseau concernent principalement :

- Le développement d'infrastructures de recharge de véhicules électriques ;
- Sécuriser le réseau face au risque d'inondation ;
- Intégrer les clients producteurs d'énergie dans le réseau
- Renouveler et entretenir le réseau.

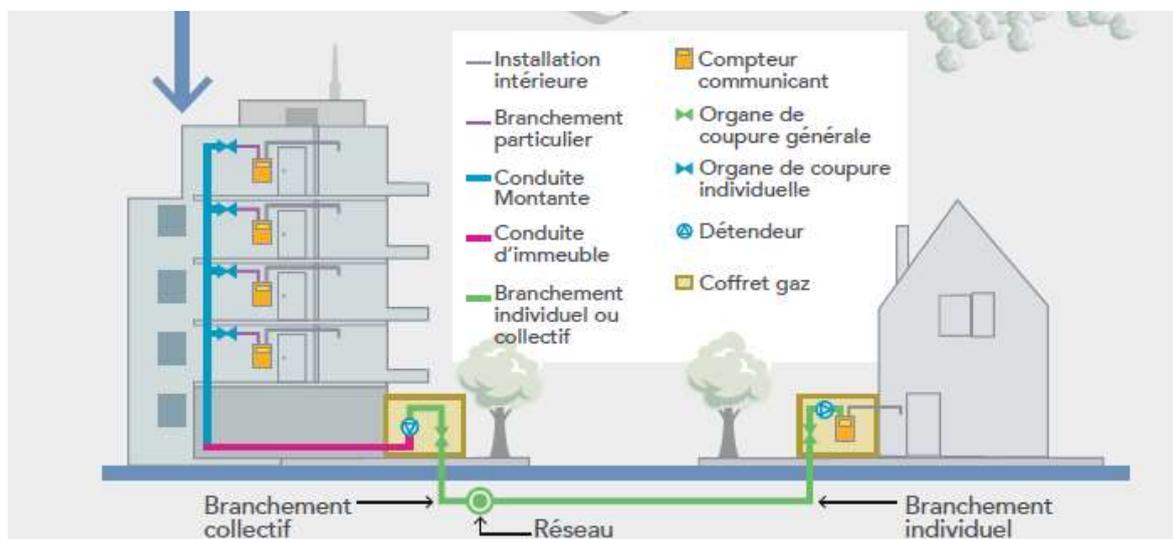
Le réseau public de distribution d'électricité

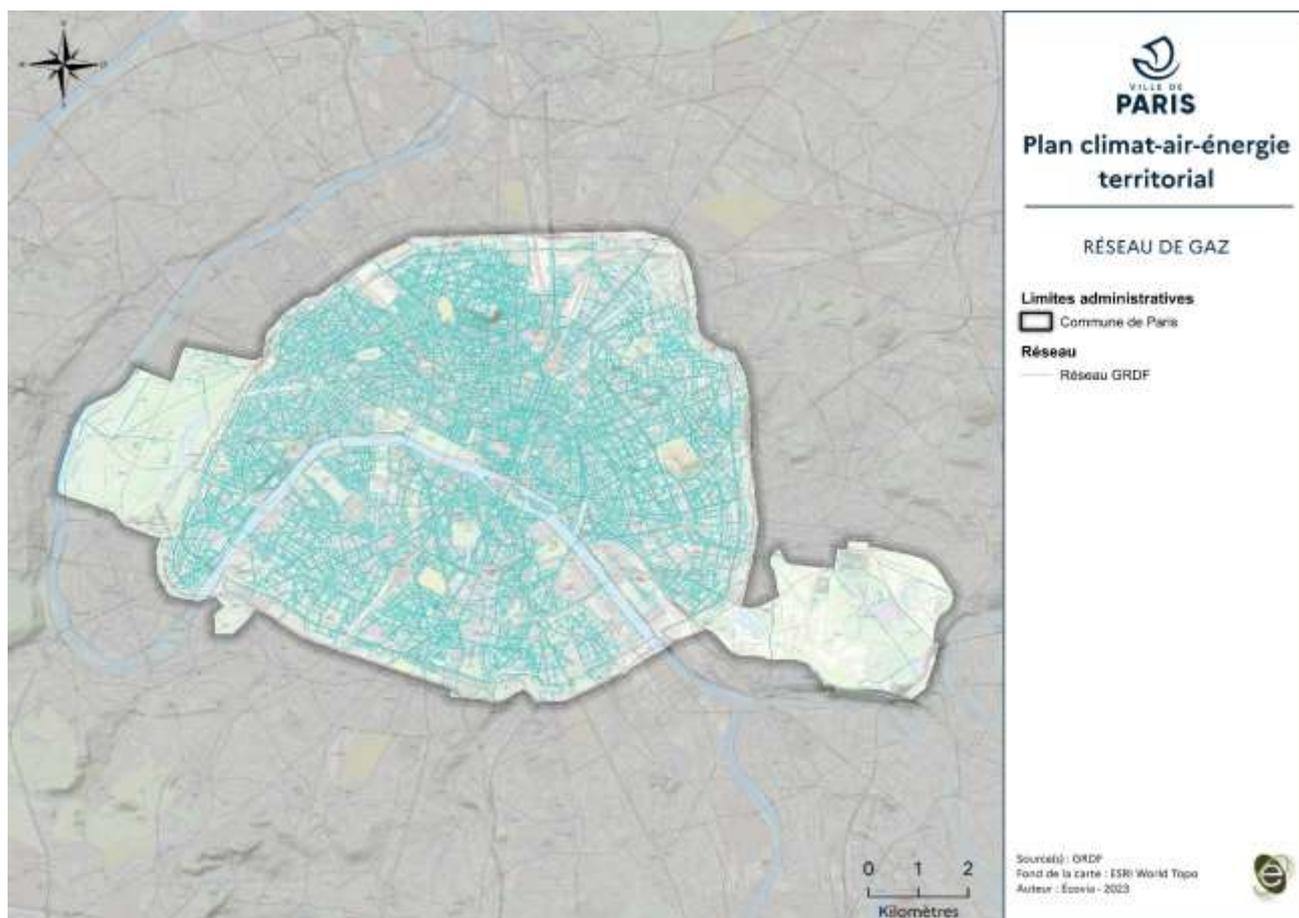


Réseau de gaz naturel de GRDF

Le réseau de gaz naturel parisien présente un linéaire d'environ 1900 km, composé de canalisations à basse et moyenne pression. Le changement de niveau de pression est assuré par 665 postes de détente réseau, et l'approvisionnement est assuré par des robinets de branchement au réseau, individuels ou collectifs.

Le réseau dessert plus de 450 000 clients sur territoire en 2021, en grande majorité des particuliers mais également des acteurs tertiaires et des industries ;





Réseau de gaz (Ecovia 2023)

Le réseau de chaleur urbain

Avec plus de 500 km de canalisations enterrés, le réseau de chaleur urbain parisien dessert presque 5 900 abonnés (dont la totalité des hôpitaux parisiens et 40 % des bâtiments tertiaires) se trouvant dans Paris même et 10 communes aux alentours.

Ils bénéficient d’une chaleur composée à plus de 51 % d’EnR² produite dans 12 centrales de

production de vapeur, la plus plupart étant situées à proximité immédiate de la Ville de Paris.

Ce réseau est alimenté en majorité par la récupération de chaleur des UVE du SYCTOM et de plus en plus par le gaz naturel (conversion au gaz des anciennes chaudières fioul du réseau CPCU).

L’introduction des biocombustibles, de la géothermie et du bois a permis d’augmenter la part des ENR² dans le mix énergétique.

Sites	Puissance thermique en MW	Chaudières Nb	Énergie livrée au réseau		Charbon en t	Bois en t	Gaz en MWh PCS	Biogaz en MWh PCS	Bio- combustible en t
			en GWh	Ratio					
CPCU	Bercy	495	4	176	2,6%		176 505	16 000	527
	Ivry	371	3	117	1,7%		130 665	12 000	
	Grenelle	548	5	178	2,6%		158 674	31 000	1 224
	Vaugirard	371	3	423	6,2%		213 500	281 000	
	KB + Salpê	17	1	9	0,1%		9 538	-	
	St-Ouen 1	280	2	387	5,7%		424 125		
	St-Ouen 2	495	2	950	13,9%	98 821	80 697		
	St-Ouen 3 ¹	326	1	718	10,5%		1 377 302		
	Sous-total	2903	21	2 958	43,2%	98 821	80 697	2 490 309	340 000
SNC Vitry ¹	Vitry	350	1	1 023	15,0%		1 668 399		
	Sous-total	350	1	1 023			1 668 399		
SYCTOM	Ivry IP 13	146	2	1 043	15,2%				
	St-Ouen	146	3	1 024	15,0%				
	Isséane	105	2	759	11,1%				
	Sous-total	397	7	2 826					
Géothermie	Géométropole PNE ²			18	0,3%				
	Batignolles			15	0,2%				
	Sous-total	0	0	33	0,5%				
Total	0	29	6 840	100%					

¹ L'énergie de base dans les cogénérations (Gaz) est transformée en :

^a Énergie Thermique (vapeur d'eau) utilisée dans le cadre de l'activité déléguée. Seule cette production est indiquée dans ce tableau.

^b Énergie électrique, activité hors concession.

² Production totale d'EnR&R y compris géothermie

Sites de production alimentant le réseau de chaleur urbain CPCU (Bilan CPCU 2021)

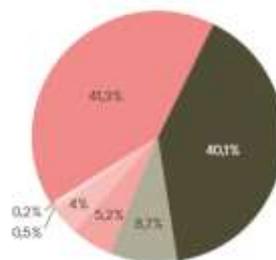
Les principales évolutions observées dans le mix énergétique CPCU sont dues à la :

- Suppression du fioul du mix CPCU en 2016 avec la conversion des chaudières au gaz naturel, avec notamment quatre chaudières fioul converties vers du biocombustible liquide.

- Diminution du charbon dans le mix à compter de 2016 et éradication en 2024. Réduire et éliminer cette part de charbon dans le mix énergétique représente un défi technique et économique pour la CPCU qui envisage le passage au 100% bois pour la centrale de Saint-Ouen et atteindre entre 55% et 60% d'ENR² d'ici 2025.

En 2021, le réseau de chaleur a couvert 4,4 TWh de besoins énergétiques, soit 22 % de la consommation totale d'énergie liée au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (APUR).

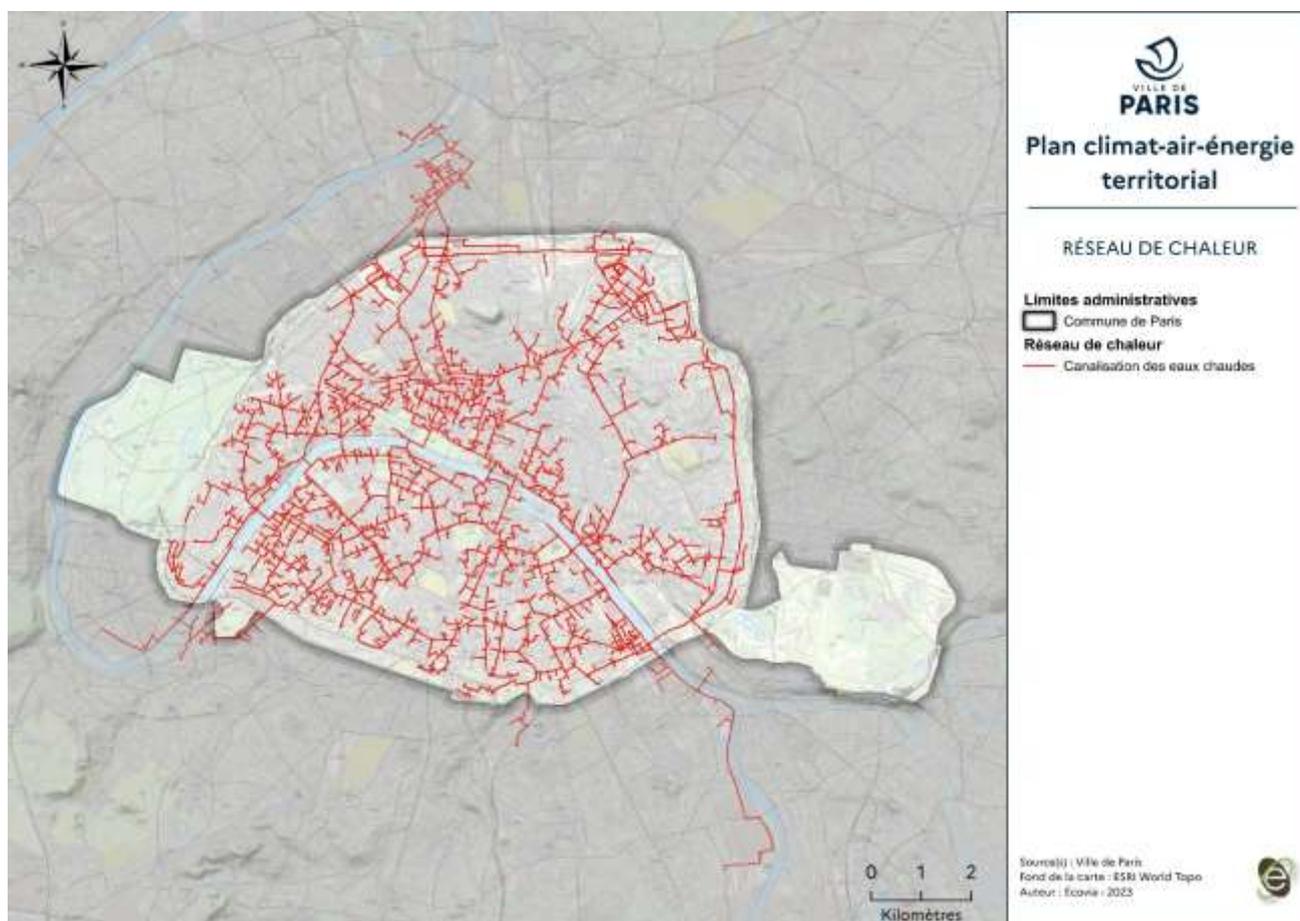
Mix énergétique de la CPCU



51% d'énergies renouvelables et de récupération

- Valorisation énergétique des déchets ménagers
- Biomasse solide
- Biométhane
- Géothermie
- Biocarburants liquides
- Gaz et cogénération
- Charbon

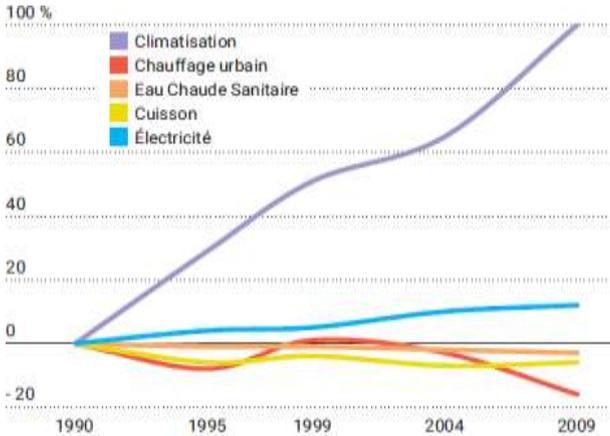
Mix énergétique et couverture des besoins du réseau de chaleur parisien en 2021 (CPCU)



Réseau de chaleur (Ecovia 2023)

Le réseau de froid

Le réseau de froid de Paris s'étend sur 89km en 2021 et distribue de l'énergie frigorifique à 765 clients sur le territoire parisien, en majorité des bureaux et commerces ainsi que de grands bâtiments ou complexes bâtimentaires (hôtels, musées, grands magasins...).

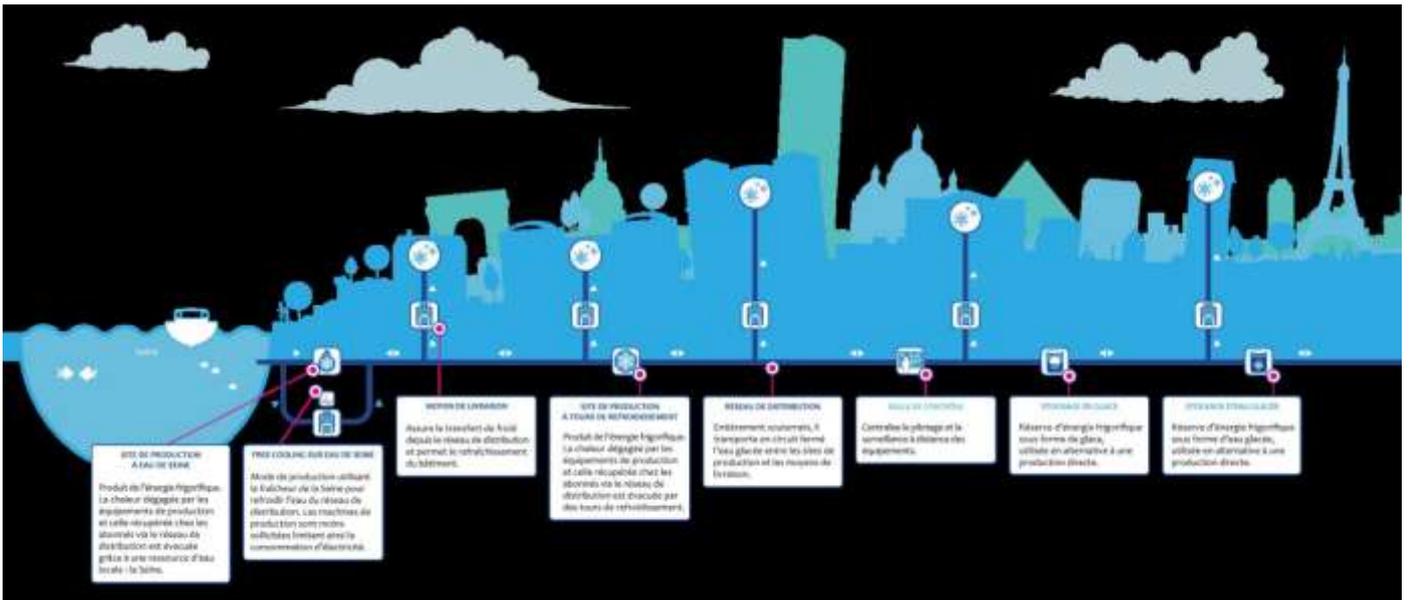
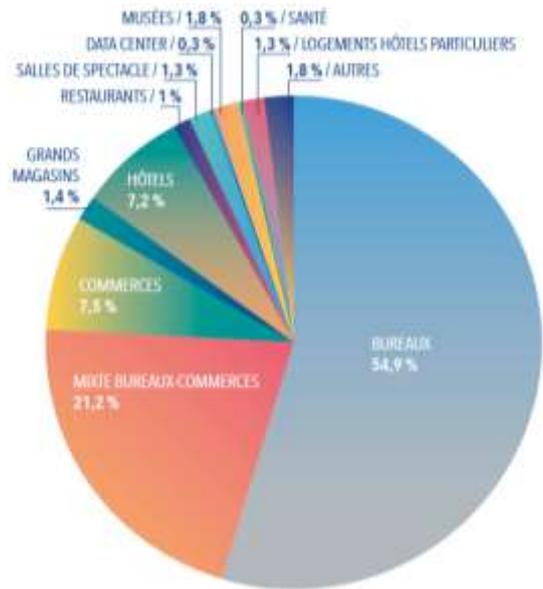


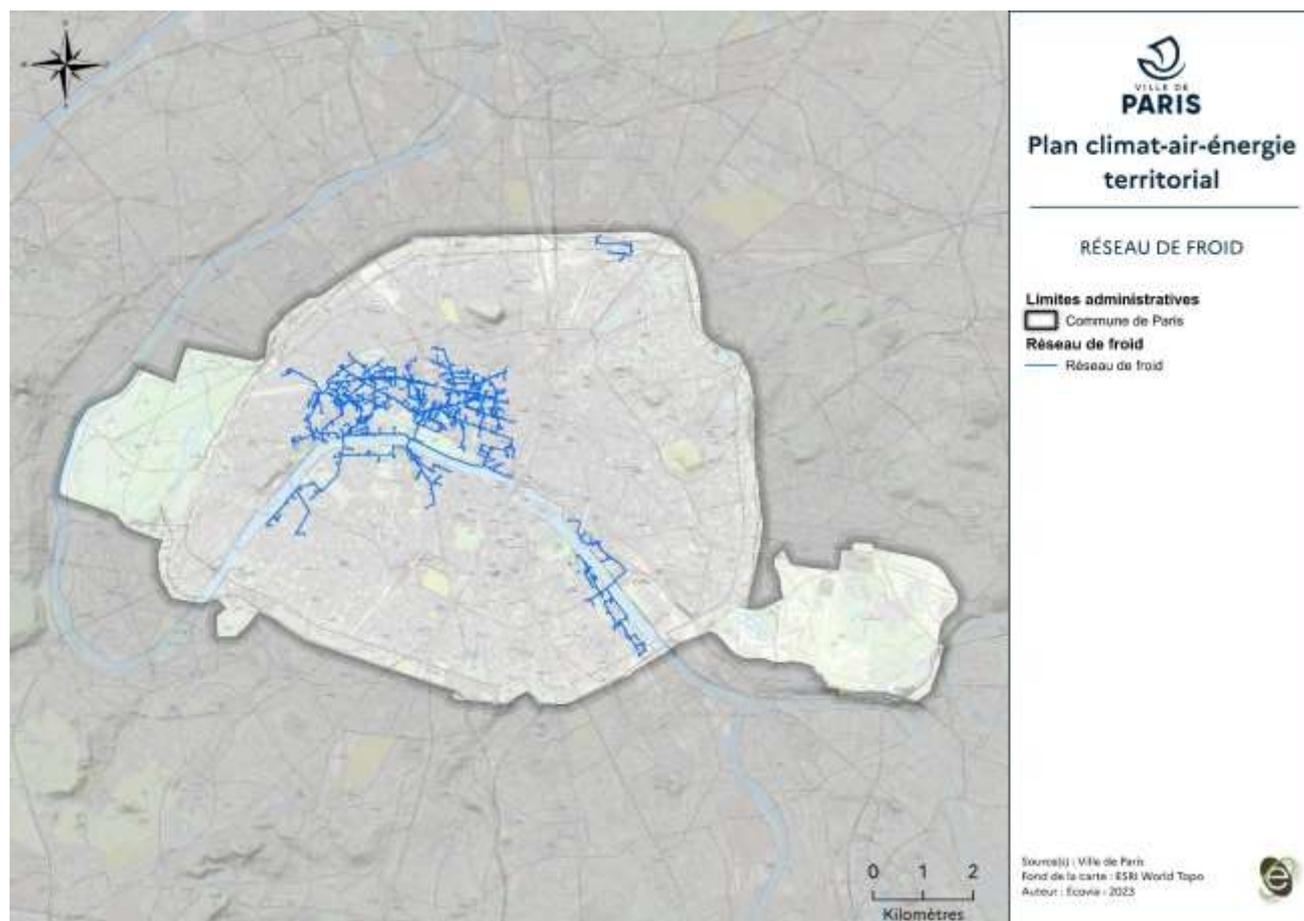
Source : CEREN

Evolution des consommations d'énergie des commerces parisiens de 1990 à 2009.

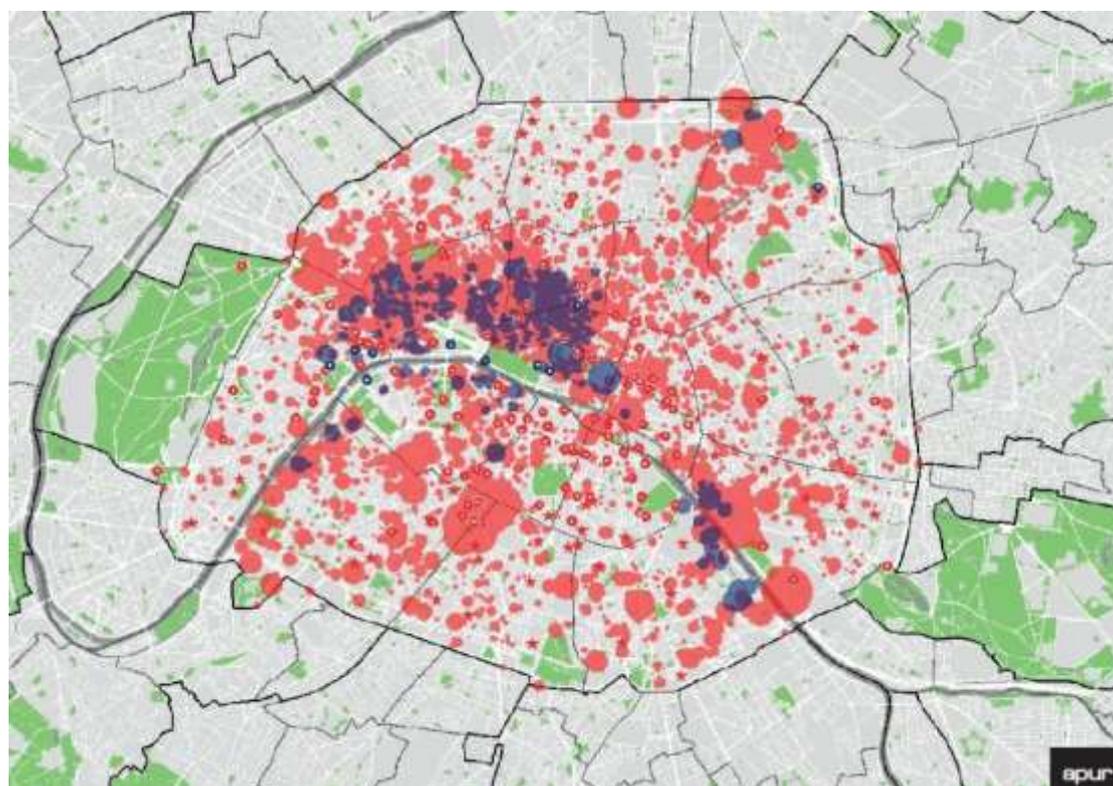
Exploité par Fraîcheur de Paris, ce réseau a distribué 374 GWh d'énergie en 2021, soit environ 20 % des besoins énergétiques en froid.

L'APUR a établi une localisation⁵ à partir d'une grande partie des consommateurs de froid (bureaux > 1 000 m², surfaces commerciales > 1 000 m², hôtels de plus de 50 chambres, musées et hôpitaux). Sans considérer les musées et les hôpitaux, cela représente environ 19 millions de m². 17 % de ce parc est raccordé au réseau de froid. Les 83 % restants sont équipés de solutions de climatisation autonomes ou par des boucles locales.





Carte du réseau de froid urbain de Fraîcheur de Paris en 2022 (Ecovia 2023)



Cartographie APUR : Localisation des consommateurs de froid parisiens (surface en m²)

Potentiel de développement des réseaux

Les réseaux de chaud et de froid présentent tous les deux un potentiel de récupération d'énergie :

- Le réseau de chaleur dispose de leviers de développement avec la récupération de chaleur fatale, particulièrement courante en milieu urbain ;
- Le réseau de froid bénéficie d'un potentiel de récupération de froid moins conséquent, et peut valoriser le réseau d'eau non potable.

Le réseau de chaleur urbain

Les objectifs à horizon 2030 et 2050 du réseau de chaleur se décomposent en :

- **Accélérer le verdissement du réseau pour atteindre 75 % d'ENR² en 2030 et 100 % en 2050.**
 - **Densifier les raccordements.**
 - **Développer les boucles d'eau chaude** valorisant les ressources d'énergie locales.
- **Sortir totalement du charbon en 2024.**
- **Convertir les centrales gaz/fioul aux ENR² (biogaz/biofioul) d'ici 2030.**
- **Créer de nouvelles unités de production de chaleur renouvelable (déchet, biomasse, récupération de chaleur).**

Pour atteindre ces objectifs, le réseau de chaleur parisien dispose de plusieurs leviers. Le potentiel de densification « au pied du réseau existant » très important de l'ordre de 30 % des surfaces, sa gouvernance locale et sa capacité à se verdir rapidement, la taille et l'importance du réseau parisien sont autant d'atouts qui permettront de relever le défi de la neutralité carbone. En outre, le réseau de chaleur est le seul réseau capable de capter et mutualiser les nombreuses sources de chaleur fatale diffuses sur le territoire parisien.

Le schéma directeur prévoit notamment :

- Le développement de boucles d'eau chaudes via le développement de leur réseau, de 34km actuel à 65 km de réseau à horizon 2030 et 205 km à horizon 2050. Une ossature de réseau vapeur perdurera pour valoriser l'énergie des déchets ménagers et transporter la vapeur sur de longues distances.
- Le développement de nouvelles puissances de production centralisée de vapeur à partir d'ENR² (Combustibles Solides de Récupération, biomasse). En 2030, 110 MW de puissance de production supplémentaires seront nécessaires, et 440 MW en 2050.
- L'amélioration de l'efficacité du réseau et la mise en place d'un véritable « smart heat grid » qui facilitera ce verdissement en optimisant le rendement global.

Le réseau de froid urbain

Les objectifs principaux à horizon 2030 et 2050 concernant le réseau de froid sont :

- Le développement du réseau à travers le doublement du nombre de nouveaux abonnés chaque année (+50 nouveaux abonnés par an), ainsi que l'extension du périmètre desservi (+ 5 km de réseau chaque année) ;
- L'approvisionnement 100% énergies renouvelables et l'amélioration de la récupération de la chaleur fatale.

Le développement du réseau de froid nécessite de maximiser son utilisation à la fois en densifiant les raccordements au réseau existant et en étendant celui-ci tout en diversifiant les usages et les usagers (résidents, établissements hospitaliers).

Ainsi, le potentiel de raccordement de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1000 m² est estimé à 1350 parcelles et 19 musées. Ceci nécessiterait environ 50 km de réseau supplémentaires et la construction de 18 centrales de 15 MW.

S'agissant de la récupération de chaleur fatale, la mutualisation des ouvrages avec le réseau de chaleur parisien sera privilégiée (production géothermique combinée chaud/froid par exemple). Le taux de valorisation de la chaleur fatale constituera un critère discriminant de la performance environnementale du réseau de froid.

Avec la hausse des épisodes caniculaires, le réseau de froid répond à de nombreux enjeux, en particulier, économiques et sanitaires. En revanche, la production de froid génère des productions de chaleur fatale. L'optimisation des systèmes existants et la mise en place de nouveaux équipements de rafraîchissement performants (pompes à chaleur sur nappe ou récupérant de l'énergie fatale...) devient un enjeu grandissant.

Le réseau d'électricité

Selon les scénarios d'Enedis spécifiques à la Ville de Paris, la consommation électrique globale varie de +8% dans le scénario de référence et de -7% dans le scénario sobre à horizon 2050.

Concernant le bâtiment résidentiel, le raccordement massif des bâtiments aux réseaux de chaleur et de froid s'accompagne d'une forte augmentation du nombre de foyers équipés en chauffage électrique, mais d'une baisse de leur consommation due à leur rénovation et d'une baisse des autres usages due au progrès technique. La baisse globale est scénarisée entre -10% et -30% entre 2019 et 2050.

Concernant le tertiaire, la consommation évolue de +17% à -2,5% entre 2019 et 2050 selon les

comportements de sobriété adoptés ; ils moduleront l'usage de la climatisation et des appareils numériques (datacenter, ordinateurs, équipements audiovisuels...)

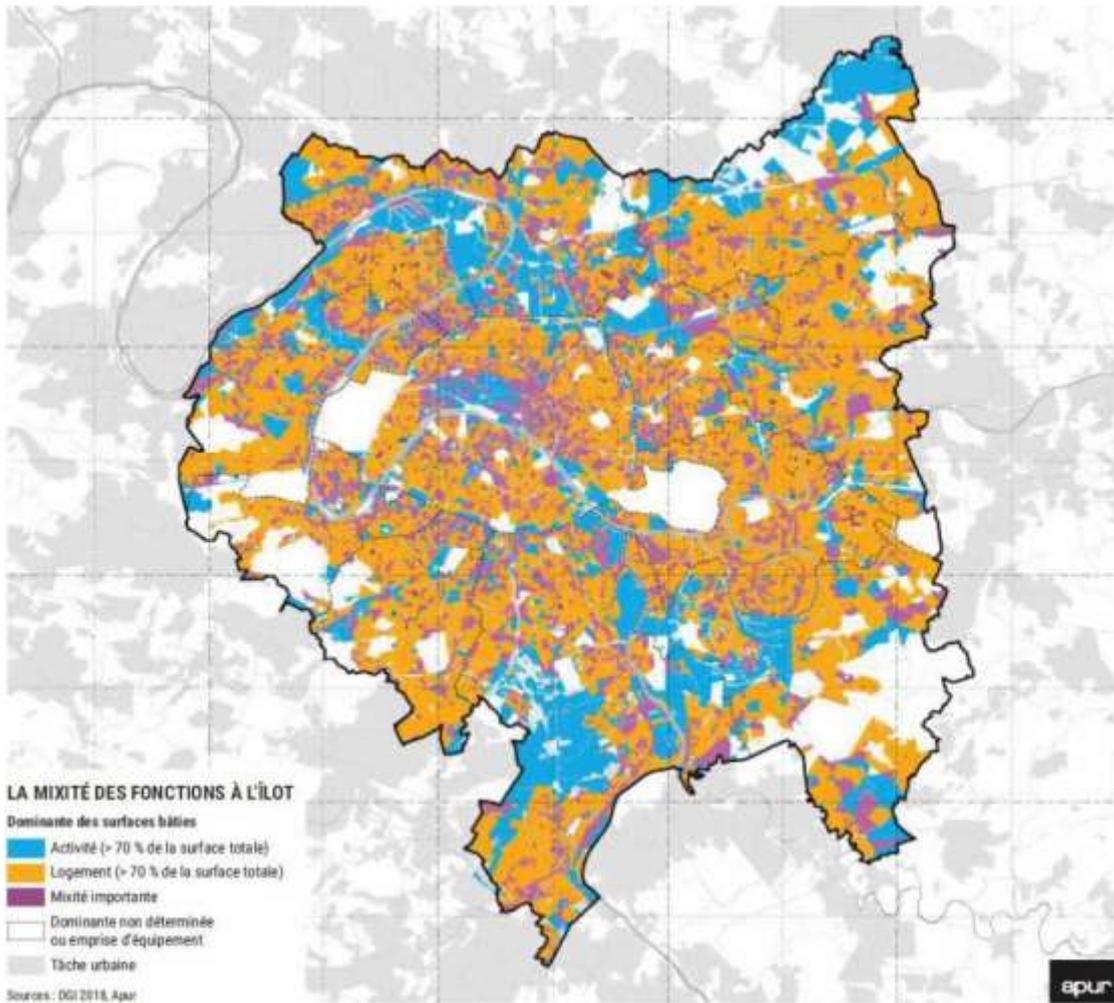
L'industrie verra sa consommation électrique monter de 2 à 4%, dû au développement de nouvelles centrales de production d'énergie sur le territoire, modulée par un gain d'efficacité énergétique.

Les mobilités verront leur consommation exploser, de quelques GWh en 2019 à près de 690GWh en 2050 – du fait de la croissance de toutes les catégories de véhicules électriques.

La mutualisation des fonctions

Enfin, au-delà du développement physique des réseaux, la mutualisation des productions/consommations entre les acteurs du territoire peut être développée :

- **Échanger l'énergie**, quand certains immeubles se chauffent, d'autres ont besoin d'être refroidis. La création de boucles locales d'énergie, des réseaux de faible dimension, permettra d'échanger l'énergie entre ces différents types de bâtiments
- **Renforcer la solidarité entre bâti neuf et stock**. La création d'un bâtiment peut être une opportunité en mettant à disposition de ses voisins un apport spécifique (exploitation de ressources ENR², tête de pont d'une boucle locale d'énergie).
- **Profiter de l'effet de masse**. Les Zones de Rénovation Concertée (ZRC) peuvent faciliter le regroupement de plusieurs immeubles ou copropriétés qui souhaitent lancer des opérations de réhabilitation.
- **Les 17 data center parisiens**, en 2020, peuvent aussi être des échangeurs thermiques. Ce potentiel reste à travailler.



Cartographie APUR : la mixité des fonctions à l'îlot (in Atlas de l'Énergie dans le Grand Paris)

F. Emissions de GES et séquestration carbone

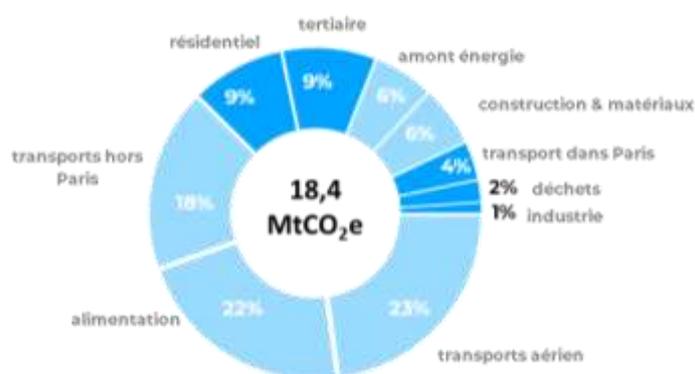
Emissions de GES actuelles

L’empreinte carbone de Paris s’élève à **18,4 millions de tonnes de CO₂e** (MtCO₂e) en 2021, soit **une baisse de 35%** par rapport à 2004.

L’empreinte carbone de Paris regroupe toutes les émissions de gaz à effet de serre générées par le territoire de Paris, quels que soient le lieu d’émission.

Au sein de l’empreinte carbone, il est distingué les émissions locales qui intègrent toutes les émissions directes générées par le territoire, à savoir: la consommation énergétique des bâtiments résidentiels, tertiaires, agricoles et industriels, celles des transports de personnes et de marchandises intramuros, ainsi que la collecte et le traitement des déchets. **Ces émissions dites « directes » représentent un volume d’émission locales de 4,72 MtCO₂e en 2021**, en baisse de 36%.

La part des émissions locales (en bleu foncé dans la graphique ci-dessous), de l’ordre de 26%, au sein de l’empreinte carbone, est quasi constante par rapport aux exercices précédents. Ce qui signifie que **¾ des émissions générées par Paris le sont à l’extérieur** de son territoire.



Empreinte carbone du territoire Parisien, 2021

Le premier secteur émetteur de l’empreinte carbone est le transport aérien (passagers et

marchandises) avec 23%. En 2018, avant la crise de la COVID, il représentait 34%.

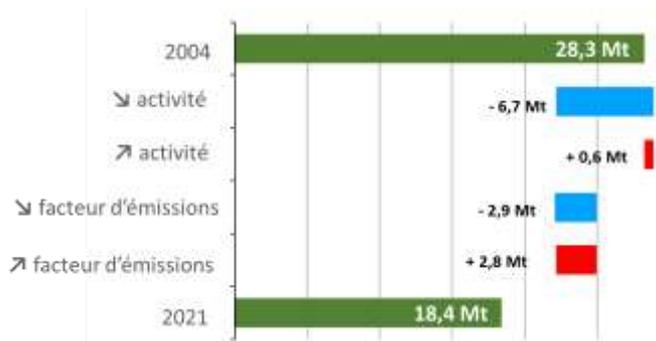
Le second est l’alimentation avec 22%. Le calcul prend en compte aussi bien les Parisien.ne.s que les personnes travaillant sur la ville (et consommant donc à minima un repas sur place).

Le cumul du transport de personnes et de fret (intra et extramuros) représente 22% de l’empreinte carbone. Les consommations d’énergie dans le bâti résidentiel, tertiaire et industriels représentent 19% de l’empreinte.

La baisse des émissions de l’empreinte carbone par rapport à 2004 résulte à la fois d’un effet de réduction des volumes consommés et d’une évolution des facteurs d’émissions associés.

Le facteur d’émission traduit, à la date, le coût en gaz à effet de serre de l’utilisation de tel bien, tel service, telle énergie ou tel matériaux. Certains facteurs d’émissions évoluent peu dans le temps soit parce que la technologie est mature, soit parce que c’est la juste traduction physique d’une entité. Par exemple pour la combustion du gaz, le chiffre de combustion de la molécule ne varie pas, alors qu’en revanche, le coefficient associé à la partie « amont » relative à l’extraction, au raffinage et à la distribution peut évoluer dans le temps. Ainsi, le facteur d’émission peut aussi traduire les effets de la circularité des matériaux dans la fabrication d’un bien (l’utilisation de matériaux recyclés diminuent l’empreinte carbone donc le coefficient) ou le recours à des énergies moins carbonées (éolien contre fioul par exemple).

Le facteur peut aussi évoluer par l’amélioration des connaissances, les facteurs de 2004 étaient dotés d’une grande incertitude dans certains secteurs : alimentation, consommables informatiques...



Répartition des gains et pertes : activités et facteur d'émissions 2004-2021

La figure ci-dessus indique ainsi que les gains et pertes par les facteurs d'émissions se compensent. Parmi les augmentations notables de facteur d'émissions, il y a celui du TER, et du fret routier (sachant qu'il y a eu changement de méthodologie entre 2004 et les bilans carbone plus récents). Parmi les baisses des facteurs d'émission, se trouvent la fabrication de certains métaux, les traitements des déchets, le fret ferroviaire, le réseau de chaleur parisien, le mix national de l'électricité avec une augmentation des énergies renouvelables, le bitume des parkings.... L'évolution des motorisations des véhicules se retrouvent surtout dans les déplacements passagers.

L'intensité carbone de l'énergie consommée par les Parisien.ne.s baisse entre 2004 et 2021 avec un réel transfert d'énergies très carbonées (gaz, fioul et voitures thermiques) vers des énergies moins carbonées (réseaux urbains, électricité et transports en commun). Les augmentations d'activité se retrouvent sur le nombre de repas des travailleurs parisiens (ceux de la population sont en baisse), sur la construction (bâtiments et voirie) et sur une plus grande utilisation des transports en commun ferrés (Transilien, métro, RER...). Les baisses d'activités sont notables au travers de la réduction des km pour les frets routier et aérien ((en raison notamment de l'impact de la crise COVID encore présente) ou encore sur les déplacements de personnes par voie routière (voiture, bus). Pour les

consommations énergétiques, les baisses aussi sont très nettes à quelques exceptions : augmentation de la consommation de gaz dans les secteurs industrie et tertiaire et également augmentation des consommations du réseau de froid pour le tertiaire.

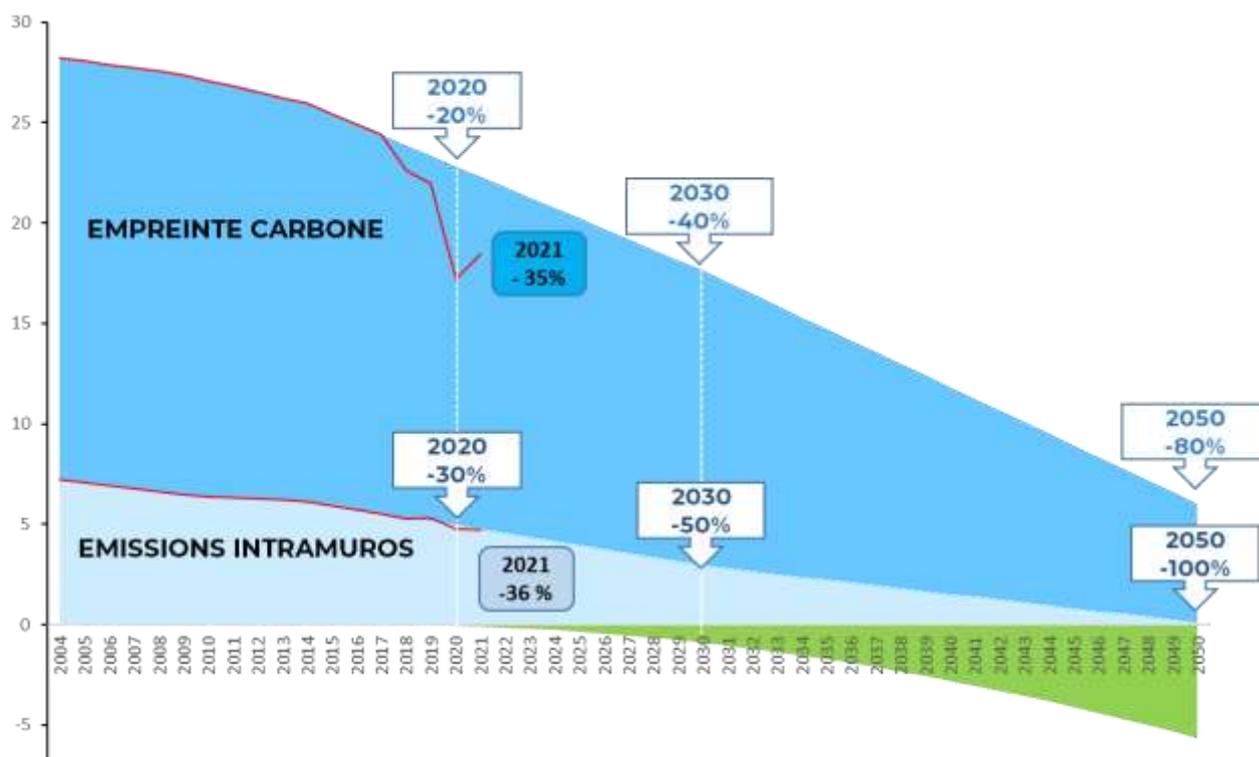
La réduction de la quantité de déchets par Parisiens est à noter, ainsi que l'amélioration du recours au tri ou à la valorisation énergétique.

Prospective à 2023 et neutralité carbone

L'année 2020 était un des marqueurs de la trajectoire carbone de la Ville de Paris. L'impact de la COVID, plus forte sur l'empreinte carbone que sur les émissions locales de gaz à effet de serre, ne permet pas de comparer de manière normale les résultats de cette année avec ces objectifs. 2021 montre déjà une reprise des émissions de gaz à effet de serre et il faudra attendre à minima 2023 ou 2024 (et la reprise des activités à un niveau « normal ») pour voir si les émissions de gaz à effet de serre suivent les courbes prévues.

Les **projections à 2023** (prochaine année de rapport sur le bilan carbone territoire et le bilan carbone administration) annoncent un gain par rapport à 2004 respectif de **31% pour l'empreinte carbone et de 42% pour les émissions locales**.

Au regard de la trajectoire de neutralité carbone adoptée par le Plan Climat de Paris de 2018, **les tendances sont donc favorables mais restent fragiles** en raison des résultats hétérogènes des nombreux acteurs concernés et de l'interdépendance entre eux (responsabilités collectives, publiques, privées, entrepreneuriales ou individuelles). La prochaine décennie qui s'ouvre est cruciale.



Trajectoire pour la neutralité carbone des émissions de Paris 2004-2050 et atteinte des objectifs

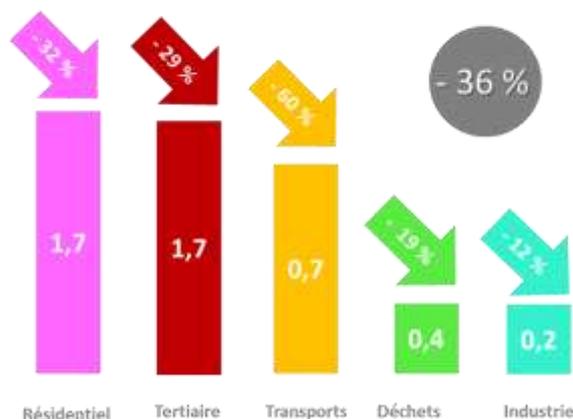
-10

Émissions locales

Les émissions locales représentent les gaz à effet de serre directement produits sur le territoire parisien, elles concernent principalement les secteurs du bâtiment, du transport et des déchets. Ces émissions constituent le principal levier d'intervention du Plan Climat de Paris et révèlent les effets de la politique environnementale engagée par Paris et ses partenaires depuis 2007.

En 2021, les émissions locales de Paris s'élèvent à **4,72 MtCO₂e** et sont **en baisse de 36%** depuis 2004.

Emissions locales 4,72 Mt CO₂e



Emissions locales de Paris 2021 par rapport à 2004

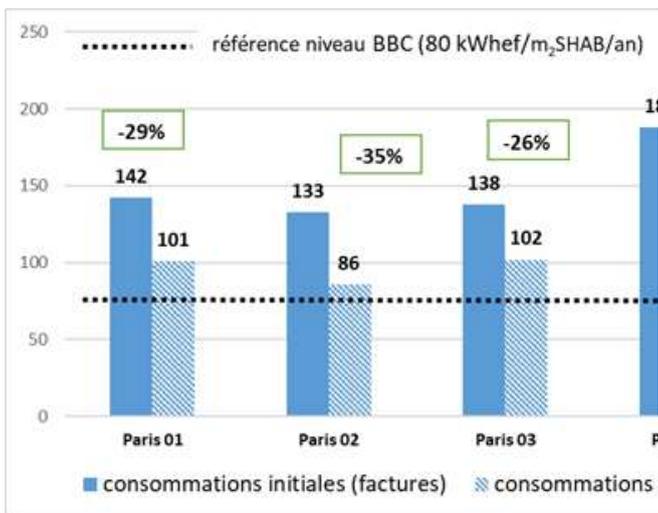
Résidentiel

Les logements représentent à Paris un enjeu prioritaire du Plan Climat et compte parmi les secteurs les plus importants en matière d'émissions de gaz à effet de serre. En tant que capitale, Paris présente une structure résidentielle typique des grandes villes, caractérisée par une prédominance d'habitats collectifs et une forte densité de logements. *Ainsi le territoire parisien compte 1,38 millions de logements, dont 252 000 logements sociaux, soit 21,1% des résidences principales.*

Autre particularité parisienne, le parc immobilier est marqué par un patrimoine ancien parfois historique aux contraintes architecturales fortes avec plus de **80% des bâtiments construits avant 1975**.

À Paris, en 2018, 567 000 résidences principales présentent un diagnostic de performance énergétique (DPE) classé E, F ou G. Cela représente plus de la moitié (54%) du parc parisien de résidences principales. Parmi celles-ci, 326 000 sont même classées F ou G, catégories assimilées aux « passoires thermiques ».

L'impact de la rénovation a pu être mesurée dans le cadre du programme Eco-Rénovons Paris lancé en 2016 et la mise en œuvre de la plateforme CoachCorpo pour accompagner et accélérer la rénovation énergétique des copropriétés.



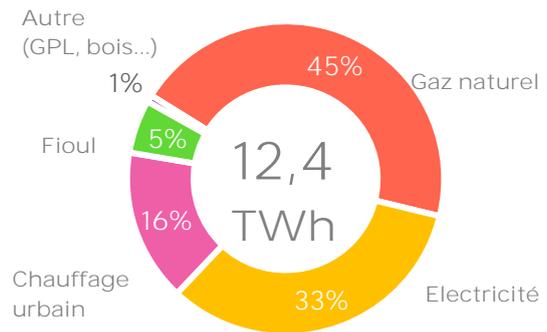
Evolution des consommations réelles pour le chauffage de 5 copropriétés rénovées – APC

Le renouvellement urbain est ainsi faible au regard des autres grandes métropoles (<1%/an) avec peu d'espaces à bâtir. En outre, Si les bâtiments les plus anciens ne sont pas forcément les plus énergivores, ils nécessitent beaucoup de précaution dans leur traitement ce qui augmente les coûts d'intervention et ralentit le rythme de rénovation.

9% de la surface de Paris (hors bois) est en renouvellement urbain.

La consommation du secteur **Résidentiel** est de **12,4 TWh** en 2021, ce qui représente une **baisse de 19 % par rapport à 2004**.

Une baisse est observée pour la consommation de l'ensemble des énergies. Les baisses les plus fortes sont pour le fioul (-53%) et le GPL (-72%) puis viennent le gaz naturel (-16%), l'électricité (-12%) et le réseau de chaleur (-10,5%).

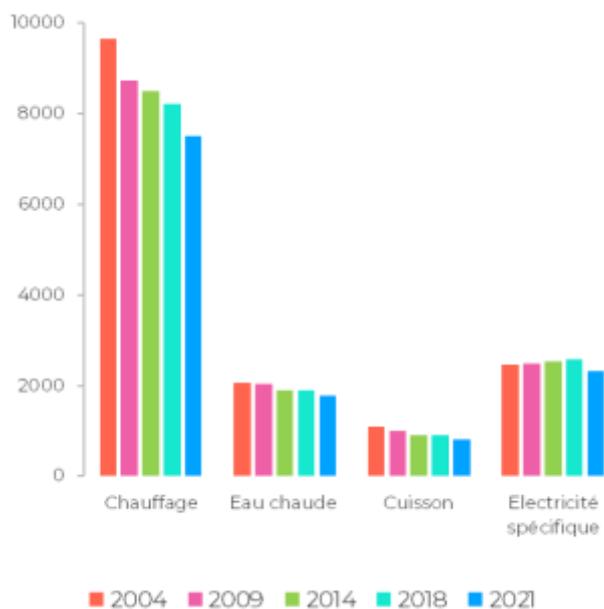


Résidentiel 2021 - Répartition des consommations énergétiques

Les modes de chauffage ont également évolué sur cette période avec une réduction du nombre de logements chauffés au fioul (renforcée depuis avec l'interdiction de vente de nouvelle chaudière au fioul en 2022).

La répartition des consommations par usages nous montre que les efforts en matière de rénovation énergétique commencent à porter leurs fruits, ainsi le **poste du chauffage est celui qui connaît la plus forte baisse avec -22% depuis 2004**.

L'électricité spécifique (les usages captifs de l'électricité : l'éclairage, la bureautique et la climatisation) marque une **baisse en 2021**.



Résidentiel 2021 - Évolution des consommations énergétiques par usage (GWh)

Dès le 1er Plan Climat de 2007, la Ville s'est engagée à réhabiliter en priorité les 25 % des logements sociaux les plus énergivores d'ici 2020. Pour atteindre ces objectifs, la Ville met tout en œuvre pour cofinancer la rénovation de 5 000 logements par an conformément au Plan Climat 2018 en incitant les bailleurs sociaux à réaliser des rénovations exemplaires, les performances cibles étant un gain énergétique moyen de 60 % et une consommation énergétique après travaux de 80 kWh/m²/an (an (niveau de consommation cible du label BBC rénovation).

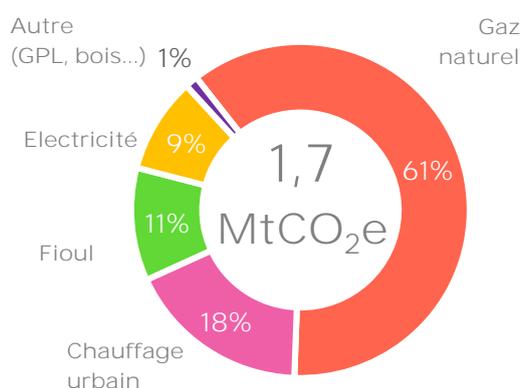
Depuis 2009, ce sont plus de 58 000 logements sociaux, qui ont fait l'objet d'un accompagnement financier dans le cadre de projets de rénovations globales pour un gain de 54% sur la consommation d'énergie, 56% sur les émissions de gaz à effet de serre et une économie de charges d'environ 400 € par logement par an. En 2021, ce sont 3 921 logements qui ont financés.

Dans le cadre du dispositif « Eco-rénovons Paris » pour accompagner les logements privés (2016-2021), 32 859 logements privés ont été accompagnés. En 2020, 148 copropriétés regroupant 9 729 logements ont voté un programme de rénovation environnementale et 54 copropriétés regroupant 3 117 logements ont terminé leurs travaux. Au-delà de

l'accompagnement technique apporté, la Ville de Paris et ses partenaires se sont engagés dans le financement des projets.

Aujourd'hui, le patrimoine prioritaire en termes de rénovation concerne surtout de petits immeubles anciens et aussi des immeubles de taille moyenne plutôt récents.

En plus de la rénovation, depuis 2008, ce sont près de 25 000 logements sociaux qui ont été construits selon les meilleurs standards environnementaux.



Résidentiel 2021 - Répartition des émissions de gaz à effet de serre

Dans le cadre du secteur résidentiel, le gaz naturel, déjà en première position pour la consommation, représente aussi le premier poste d'émission avec 61 %.

Bien que l'électricité concerne 33% des consommations, elle ne représente que 9% des émissions. En effet, son facteur d'émissions est 4 fois moins élevé que celui du gaz naturel et 5,6 fois moins élevé que celui du fioul.

Des efforts conséquents sont mis en œuvre pour éradiquer le chauffage au fioul à Paris, toutefois **les émissions dues au fioul restent assez élevées et dépassent la contribution de l'électricité** puisqu'elles pèsent respectivement 11 % et 9 %. L'Agence Parisienne du Climat estime, qu'en 2021, environ 1 100 copropriétés sont encore chauffées au fioul à Paris, correspondant à environ 30 000 logements (contre 45 500 logements en 2019).

Les émissions dues au réseau de chaleur urbain représentent le deuxième poste avec 18 %. Le réseau du chauffage urbain est passé de 415 km en 2001 à 517 km en 2021 (+25%). En 2021, il a

produit 8 millions de tonnes de vapeur et a chauffé environ 250 000 équivalents logement à Paris.

Les **émissions du Résidentiel** qui représentent **1,7 MtCO₂e**, ont diminué de **32 % depuis 2004**.

Cette diminution est liée à la diminution des consommations énergétiques du résidentiel (2,9 Twh tCO₂e), surtout attribuable à une diminution des besoins en chauffage.

Le taux d'énergies renouvelables a favorablement évolué dans le mix du réseau de chauffage urbain, faisant baisser le facteur d'émissions et donc les émissions de gaz à effet de serre. Depuis 2008, les facteurs d'émission du gaz naturel, de l'électricité et du chauffage urbain ont également diminué, contribuant à la baisse des émissions.

Tertiaire

Le Tertiaire à Paris regroupe les acteurs économiques et institutionnels du territoire. Cela représente 59 millions de m² d'immobilier d'activités, soit près de 45% de la surface bâtie totale de Paris. *Entre 2004 et 2018, la croissance du parc était de 6,5% par an.* Les activités tertiaires sont très diversifiées et disposent de spécificités propres à chaque métier. Elles sont réparties en 8 secteurs ou branches d'activité :

- Cafés, Hôtels Restaurants : hôtels, restaurants, cafés, débits de boisson, cantines, restauration collective et les traiteurs,
- Habitat Communautaire : EPAHD, auberges de jeunesse, résidence universitaire, autres hébergements touristiques, organisations religieuses (édifices religieux, congrégations ...);
- Santé Action Sociale : hôpitaux et cliniques, cabinets médicaux, crèches, établissements pour personnes handicapés ou en difficulté;
- Enseignement Recherche : de la maternelle au supérieur, les centres de formation;
- Sport Loisir Culture : établissements culturels (musées, cinémas, théâtres...), établissements sportifs (gymnases, piscines...), établissements de loisir (salle de spectacles, les discothèques) ;

- Bureaux, Administration : bureaux, laboratoires d'analyses médicales, cabinets dentaires et vétérinaires, organisations politiques, tribunaux, parc des expositions, bureaux privés et publics ;
- Commerce : commerces de gros, commerces de détail, grands magasins, garages et entrepôts ;
- Transport : gares et stations de métro, locaux des compagnies de taxis, de transports aériens ou fluviaux déménageurs.

Dans cette grande diversité, les activités de bureau demeurent les plus répandues sur la capitale avec **36% de la surface chauffée du parc** (données 2022).

Les **émissions locales du tertiaire** représentent **1,7 MtCO₂e** en 2021, **en diminution de 29%** par rapport à 2004

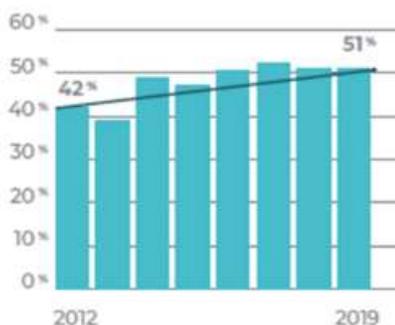


Émissions du Tertiaire par énergies (2021)

Cette baisse d'émissions plus significative par rapport à l'énergie s'explique par la répartition entre sources d'énergie plus ou moins carbonées.

Le gaz naturel reste prépondérant dans ce bilan, l'injection de biogaz au niveau national étant encore marginal. Les investissements sur le secteur sont en plein essor, aussi cette tendance devrait s'inverser dans les prochaines années. Enfin les émissions sur le réseau de chaleur sont en baisse, conséquence directe d'une amélioration du système de production, d'une baisse de la consommation et de l'introduction

progressive d'énergie renouvelable dans le mix énergétique.



Evolution du pourcentage d'énergies renouvelables et de récupération dans le réseau de chaleur urbain CPCU (2021)

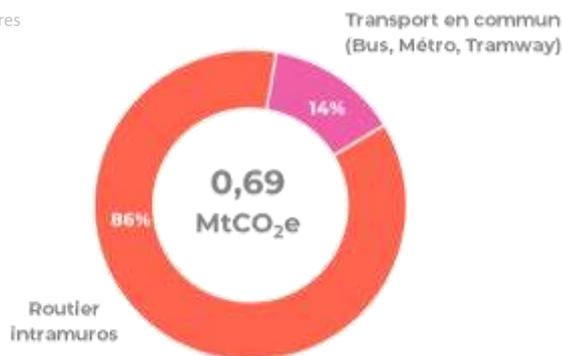
Transport intramuros

Les émissions locales ne tiennent compte que de la combustion des carburants. Les émissions liées à la production de ces derniers et à la construction des véhicules sont intégrées dans le poste « Amont Énergie » de l'empreinte carbone.

Le Transport intramuros regroupe tous les déplacements routiers de personnes dans Paris, sur le boulevard périphérique ainsi que les transports en commun de la RATP ou de la SNCF (métro, RER bus et tramway) et le fret routier de marchandises dans Paris.

Les déplacements de personnes

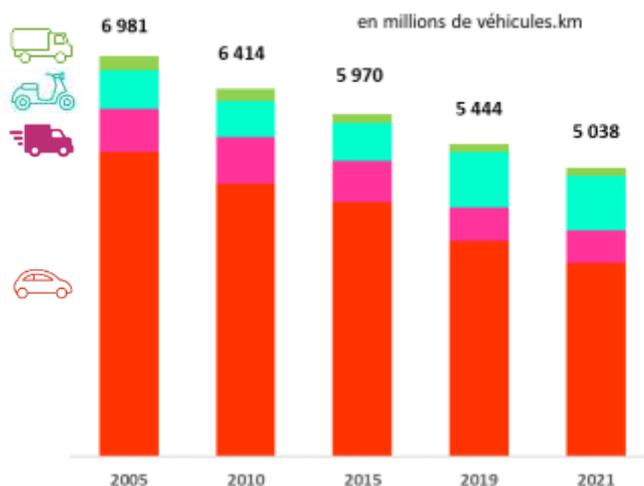
La marche reste le moyen de déplacement privilégié des Parisiens pour leurs déplacements quotidiens. La dernière enquête transports de 2020 indique pour Paris que « Avec 4,34 déplacements par personne et par jour, la mobilité des Parisiens est plus élevée que la moyenne régionale (3,75). 6% des déplacements sont réalisés en voiture, 59% à pied ou à vélo, et 31% en transports. 67% des déplacements en lien avec Paris sont des déplacements internes au territoire. ».



Émissions locales du Transport à Paris (2021)

Même en baisse, la majorité des émissions de gaz à effet de serre reste liées à la voiture.

Le transport routier dans Paris et sur le boulevard périphérique s'établit à **5 038 millions de véhicules.km en 2021, soit une baisse de 28%** depuis 2005.



Évolution du transport routier à Paris (2005-2021) Airparif

La répartition modale du trafic fait apparaître la prépondérance des véhicules légers qui représentent 67% de la circulation (en légère baisse depuis 2018) contre seulement 3% pour les poids lourds. L'usage des 2 roues motorisées a pris de l'ampleur au cours des dernières années et représentent 19% du trafic. La Ville est en train de développer une offre de 2 roues motorisées électriques en free floating via des opérateurs privés pour décarboner ces trajets.

Toutefois, il y a des disparités sur la baisse entre les déplacements dans Paris et ceux sur le boulevard périphérique. Entre 2004 et 2021, le trafic (en millions de véhicules.km) a diminué de

13% sur le boulevard périphérique et de 45% pour Paris intra-muros.

Du fait de sa forte inertie et avec le recul progressif de la circulation automobile dans Paris, les efforts devront à l'avenir porter sur le boulevard périphérique dans l'optique de la transformer en boulevard urbain. Une expérimentation aura lieu à l'occasion des Jeux Olympiques de 2024 avec la création d'une voie olympique et paralympique pour transporter les athlètes qui par la suite pourrait devenir une voie dédiée au véhicules de transports collectifs ou partagés. La réduction de la vitesse à 50km/h est aussi envisagée.

Outre la diminution du recours aux véhicules, l'amélioration des motorisations a conduit à des baisses des facteur d'émissions des divers carburants et le développement des véhicules moins carbonés contribuent à la baisse des émissions locales pour les transports routiers. Le % de véhicules particuliers parisiens décarbonés (électriques, hydrogène, essence et gazole hybride rechargeables) est passé de 0,3% en 2011 à 3,4% en 2021.

Fin 2021, 2 400 bornes de recharge électrique sont à la disposition des Parisien·nes dans le cadre du dispositif Belib'.

Les aménagements de voirie réalisés depuis 19 ans ont permis de progressivement réduire la place de la voiture au profit des mobilités actives : circulation limitée à 30km/h dans tout Paris⁶, 1 124 km de linéaires cyclables aménagés, 37,2 millions de déplacements à Vélib', Zone à faible émission pour le crit'air 4 et 5, prolongement du tramway T3 pour atteindre plus de 104 millions de voyages en 2021...

Les transports de marchandises

Les émissions de gaz à effet de serre du **transport de marchandise** estimées à **0,03 MtCO_{2e}** en 2021, ont **baissé de 52% par rapport à 2004**.

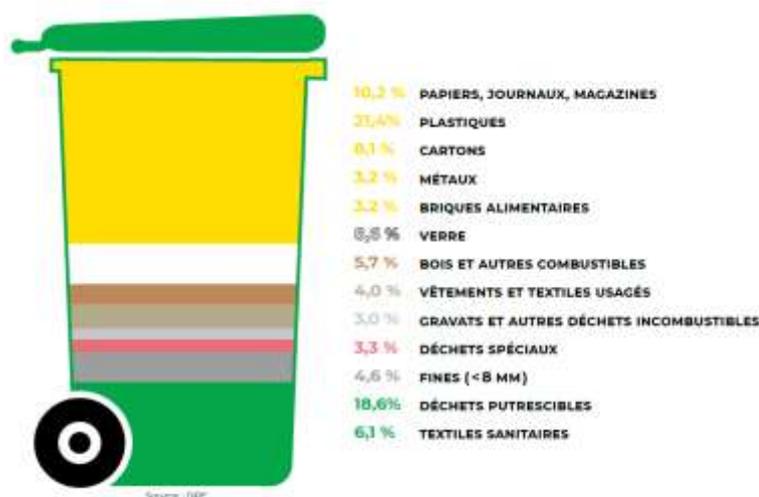
La Ville de Paris travaille au développement avec les acteurs concernés d'une politique de logistique urbaine durable. Elle a notamment

favorisé l'accès au foncier sous le boulevard périphérique pour la création de l'Espace Urbain de Distribution dont les travaux sont en cour en 2020.

Au global, le Transport intramuros a généré **0,71 MtCO_{2e} en 2021**, soit **une baisse de 60%** par rapport à 2004.

Déchets

Le volume de déchets produits chaque année par habitants est en baisse et s'élève en 2021 à **425 kg/hab**, soit 928 363 tonnes au total. Il s'agit à 88% de déchets ménagers et assimilés, le reste étant composé des encombrants et déchets dangereux.



La composition du contenu du bac est analysée selon une méthode de comptage dite MODÉCOV mise au point par l'ADEME (fin 2021).

Composition des ordures ménagères résiduelles de la poubelle parisienne (2021)

La Ville de Paris a mis en place la collecte sélective dès 2001 et a progressivement renforcé ce service. Ainsi le volume collecté est passé de 59 960 t en 2004 pour atteindre 159 267 t en 2021 soit **une multiplication presque par 3 en l'espace de 20 ans**. 726 962 tonnes (soit 73,5%) sont valorisées énergiquement et seules 4%

⁶ hormis le périphérique, les boulevards des Maréchaux et quelques axes.

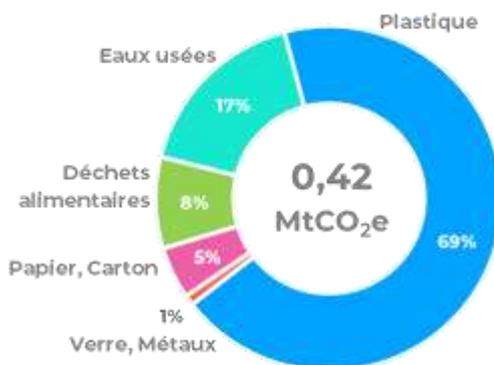
(41 846 t) sont enfouies. La Ville s'est engagée dans une politique de zéro déchets non valorisés.

Depuis plusieurs années, la Ville développe une collecte sélective sur les déchets alimentaires : biodéchets des ménages, de l'administration, des marchés. En 2021, 141 sites proposant de la restauration collective (équipements de restauration scolaire, établissements du Centre d'Action Sociale de la Ville de Paris, restaurants collectifs administratifs). et 55 marchés alimentaires sont collectés. Ces déchets (3 657 t) associés aux déchets verts (897t) permettent de produire du biogaz et du compost. Cela s'accompagne aussi du développement des points de compostage : fin septembre 2021, le territoire parisien disposait de 972 composteurs collectifs installés en pied d'immeuble, dans l'habitat et en établissements publics, et de 44 composteurs de quartier.

En 2021, la première édition d'un Appel à Projet « compostage de proximité » a été lancé afin d'accompagner des projets assez « classiques » de compostage de quartier, dans l'espace public (voirie, jardins, etc.), dans les cours d'immeubles, dans les équipements publics municipaux et aussi en soutien à l'émergence de solutions, de services ou d'installations plus innovantes.

Les émissions dues aux déchets des Parisiens sont estimées à partir des données sur les tonnages collectés et le type de traitement des différentes catégories de déchets.

Les eaux usées sont également considérées comme des déchets, En 2021, 273,3 millions de m³ ont été collectés pour Paris et traités.



Répartition des émissions des déchets (2021)

On remarque la prépondérance de l'impact du plastique sur les émissions de ce secteur puisqu'il représente 69% des émissions (en baisse depuis ces dernières années).

La part des ordures ménagères chute depuis 2004 avec **-170 kg/habitant**, mais la part des déchets recyclés stagne autour de 20%.

Les déchets ont généré **422 000 tCO₂e en 2021**, en **baisse de 19%** par rapport à 2004.

Industrie

Le secteur de l'industrie se rapporte principalement aux outils de production d'énergie sur le territoire (émissions directes des réseaux de chaleur de Paris et du réseau de froid, émissions dues aux fuites de fluides frigorigènes des systèmes de climatisation du réseau Fraicheur de Paris, émissions des autres industries...).

La consommation énergétique est estimée à 1,4 TWh en 2021, en baisse de 13% par rapport à 2004. Depuis 2004, le rapport entre la consommation d'électricité et de gaz se sont inversés. C'est désormais le gaz qui est la principale source d'énergie de l'industrie. La bascule a eu lieu en 2020.

L'Industrie à Paris a généré **175 000 tCO₂e** en 2021 **en baisse de 12%** par rapport à 2004.

La baisse peut être expliquée par une diminution des consommations du réseau de chaleur, de l'amélioration du process, du recours à des énergies moins carbonées (biogaz contre fuel, géothermie).

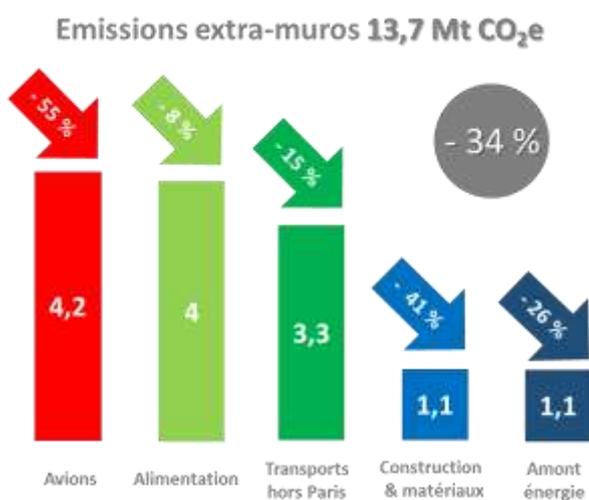
À noter que la comparaison avec 2004 peut présenter des incertitudes. En effet, en 2020, Grdf a procédé à une re-répartition des consommations entre résidentiel et industrie. Cela a provoqué une diminution des consommations du résidentiel et à une hausse des consommations pour l'industrie. Cette nouvelle répartition n'a été rétroactive que jusqu'à 2018.

Les émissions extra-muros

En compléments des émissions locales produites directement sur le territoire, la Ville de Paris a fait le choix d'évaluer l'ensemble des émissions induites par l'activité de son territoire : on parle d'émissions « extra-muros », « indirectes » ou « hors Paris ». Ces émissions complémentaires concernent la production alimentaire, le transport hors de Paris (y compris l'avion), les matériaux liés aux constructions, et l'amont⁷ de la consommation énergétique.

La somme des émissions extra-muros et des émissions locales composent l'empreinte carbone.

En 2021, ces émissions de gaz à effet de serre extra-muros représentent **13,2 MtCO₂e émises de l'extérieur de Paris, en baisse de 34% depuis 2004.**

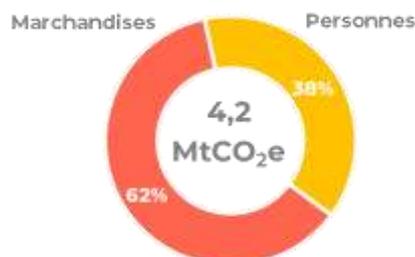


Émissions indirectes de Paris (2004-2021)

⁷ Amont : pertes en ligne, amortissement des installations énergétiques (création, destruction)

Transport Aérien

Le secteur du transport aérien comprend les émissions des vols des Parisiens et des marchandises, en provenance et à destination des deux aéroports desservant la capitale, destinées à l'usage de Paris. Paris est une des seules villes à comptabiliser la totalité des émissions dues aux transports aériens de son territoire.



Émissions des avions (2021)

Déplacements de personnes

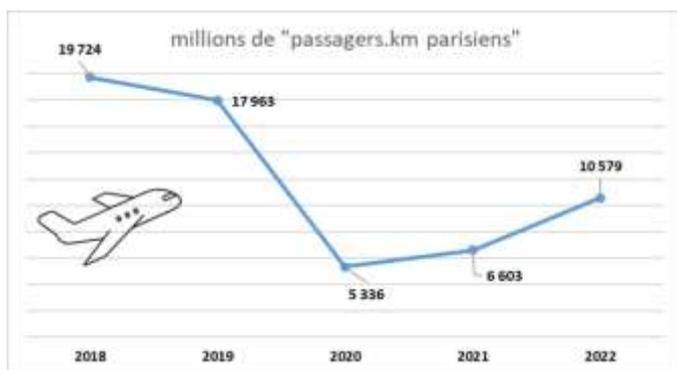
En 2021, **2,6 millions** de déplacements ont été effectués par les Parisien.ne.s en avion pour des motifs personnels ou professionnels, c'est presque 3 fois moins qu'en 2004. Si on cumule la distance parcourue par les Parisien.ne.s en avion sur l'année, on dénombre 6 603 millions de passagers.km.



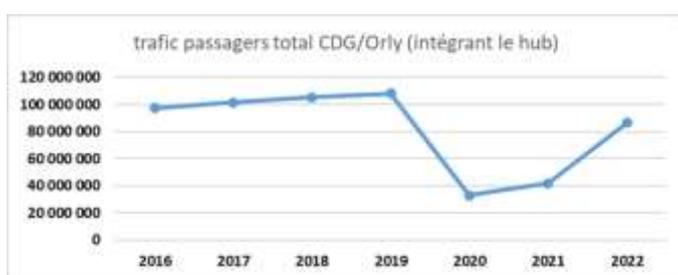
Répartition des voyages en avions des Parisiens (2021)

Pour 2021, les **émissions des voyageurs** sont estimées à **1,6 MtCO₂e**, soit une **baisse de presque 73%**.

Cette baisse considérable est à la tendance constatée ces dernières années : les Parisiens prennent moins l'avion.



Evolution du trafic en millions de passagers.km pour les Parisien.ne.s



Evolution du trafic global des aéroports de Paris

Il faut aussi noter l'impact de la crise COVID, qui a fait diminuer de 69% le nombre de passagers.km entre 2019 et 2020.

Transports de marchandises

La distance parcourue par le transport aérien de marchandises est évaluée à **1 151 millions de tonnes.km soit 26% de moins qu'en 2004**. Cette différence s'explique notamment par un meilleur taux de remplissage des avions.

Les émissions du transport **aérien de marchandise** sont de l'ordre de **2,6 MtCO₂e**, soit une diminution de **26%** par rapport à 2004 notamment grâce à un taux de remplissage optimisé des avions et des distances parcourues moins importantes.

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur aérien (fret et passagers) représentent **4,2 MtCO₂e en 2021** et constituent le **premier poste du bilan** des émissions de Paris. Elles sont en **baisse de 55%** par rapport à 2004.

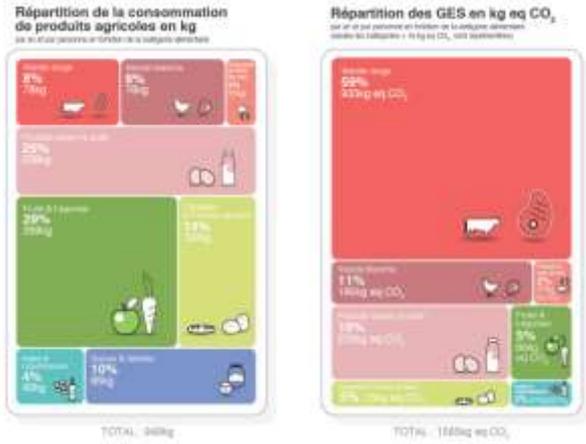
Alimentation

Ces émissions tiennent compte des habitudes alimentaires sur Paris ainsi que de la provenance et des modes de production des denrées consommées.

Le quart des émissions de gaz à effet de serre en France provient de nos assiettes, principalement lié à la production alimentaire. En France, l'agriculture occupe 54 % du territoire et génère 20 % des émissions de gaz à effet de serre. Les modes de production ont des conséquences sur l'environnement : utilisation d'engrais et pesticides, dégradation des sols et des réserves en eau, forte consommation d'énergie... Il faut aussi prendre en compte la transformation des aliments, le transport, le stockage et la conservation (dans les grandes surfaces alimentaires, la réfrigération représente à elle seule 40 % des consommations d'énergie).

Les émissions de gaz à effet de serre de nos aliments dépendent de plusieurs facteurs :

- le type d'aliments (1 kg de bœuf à produire émet plus d'un 1 kg de poulet à produire).
- La saisonnalité du produit : une tomate produite hors saison génère 4 fois plus de kg équivalent CO₂ par rapport à la même tomate produite à la bonne saison
- Le mode de production : par exemple une tomate produite sous serre chauffée émet jusqu'à 10 fois plus de gaz à effet de serre qu'une autre produite sous serre non chauffée. Le recours aux produits phytosanitaires et aux engrais a aussi un impact.



Poids de produits dans l'alimentation versus leurs poids en gaz à effet de serre (par an et par habitant).

La consommation alimentaire parisienne concerne 2,2 millions d'habitants intra-muros, 1,1 million de personnes non-résidentes travaillant chaque jour à Paris.

Selon une étude du Crédoc de 2021, les Parisien.ne.s annoncent à 70% consommer des produits alimentaires régionaux ou du terroir de fabrication artisanale. Ils font également leurs courses plus fréquemment en moyenne que les Français (52% tous les jours ou 3 fois par semaine). 62% déclarent fréquenter les commerces de proximité, 50% des épiceries de quartier et 64% les marchés alimentaires.

En moyenne, les résidents de Paris se font livrer leurs courses chez eux à 39% (contre 30% en moyenne pour les Franciliens). Les usages digitaux sont également plébiscités : 25% d'entre eux ont recours à une application pour acheter des produits plusieurs fois par semaine et 38% une fois par semaine.

43% des adultes Parisiens déclarent avoir un régime alimentaire plus durable (contre 38% des adultes Franciliens et 32% des adultes hexagonaux).



Fréquence de différents régimes alimentaires à Paris.

Le régime alimentaire parisien est l'un des plus « prudents » au monde, c'est-à-dire qu'en moyenne la qualité nutritionnelle du régime parisien est excellente. La **prévalence de l'obésité est ainsi moins importante** que dans le reste de la France (10,7% contre 14,5%). On mange moins de viande à Paris. On accorde un budget plus grand à une alimentation de plus grande qualité.

La distribution alimentaire profite des atouts du tissu commercial parisien avec plus de 7 200 commerces alimentaires, garants d'une grande diversité de l'offre. Sa densité (321 m² pour 100 habitants) est bien supérieure à celle de Londres par exemple (272 m² pour 100 habitants). Plus de 60% des Parisiens réalisent ainsi leurs courses dans leur quartier de résidence, seulement 7,7% en hard-discount. En termes de restauration commerciale, Paris reste la vitrine de la gastronomie française. Avec plus de 5 700 restaurants, la capitale présente la plus forte densité de cafés-restaurants en France. Toutefois, la logistique sous-tendue par ce maillage du territoire a un coût important tant au niveau économique qu'environnemental.

Le régime alimentaire parisien est moins carné bien que dans le même temps la part des plats préparés est plus importante qu'en France. Il en résulte que le facteur d'émission du repas moyen à Paris est plus faible de 3 % que le repas moyen français.

Alors qu'au début du XXe siècle, 80% de l'approvisionnement alimentaire à Paris provenait d'Île-de-France, seuls 20% en est encore issu.

Cet éloignement engendre des impacts environnementaux négatifs en matière logistique notamment. La **distance moyenne** d'approvisionnement parisienne est autour de **650 kilomètres**. Elle reste néanmoins très inférieure à celles des métropoles comme Londres ou New-York qui se chiffrent en milliers de kilomètres.

Depuis 2016, la mairie de Paris lance chaque année l'appel à projet « Parisculteurs ». Elle recense des espaces à végétaliser et propose leur

exploitation pour favoriser la biodiversité et un retour de l'agriculture en ville. 122 sites « Parisculteurs » sont aujourd'hui installés ou en cours d'installation sur Paris ou en dehors. Ce sont ainsi 1 400 tonnes de fruits et légumes, 10 tonnes de micro-pousses, 19 tonnes d'aromates, 385 tonnes de champignons et jusqu'à 1,5 million de fleurs coupées qui sont produits annuellement.

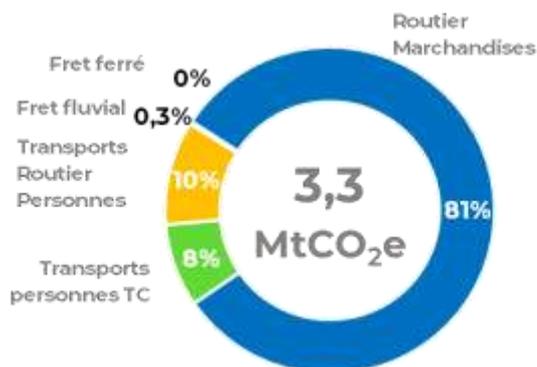
Les émissions de gaz à effet de serre de l'Alimentation représentent **3,9 MtCO₂e en 2021**, en **baisse de 8%**. Il s'agit du **2^{ème} poste d'émission de l'empreinte carbone**



Émission de l'Alimentation de Paris

Transport hors Paris

Le secteur du transport hors Paris rassemble le transport des personnes et des marchandises, par voie routière, fluviale et ferrée en lien avec Paris mais réalisé en dehors du territoire. Il s'agit par exemple du trajet des biens et équipements consommés sur Paris depuis leur lieu de production jusqu'aux portes de Paris.



Émission du Transport hors Paris (2021)

Transports de marchandises

Environ 500 000 colis sont livrés chaque jour à Paris. ¼ des mouvements de marchandises en Île-de-France ont lieu dans Paris qui n'accueille pourtant qu'environ 1 % des surfaces immobilières dédiées à la logistique.

Concernant le **fret fluvial**, le transport par la Seine concerne essentiellement des matériaux de construction. Il est estimé en 2021 à 185 millions de tonnes.km entrant et 73 millions de tonnes.km sortant, soit 258 millions de tonnes.km au total. En comparaison, le volume transporté en 2004 était de 244 millions de tonnes.km soit une **augmentation de 6% du trafic par la Seine en 19 ans**. Ce chiffre est assez faible et extrêmement fluctuant. Par comparaison en 2018, le volume transporté était de 335 millions de tonnes.km. L'impact de la crise COVID a été forte avec une baisse du volume transporté de 29% entre 2019 et 2020.

Les émissions correspondant au **fret fluvial** sont ainsi de **8 000 tCO₂e** en 2021.

Les facteurs d'émissions liés aux différents bateaux utilisés ont été mis à jour, affectant les résultats des émissions de gaz à effet de serre en minimisant l'impact de la baisse des tonnes.km sur les émissions produites.

Il est nécessaire de développer ce mode de transport de marchandises car le fret fluvial consomme 5 fois moins de carburant que le transport routier. La Ville de Paris a signé en 2022 avec les grands acteurs une stratégie parisienne de logistique urbaine en 2022.

Le **fret ferroviaire**, pour 2021, est estimé à 274 millions de tonnes.km. Les émissions correspondantes sont de **1 007 tCO₂e**.

Le **fret routier** représente 81% des émissions de gaz à effet de serre du secteur avec **2,7 MtCO₂e** d'émissions.

Déplacements de personnes

Pour le **transport de personnes** (routier et ferré), les émissions correspondantes s'établissent à **0,61 MtCO₂e**.

Le transport de personnes en transports en commun (Transilien, TER, RER) au départ ou à destination de Paris s'établit en 2021 à 13 099

millions de voyageurs.km, ce qui équivaut à 273 631 tCO₂e. Il est à noter une forte augmentation du facteur d'émissions pour le TER.

Le transport de personnes routier hors Paris s'élève à 340 871 tCO₂e.

Les émissions du **Transport hors Paris** s'élèvent à **3,3 MtCO₂e en 2021**, en **baisse de 15%** depuis 2004.

Construction et Matières Premières

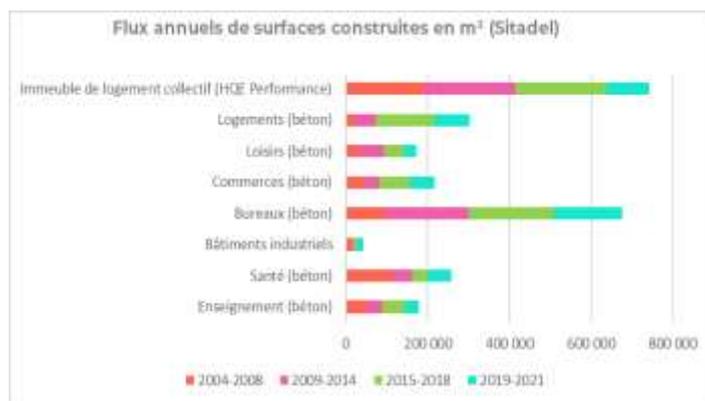
Le poste Construction et Matières Premières concentre les émissions générées par la construction ou la rénovation lourde de bâtiments, des travaux sur voirie et l'utilisation de matières premières sur Paris.



Répartition des émissions Construction/Matières Premières (2021)

Les **matières premières** utilisées, hors matériaux de construction et voirie, sont estimées à partir des données des déchets du territoire. Leur création a généré des émissions de l'ordre de **0,74 MtCO₂**.

La **création de nouveaux immeubles** implique le recours à des matériaux très énergivores dans leur processus de fabrication : ciment, béton, poutrelles... Selon les déclarations de permis de construire délivrés par la Mairie de Paris, il est enregistré une baisse de construction d'immeubles de logements collectifs d'activité sur la période 2019-2021 par rapport à la période 2015-2018. Sur la dernière période, ce sont principalement des m² de bureaux qui ont été construits. Le secteur de la construction représente **0,34 MtCO₂e en 2021**.



L'entretien de la **voirie parisienne** et la création de nouveaux usages (voies séparatives, pistes cyclables, nouvelles places de stationnements, marquage...) génèrent aussi des émissions de gaz à effet de serre. Elles sont estimées à **0,04 MtCO₂e** en 2021 en baisse notable par rapport à 2004. Cette baisse est liée à une baisse de volume de travaux par rapport à l'époque et une baisse du facteur d'émission liée à l'utilisation de matériaux recyclés et moins carbonés.

En 2021, les émissions de ce secteur sont évaluées à **1,12 MtCO₂e**, en **baisse de 41%** par rapport à 2004.

Amont énergie

Ce poste comprend les émissions liées à la fabrication des appareils de production énergétique (centrale, barrage, panneaux solaires...) et les pertes en ligne de l'énergie utilisée sur Paris dans les secteurs : Résidentiel, Tertiaire, de l'Industrie, de l'agriculture et du Transport intramuros. Pour le secteur du transport, la fabrication des véhicules est aussi prise en compte.

L'Amont énergie a généré **1,13 MtCO₂e en 2021**, en **baisse de 26%** par rapport à 2004, sous l'effet de la baisse des consommations énergétiques des différents secteurs et de l'évolution de la partie « amont » des facteur d'émissions.

La séquestration de carbone dans Paris

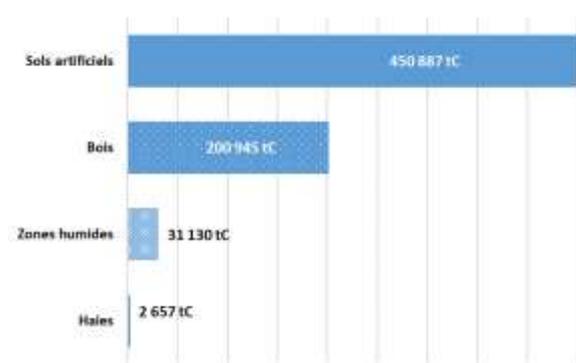
Généralités

L'estimation territoriale de ce flux se base sur les informations disponibles sur les changements d'affectation des sols (ex : artificialisation des sols, déforestation), la dynamique forestière et les modes de gestion des milieux (ex : pratiques agricoles) qui modifient les stocks de carbone en place. (Aldo, Datagir)

L'ADEME (agence de la transition écologique) a créé un outil ALDO destiné à estimer les stocks et les flux de carbone et permettre une visualisation à la maille communale.

Diagnostic de la séquestration de carbone de Paris

Stock actuel de carbone dans les sols parisiens



Visualisation de la répartition des stocks (en tC) par occupation des sols (Aldo)

L'ensemble des différents sols sur Paris représente donc **un stock de 2,52 millions de tCO₂**.

Bien que les bois représentent presque 9 fois moins de surface que les sols artificialisés, ils offrent un stock atteignant presque la moitié de celui présent dans ces sols.

Les flux

En termes d'évolution d'occupation des sols, sur la période 2012-2018, la politique de désimperméabilisation et de plantation a permis un flux de carbone de 361 tCO₂e/an.

En prenant en compte ce changement d'occupation des sols, **l'estimation de la séquestration annuelle nette de dioxyde de carbone est de 5 292 tCO₂e/an** (moyenne annuelle 2012-2018), répartie comme suivant :



Flux de carbone par occupation du sol (en tCO₂e/an) – Aldo

Potentiel de développement

Plusieurs actions peuvent concourir à améliorer la séquestration du carbone dans la Ville de Paris :

- **Préserver les bois parisiens** : pour les adapter aux conséquences du changement climatique et maintenir leur capacité de stockage de carbone
- Continuer de désimperméabiliser et végétaliser la ville pour augmenter les flux de stockage de carbone
- **Poursuivre les plans de gestion** par la DEVE en fonction de leur analyse de sols pour maintenir un taux de matière organique idéal contribuant au stockage dans les sols
- **Orienter le choix des essences** : l'outil Sésame du Cerema permet d'orienter le choix des espèces en fonction de leur capacité de stockage du carbone pour orienter les choix des arbres pour les futures plantations.
- Développer l'usage du bois d'œuvre pour stocker du carbone.

G. Polluants atmosphériques et qualité de l'air

Etat de la qualité de l'air

D'après le dernier bilan d'Airparif, l'association agréée de surveillance de la Qualité de l'air (AASQA) en Ile-de-France, les niveaux de pollution enregistrés en 2022 ont légèrement baissé sur Paris par rapport à 2021, sauf pour l'ozone (O3). Ce constat est lié à la baisse tendancielle des émissions du secteur résidentiel et du trafic routier et à des conditions météorologiques dispersives avec des températures globalement clémentes en période hivernale, qui ont limité les émissions du chauffage résidentiel.

Grace à une poursuite de la tendance à la baisse des niveaux de pollution chronique, la population exposée est en nette diminution par rapport à 2021. Cependant, les concentrations de dioxyde d'azote (NO2) restent problématiques à Paris, avec des dépassements récurrents de la valeur limite annuelle. **En 2022, 10 000 Parisiens sont concernés par ces dépassements.**

Pour les particules PM10 et PM2.5, les valeurs limites sont respectées en 2022.

Pour l'ozone (O3), les dépassements de l'objectif de qualité sont généralisés à l'ensemble de la région.

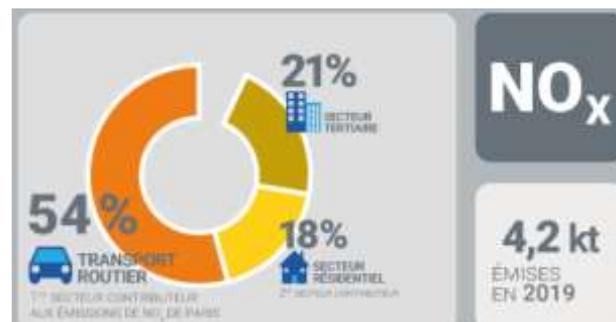
L'ensemble des Parisiens sont concernés par un dépassement des recommandations de l'OMS pour ces 4 polluants.

⁸ Les oxydes d'azote (NOx) regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO2) émis tous deux par les moteurs et le chauffage. Mais c'est le NO2 qui est nocif pour la santé et réglementé

Le dioxyde d'azote (NO2)

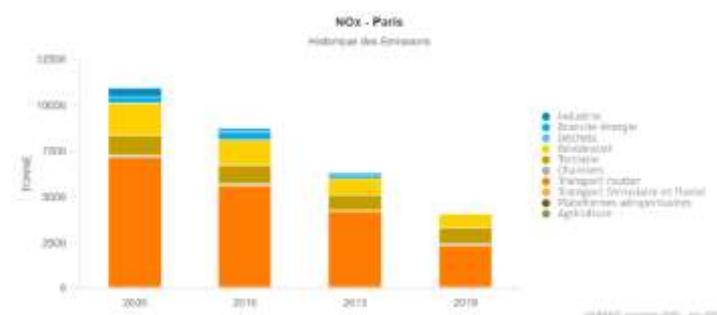
Évolution des émissions

Le secteur le plus contributeur de NOx est le **trafic routier**, notamment les moteurs **Diesel**.



Contributions des secteurs d'activités aux émissions d'oxydes d'azote (NOx) à Paris en 2019

La baisse des émissions d'oxydes d'azote (NOx⁸) est de 21 % entre 2005 et 2010 et de 39 % entre 2010 et 2019, et de 62% entre 2005 et 2019.



Émissions de NOx à Paris en 2019 - Airparif

La baisse des émissions de NOx et NO2 s'explique par l'amélioration technologique des véhicules, accélérée et par la mise en place de la Zone à Faibles Émissions mobilité (ZFE-m) dans Paris, et par une baisse de 22 % des kilomètres parcourus à

en concentration. Il est émis en partie à l'échappement des véhicules Diesel (NO2 primaire), est également un polluant secondaire issu du monoxyde d'azote (NO), qui s'oxyde dans l'air.

Paris entre 2005 et 2019, et de 34% entre 2012 et 2022.

Les baisses des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire (gaz et fioul) sont principalement dues à une baisse des consommations d'énergie et à l'amélioration de l'efficacité énergétique (rénovation des logements).

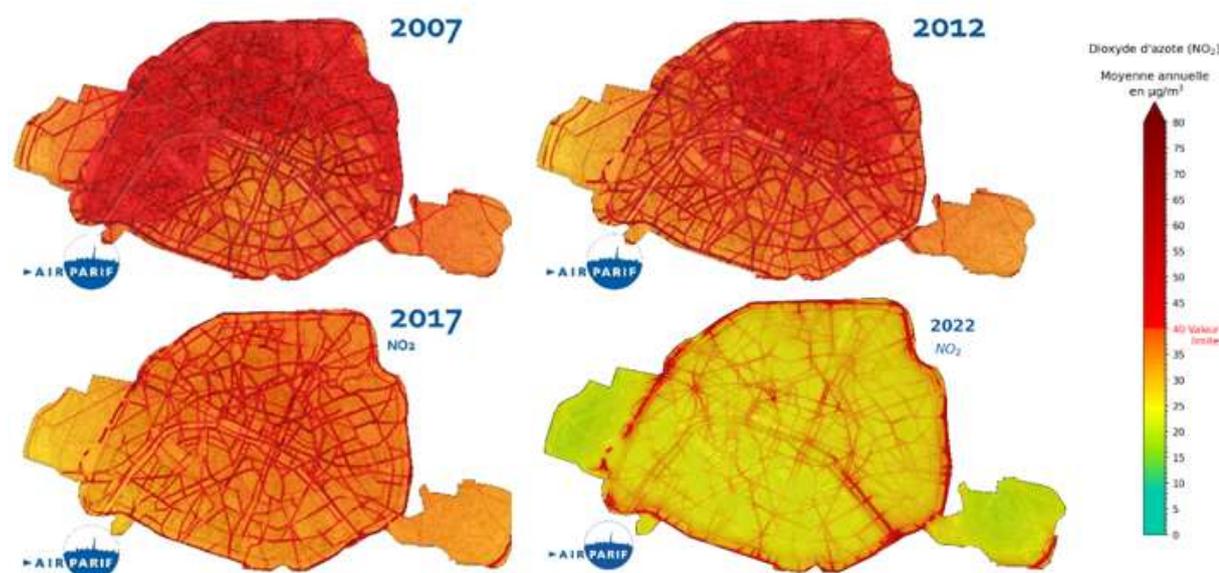


La raison majeure de la diminution des niveaux de dioxyde d'azote, tant en situation de fond qu'en proximité au trafic routier, est la baisse des émissions du trafic avec le **renouvellement du parc automobile (accéléré par la ZFEm) et la baisse du trafic routier liée à la restriction physique de l'espace accordé aux transports routiers**. Cette diminution est plus importante à Paris que sur le reste de l'agglomération.

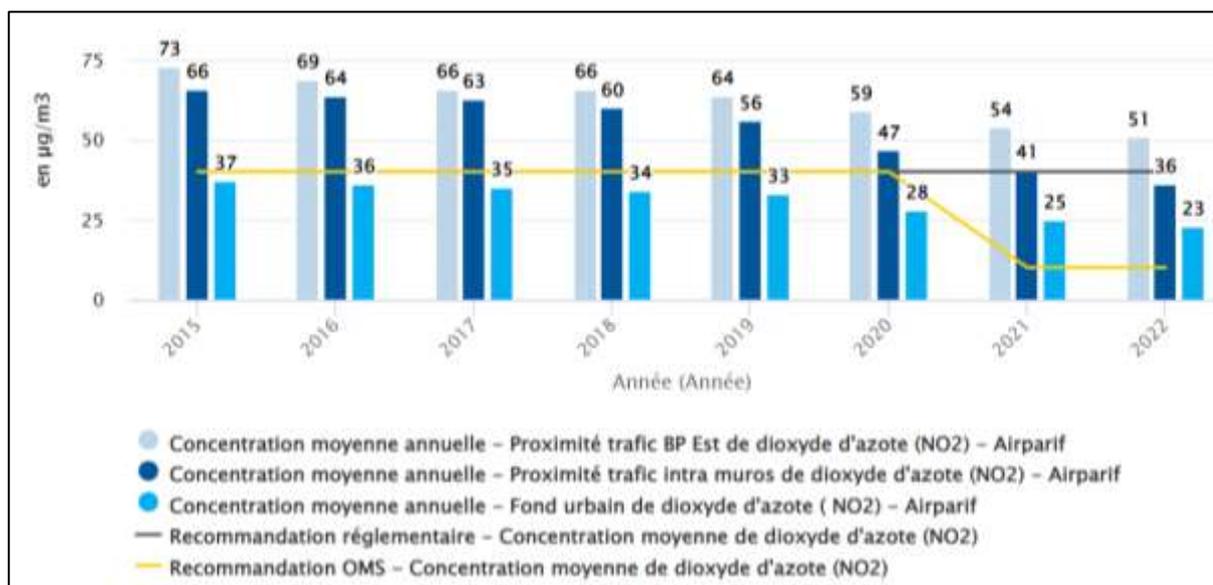
Entre 2012 et 2022, les niveaux de NO₂ en situation de proximité au trafic routier ont baissé de plus de 45 %. En situation de fond, les concentrations moyennes annuelles de NO₂ ont diminué de près de 40%. L'année 2022 s'inscrit bien dans la continuité de cette tendance à la baisse.

Évolution des concentrations

Malgré une baisse des émissions, les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) restent problématiques à Paris, avec des dépassements récurrents de la valeur limite réglementaire (fixée à 40µg/m³ en moyenne annuelle).



Évolution de la moyenne annuelle en NO₂ de 2007 à 2022 à Paris - Source Airparif



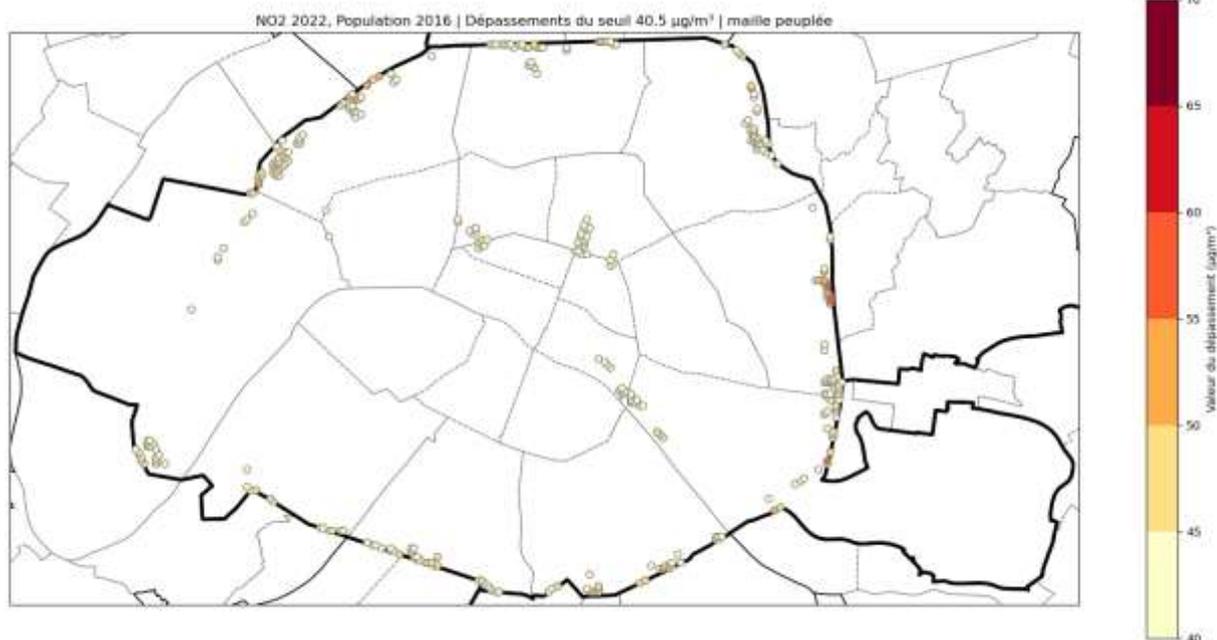
Exposition de la population

Au regard de la valeur réglementaire

En 2022, 10 000 Parisiens sont encore concernés par un dépassement de la valeur limite réglementaire fixée à 40µg/m3 (contre 250 000 en 2019, et 20 000 en 2021).

Cette cartographie montre, avec une précision de 50m, l'ensemble des zones habitées et des 10 000 parisiens exposés à des dépassements du seuil de 40µg/m3 en moyenne annuelle en 2022. Ces dépassements sont principalement situés le long des axes routiers fortement circulés dans

Paris Intramuros et aux abords du boulevard périphérique.



Zones habitées en dépassement à Paris en 2022 (données de population Institut Paris Région 2016) vis-à-vis du seuil réglementaire en NO2 de 40 µg/m3 – Airparif

Au regard des recommandations de l'OMS

En 2021, l’OMS a revu à la baisse son seuil de référence pour le NO₂, passant de 40µg/m³ à 10µg/m³ en moyenne annuelle. À ce jour, l’ensemble des parisiens et la quasi-totalité des franciliens sont exposés à des concentrations qui dépassent cette recommandation sanitaire.

D’après une étude de l’ORS, **950 décès auraient pu être évités à Paris en 2019 si les concentrations en NO₂ étaient ramenées au seuil recommandé par l’OMS (10µg/m³).**

Les particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}

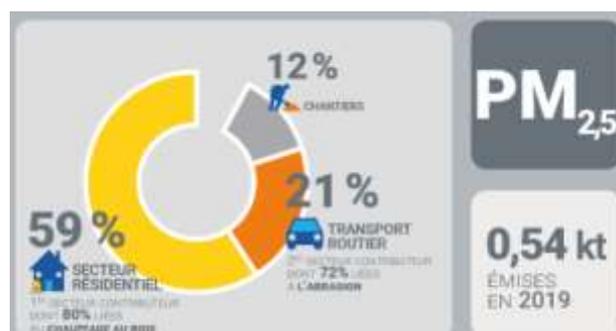
Évolution des émissions

Les particules fines **PM₁₀ et PM_{2,5}** sont **principalement émises par le chauffage et le chauffage au bois**, à Paris et en Ile de France.

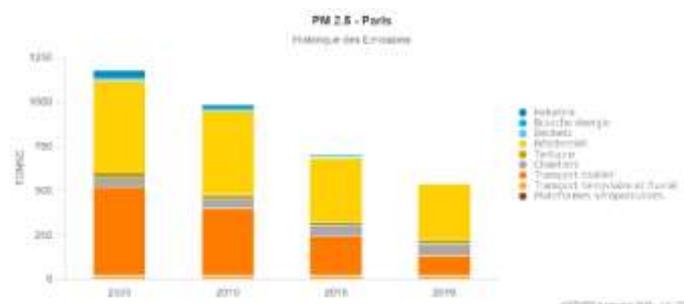
Le comportement et les émissions des PM₁₀ et PM_{2.5} étant similaires, nous détaillerons dans ce document principalement les données sur les PM_{2.5}, particules plus petites qui pénètrent plus profondément dans l’organisme que les PM₁₀, et donc plus dangereuses. Les conclusions pourront être extrapolées pour les PM₁₀.

Le transport routier est le second secteur contributeur, majoritairement par les véhicules diesel (21 %) et surtout l’abrasion des freins, pneus, route (72 %).

Pour le secteur des chantiers, 3^e contributeur, les particules sont essentiellement issues des travaux publics du bâtiment (BTP, 51 %, dus à la déconstruction et à la construction, mais également 6 % issus de l’échappement moteur des engins de chantier, mise en œuvre de revêtements de chaussée).



La baisse des émissions de PM_{2.5} primaires est de 17 % entre 2005 et 2010 et de 45 % entre 2010 et 2019, soit 54% entre 2005 et 2019.



Elle s’explique, pour le secteur résidentiel, par la baisse des consommations d’énergie (rénovation des logements), par l’amélioration des équipements de chauffage au bois (malgré une consommation stable), ainsi que par le report des consommations d’énergies fossiles vers l’électricité.

La baisse des émissions du transport routier s’explique par l’amélioration technologique des véhicules, et par la baisse du trafic routier à Paris (-22 % en 14 ans).

Les émissions des chantiers ont progressé de +27 %, liées à l’augmentation des surfaces de chantiers sur le territoire.

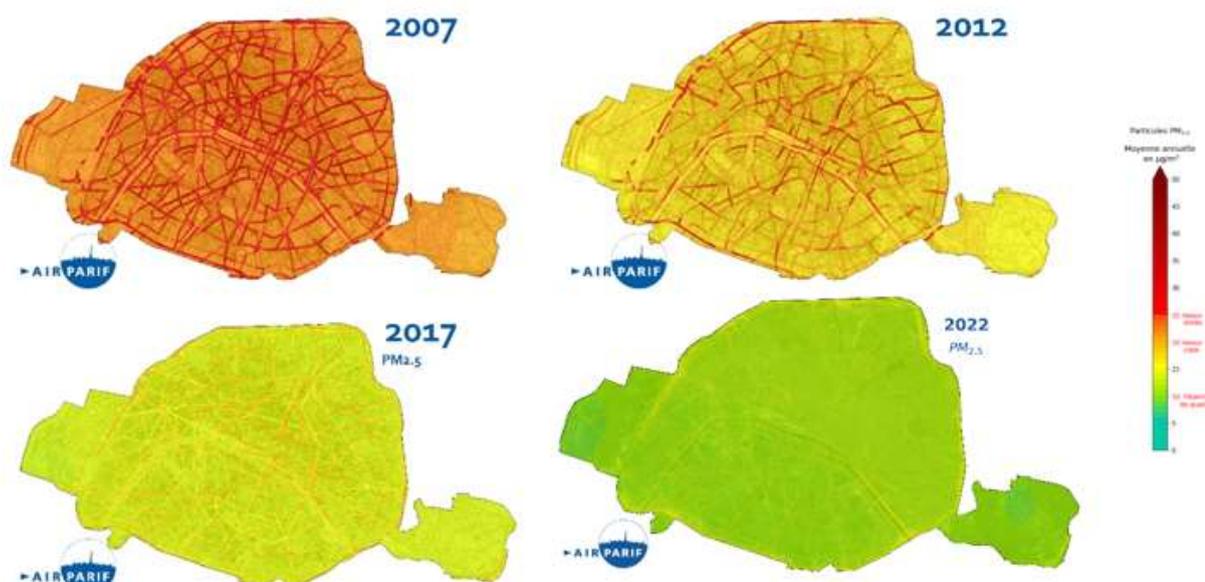


Évolution des concentrations

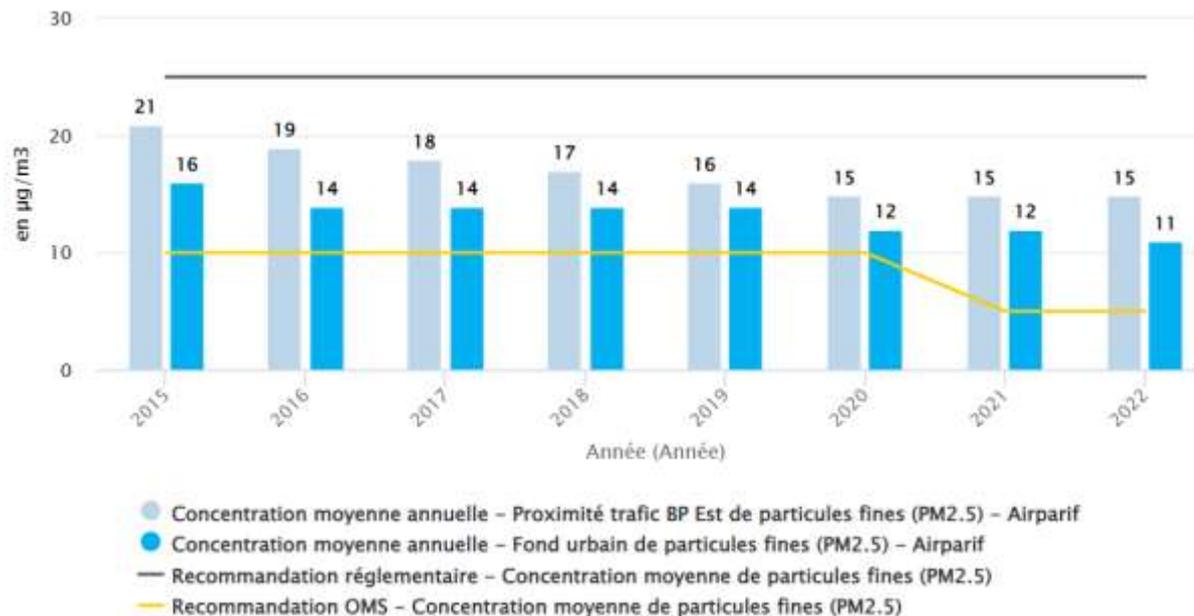
Les niveaux moyens annuels de PM_{2.5} ont baissé de 25 % entre 2012 et 2022 sur les sites de fond parisiens. À proximité du trafic, les niveaux moyens annuels de PM_{2.5} ont baissé de plus de 30 % entre 2013 et 2022.

Cette baisse s’explique par la **diminution des émissions parisiennes du secteur résidentiel et des particules primaires émises par le transport routier** et dans une moindre mesure la réduction du trafic.

La baisse des émissions PM_{2.5} issues du trafic routier est plus importante que pour les PM₁₀ car la majorité des PM_{2.5} sont émises de l’échappement. Les particules PM₁₀ comprennent une fraction importante liée à l’abrasion de la route, du moteur et des freins ainsi qu’à la remise en suspension des particules déposées sur la chaussée.



Évolution de la moyenne annuelle en PM_{2.5} de 2007 à 2022 à Paris - Source Airparif



Évolution de la moyenne annuelle en PM2.5 de 2007 à 2022 à Paris - Source Airparif

Exposition de la population

Au regard de la valeur réglementaire

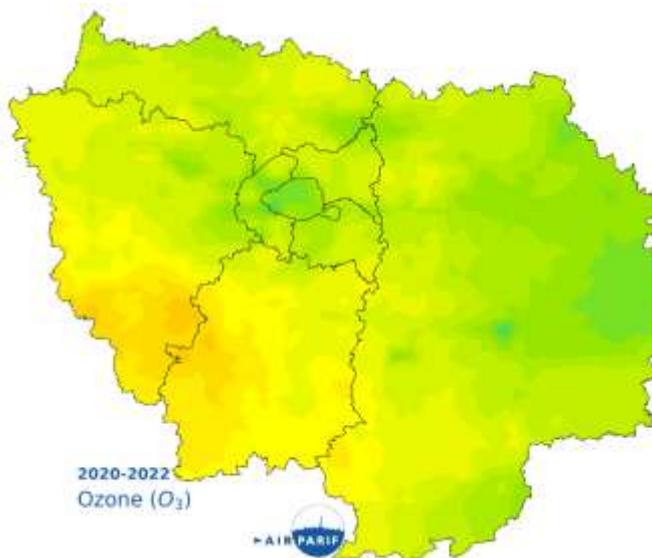
La valeur réglementaire annuelle (25µg/m3) est respectée sur l'ensemble du territoire.

Au regard des recommandations de l'OMS

En revanche, la totalité des parisiens sont concernés par le dépassement de la recommandation annuelle de l'OMS (5 µg/m3), comme sur toute l'Ile-de-France. D'après l'ORS, **1500 décès auraient pu être évités à Paris en 2019 si les concentrations en particules fines étaient ramenées au seuil recommandé par l'OMS (5µg/m3).**

L'ozone

L'ozone est un polluant secondaire, qui se forme par réaction chimique à partir des polluants gazeux présents dans l'air (NO₂ produits par le trafic routier et les Composés Organiques Volatils (COV) produits par le secteur résidentiel en majorité (34%) (peintures, colles, chauffage au bois et produits pharmaceutiques), par l'industrie, mais également par la végétation, sous l'effet combiné de la chaleur et du rayonnement solaire.



Concentrations en ozone au regard de la valeur cible (120 µg/m³ sur 8 heures) – période 2020-2022

Il s'agit du **seul polluant dont les concentrations augmentent ces dernières années** : entre 1994 et 2019, les niveaux moyens annuels d'ozone mesurés dans l'agglomération parisienne ont doublé.

Cette hausse est constatée en France, mais également dans toute l'Europe. Elle est liée à plusieurs phénomènes :

- La hausse des températures
- Paradoxalement à la diminution des niveaux d'oxydes d'azote (NO_x) dans les grandes agglomérations des pays les plus développés : la baisse régulière des

niveaux de monoxyde d'azote (NO), qui localement dans les cœurs urbains détruit chimiquement l'ozone, induit une hausse des niveaux moyens d'ozone

- La hausse dans l'hémisphère Nord des niveaux d'ozone, polluant qui voyage et peut traverser toute l'Europe.

Autres polluants dont les niveaux respectent la réglementation

D'autres polluants surveillés en Île-de-France respectent largement les normes et présentent des tendances à la baisse. C'est le cas du benzène, du dioxyde de soufre (SO₂), du monoxyde de carbone (CO), des métaux (Plomb, Arsenic, Nickel, Cadmium), des autres hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des aldéhydes.

Les émissions d'ammoniac (NH₃), principalement émis par les pots catalyseurs des véhicules ou le chauffage au bois, sont suivies comme précurseurs de particules secondaires, notamment en combinaison avec les oxydes d'azote. Les émissions à Paris sont faibles (118 tonnes/an), elles ont diminué de 51% entre 2005 et 2019. À l'échelle régionale, les sources d'ammoniac sont principalement les épandages d'engrais du secteur agricole ainsi que le trafic routier.

Ces polluants ne seront pas traités dans le présent plan.

Pics de pollution

Bien que les concentrations poursuivent leur diminution depuis plusieurs décennies, la région Ile de France et la Ville de Paris connaissent encore des épisodes de pollution notamment avec de fortes concentrations ponctuelles en ozone l'été et en particules fines pendant la saison hivernale (usage des chauffages au bois) ou au début du printemps, en lien avec les épandages agricoles générateurs de particules secondaires issues de la transformation chimique

de l'ammoniac présent dans les engrais riches en azote.

Les pics liés à l'ozone, à l'instar de ces dernières années, risquent de devenir plus fréquents, sous l'effet du réchauffement climatique (augmentation de l'ensoleillement et des températures) qui favorise sa production chimique.

Lors des saisons estivales, on constate également des teneurs plus élevées en particules fines, non liées au chauffage au bois mais aux feux de forêt (même depuis l'autre côté de l'Atlantique), ou aux poussières de sable du Sahara.

Pollution de l'air et climat

Les conséquences du changement climatique accroissent les émissions de polluants atmosphériques, qui pour certains d'entre eux accélèrent le changement climatique.

Les vagues de chaleur entraînent plus de pollution à l'ozone, plus d'incendies et de remontées de poussières du Sahara, donc d'émissions de particules fines. Le réchauffement climatique allonge également la saison pollinique, entraînant un accroissement des personnes allergiques.

L'ozone et les particules fines contenues dans la fumée des incendies de forêt affectent à la fois la santé humaine mais aussi la croissance des végétaux et des cultures.

La pluie permet d'abaisser la quantité de particules fines dans l'atmosphère mais les modifications des précipitations et l'augmentation des épisodes de sécheresse pourraient amplifier leur quantité. Enfin, le réchauffement climatique amplifie et allonge la saison pollinique, ce qui aggrave nos allergies.

Par ailleurs l'ozone est un gaz à effet de serre qui contribue au changement climatique. Il a un effet néfaste sur le métabolisme des végétaux, qui

réduit le rendement des cultures et altère le processus de photosynthèse, qui limite l'absorption du CO₂ dans l'air. Le carbone suie (particules émises par la combustion des moteurs, bois, charbon) est également un GES. Ainsi, le réchauffement climatique alimente la pollution de l'air qui elle-même contribue à dérégler le climat.

Si qualité de l'air et climat sont « interconnectés », c'est enfin car les principales sources d'émissions des gaz à effet de serre et des polluants de l'air sont les mêmes : les énergies fossiles et les activités agricoles (méthane et ammoniac).

Ces interactions illustrent le besoin de politiques conjointes de lutte et contre les émissions de polluants de l'air et contre les émissions de gaz à effet de serre.

La plupart des mesures qui ont un effet positif sur la pollution de l'air l'ont aussi sur le changement climatique, et inversement : toutes les actions qui réduisent la combustion de pétrole, de gaz et de charbon, que ce soit via la sobriété, l'efficacité énergétique ou l'électrification des usages, présentent des co-bénéfices forts, ainsi que la limitation des émissions de méthane et la réduction de l'utilisation d'engrais agricoles.

A contrario, si le chauffage au bois peut limiter des émissions de gaz à effet de serre en cycle de vie dans certaines conditions de gestion des forêts, la combustion du bois émet une grande quantité de particules fines dans l'air. Il en va de même pour l'utilisation de biocarburants et de biogaz, dont les émissions de polluants de l'air sont encore mal connues, mais potentiellement à risque. Les systèmes de dépollution en sortie d'usines ou de véhicules thermiques diminuent massivement les émissions de polluants dans l'air, mais n'ont pas d'impact sur les émissions de gaz à effet de serre - voire accroissent la consommation d'énergie.