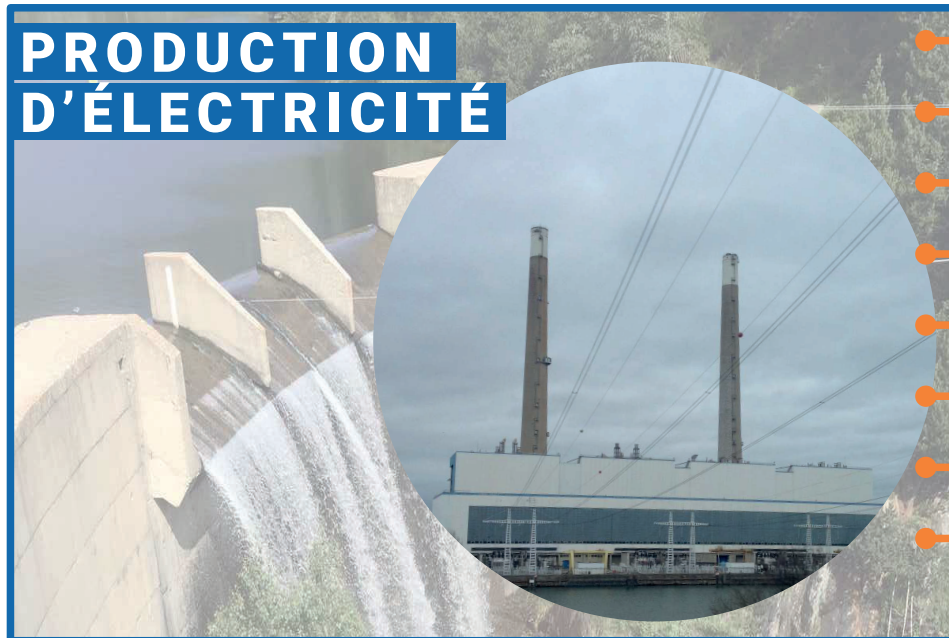


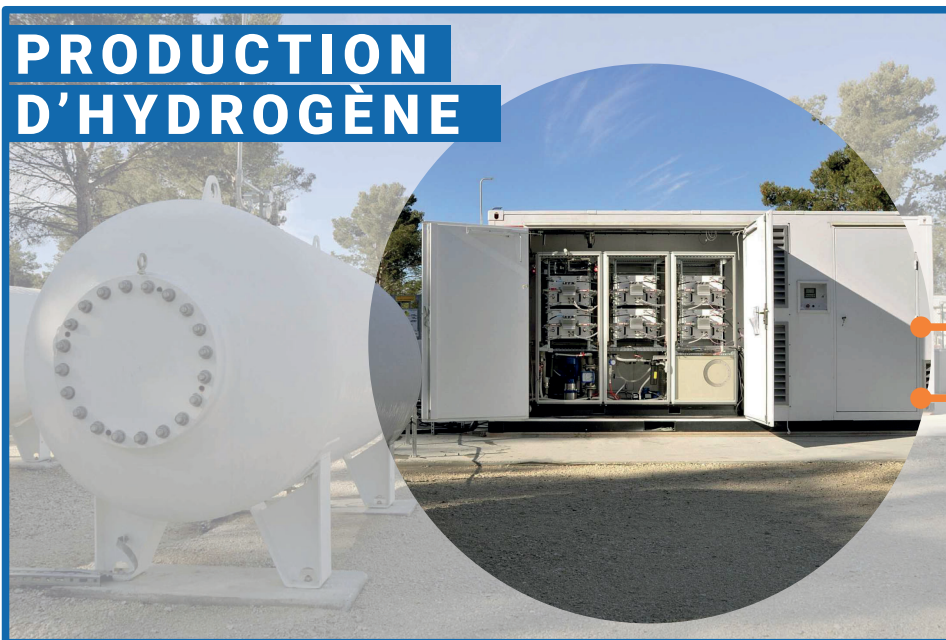


LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ



PRODUCTION D'HYDROGÈNE



TRANSPORT TERRESTRE



La production d'électricité

Essentiellement effectuée à partir de :

- centrales nucléaires
- barrages hydrauliques
- centrales à gaz fossile
- éoliennes
- panneaux solaires

+ Elle peut aussi être effectuée à partir de :

- centrales à charbon
- centrales au fioul
- centrales à bois
- centrales à gaz utilisant du biogaz
- incinération de déchets
- géothermie

COMMENT JOUER ?

- Il vous faut un jeu de cartes par équipe de 4 à 8 personnes, deux grandes feuilles A0, des feutres, de la pâte et du ruban adhésifs
- Le but de la fresque est de reconstituer, grâce aux cartes, les causes et les effets de la pollution de l'air et de dessiner les liens entre ces cartes pour avoir une vue globale de la pollution de l'air
- N'hésitez pas à solliciter votre animatrice ou animateur, qui est là pour vous accompagner dans la création de votre fresque !

La fresque de la qualité de l'air extérieur - édition 09/2025 - v1.8

Les transports terrestres

voitures, motos, véhicules de livraison, camions, bus, métro...

Utilisent essentiellement :

- du pétrole et ses dérivés : essence ou diesel
- de l'électricité
- du gaz
- de l'énergie musculaire (marche à pied, vélo...)

+ Ils peuvent aussi utiliser :

- des biocarburants
- du biogaz
- de l'hydrogène

En plus des pollutions pouvant être liées au vecteur énergétique utilisé :

- les véhicules émettent des particules (PM) liées à l'usure des freins, des roues et de la route

La production d'hydrogène

Essentiellement effectuée à partir de :

- gaz fossile
- pétrole
- charbon

+ Elle peut aussi être effectuée à partir de :

- électricité

TRANSPORT FERROVIAIRE



TRANSPORT AÉRIEN



TRANSPORT FLUVIAL ET MARITIME



CHAUFFAGE



Les transports aériens

- Utilisent quasi exclusivement :
- du pétrole
- Ils peuvent aussi utiliser :
- des biocarburants

Les transports ferroviaires

train de passagers ou fret ferroviaire pour le transport de marchandises

- Utilisent majoritairement :
- de l'électricité
 - du pétrole et ses dérivés :
essence ou diesel
- Ils peuvent aussi utiliser :
- les biocarburants

Le chauffage

bâtiments résidentiels et tertiaires

- Utilise principalement :
- du gaz fossile
 - de l'électricité (pour le chauffage
électrique et les pompes à chaleur)
 - du bois
 - du fioul
- Peut aussi utiliser :
- du biogaz
 - de la géothermie
 - l'incinération de déchets via
notamment les réseaux de
chaleur urbains
 - du solaire thermique

Les transports fluviaux et maritimes

bateaux, cargos, ferrys...

- Utilisent majoritairement :
- du pétrole, notamment sous forme
de fioul
 - du gaz fossile liquéfié
- Ils peuvent aussi utiliser :
- du biogaz
 - de l'électricité, surtout lors des
manœuvres dans les ports
 - l'énergie éolienne

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES



CHANTIERS DE CONSTRUCTION ET DE DÉMOLITION



ACTIVITÉS AGRICOLLES ET D'ÉLEVAGE



ÉRUPTIONS VOLCANIQUES



Les activités de chantier

Utilisent principalement :

- du pétrole
- de l'électricité

+ Au-delà des vecteurs énergétiques mobilisés :

- certaines activités de chantier (démolition de bâtiments, certains processus de construction, tas de sables non recouverts) émettent des particules (PM)

Les activités industrielles

Utilisent principalement :

- du charbon
- du gaz
- de l'électricité

+ Elles peuvent aussi utiliser :

- du biogaz
- de l'hydrogène
- l'incinération de déchets via l'usage de combustibles solides de récupération (CSR)

Au-delà des vecteurs énergétiques mobilisés, certaines activités industrielles peuvent émettre :

- des composés organiques volatils (COV) pour les procédés utilisant des solvants, la fabrication ou l'utilisation de produits chimiques, l'imprimerie, l'application de peinture automobile ou industrielle
- des particules, notamment dans les carrières ou les scieries
- des gaz à effet de serre par réaction chimique, notamment lors de la production de ciment

Les éruptions volcaniques

Emettent :

- du dioxyde de soufre (SO_2)
- des particules (PM)
- des gaz à effet de serre

Les activités agricoles

grande culture, arboriculture, maraîchage et d'élevage

Utilisent essentiellement :

- du pétrole
- du gaz

+ Elles peuvent aussi utiliser :

- des biocarburants
- du biogaz
- de l'électricité

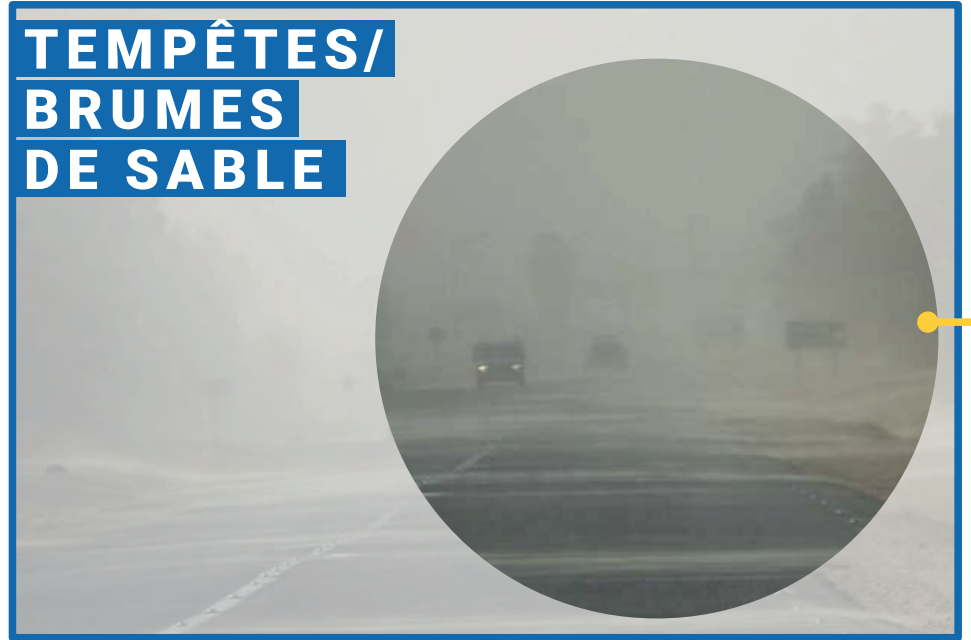
Au-delà du vecteur énergétique utilisé, les activités agricoles peuvent également émettre :

- de l'ammoniac (NH_3), principalement dû à l'épandage d'engrais azotés
- des particules (PM) liées au travail du sol (activités de labour)
- des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), émis naturellement par certaines cultures végétales
- des gaz à effet de serre liés à l'élevage, ainsi qu'aux épandages d'engrais azotés
- des pollens

FEUX DE FORÊT



TEMPÊTES/ BRUMES DE SABLE



VÉGÉTATION



EMBRUNS OCÉANIQUE



Les tempêtes de sable

Émettent :

- des particules (PM) en soulevant de grandes quantités de particules de sable dans l'atmosphère, pouvant ensuite voyager sur de très longues distances

Les feux de forêt (et les incendies en général)

Émettent :

- Sont fortement émetteurs :
 - de particules (PM)
 - d'oxydes d'azote (NO_x)
 - d'autres polluants, et notamment du monoxyde de carbone (CO)

Les embruns océaniques sont des particules marines essentiellement des sels minéraux

Émettent :

- des particules (PM), soulevées par le vent à la crête des vagues ou formées par le ressac

La végétation certaines espèces d'arbres, de plantes, les plantes en décomposition

Émet :

- des composés organiques volatils (COV)
- des pollens pour certaines espèces d'arbres et de végétation : bouleau, graminées, etc.

**BRULAGE DE
DÉCHETS À
L'AIR LIBRE**



**CUISSON
D'ALIMENT À
L'AIR LIBRE**



**ALGUES EN
DÉCOMPOSITION**



**PÉTROLE, GAZ FOSSILE,
CHARBON**



Le brûlage de déchets à l'air libre

- utilisent principalement :
des déchets

Algues en décomposition

- la décomposition d'algues (vertes ou brunes) à l'air libre, notamment sur des plages, émet :
d'autres polluants de l'air, et notamment de l'hydroxyde de soufre (H_2S)

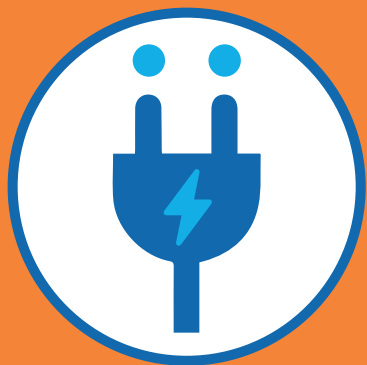
La cuisson d'aliments à l'air libre

- essentiellement effectuée à partir de :
bois
pétrole
gaz
charbon de bois

La combustion d'énergies fossiles

- Peut émettre aussi :
composés organiques volatils (COV)
ammoniac (NH_3) lors de l'utilisation de systèmes de dépollution, notamment dans les véhicules thermiques
- émet principalement des :
oxydes d'azote (NO_x)
particules (PM)
dioxyde de soufre (SO_2)
concernant le charbon et le pétrole. En France, l'essence utilisée dans les véhicules thermiques est désulfurée
gaz à effet de serre

ÉLECTRICITÉ



BOIS, BIOMASSE SOLIDE



HYDROGÈNE



**BIOCARBURANTS,
BIOGAZ**



La combustion de bois, ou de biomasse solide (résidus agricoles, etc.)

- ✚ Émet principalement des :
- d'oxydes d'azote (NO_x)
 - de particules (PM)
 - d'autres polluants de l'air, comme des dioxines
 - de gaz à effet de serre, mais si la forêt dont le bois provient est durablement gérée, ces gaz à effet de serre sont globalement compensés par la captation de carbone par un nouvel arbre

- ✚ Peut émettre aussi :
- composés organiques volatils (COV)

L'électricité

L'utilisation d'électricité dans un moteur électrique ou dans un chauffage n'émet pas de polluants de l'air ou de gaz à effet de serre sur le lieu de l'utilisation.

La combustion de biocarburants ou de biogaz (carburants obtenus à partir de matière première d'origine végétale ou issue de déchets)

- ✚ Émet principalement des :
- d'oxydes d'azote (NO_x)
 - de particules (PM)
 - de gaz à effet de serre, mais si les végétaux dont les biocarburants ou biogaz proviennent sont durablement gérés, ces gaz à effet de serre sont globalement compensés par la captation de carbone par de nouveaux végétaux

- ✚ Émet aussi, dans des quantités moindres :
- composés organiques volatils (COV)
 - ammoniac (NH_3) lors de l'utilisation de systèmes de dépollution, notamment dans les véhicules thermiques

L'hydrogène

L'utilisation d'hydrogène (carburant gazeux obtenu par transformation d'énergies fossiles ou par réaction chimique de l'eau grâce à l'usage d'électricité) dans une pile à combustible n'émet que de l'eau sur le lieu de l'utilisation.

GÉOTHERMIE



INCINÉRATION DE DÉCHETS



ÉNERGIE MUSCULAIRE : MARCHE & VÉLO



NUCLÉAIRE



L'incinération de déchets

Émet principalement des :

- d'oxydes d'azote (NO_x)
- de particules (PM)
- d'autres polluants, comme les dioxines
- de gaz à effet de serre

+ Émets aussi, dans des quantités moindres :

- de composés organiques volatils (COV)

La géothermie

La production d'électricité ou de chaleur à partir de la géothermie (chaleur puisée dans le sous-sol) n'émet pas de polluants de l'air ou de gaz à effet de serre sur le lieu de la production.

L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire n'émet pas de polluants de l'air ou de gaz à effet de serre sur le lieu de la production.

L'énergie musculaire marche, vélo...

La marche ou le vélo n'émet aucun polluant de l'air ou de gaz à effet de serre sur le lieu de l'usage.

HYDRAULIQUE



ÉOLIEN,
SOLAIRE



ÉMISSIONS
D'OXYDES
D'AZOTE
 NO_x



ÉMISSIONS
DE PARTICULES
 PM_{10} $\text{PM}_{2.5}$ $\text{PM}_{0.1}$



Les éoliennes ou panneaux solaires

Les éoliennes et panneaux solaires (photovoltaïques ou thermiques) n'émettent pas de polluants de l'air ou de gaz à effet de serre sur le lieu de la production.

L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique n'émet pas de polluants de l'air ou de gaz à effet de serre sur le lieu de la production.

Émissions de particules (PM_{10} , $PM_{2,5}$, $PM_{0,1}$)

Accumulation des polluants dans l'air : les particules (PM) font partie des polluants de l'air. Ce sont des particules solides ou liquides, que l'on classe en fonction de leur taille : les particules PM_{10} sont les particules de moins de 10 micromètres de diamètre, les particules fines $PM_{2,5}$ font moins de 2,5 micromètres, et les particules ultrafines $PM_{0,1}$ moins de 0,1 micromètre. Plus les particules sont petites, plus elles ont un impact important sur la santé.

Impact sur le changement climatique : certaines particules masquent une partie du réchauffement climatique, alors que d'autres l'aggravent.

Émissions d'oxydes d'azote (NO_x)

Accumulation des polluants dans l'air : les oxydes d'azote (NO_x) sont une famille de polluant de l'air gazeux.

Particules secondaires : les oxydes d'azote peuvent également par réaction chimique avec l'ammoniac (NH_3) provoquer l'apparition dans l'air de nouvelles particules (PM), dites particules secondaires, de nitrate d'ammonium.

Ozone : les oxydes d'azote peuvent aussi réagir avec les composés organiques volatils (COV) pour former, en période de forte chaleur et de fort ensoleillement, de l'ozone.

ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE



ÉMISSIONS D'AMMONIAC



ÉMISSIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS



AUTRES POLLUANTS DE L'AIR



Émissions d'ammoniac (NH_3)

Accumulation des polluants dans l'air : l'ammoniac (NH_3) est un polluant de l'air gazeux.

Particules secondaires : l'ammoniac, par réaction chimique avec le dioxyde de soufre (SO_2), peut provoquer l'apparition dans l'air de nouvelles particules (PM), dites particules secondaires, de sulfate d'ammonium. L'ammoniac, par réaction chimique avec les oxydes d'azote (NO_x), peut également provoquer l'apparition dans l'air de nouvelles particules, dites particules secondaires, de nitrate d'ammonium.

Émissions de dioxyde de soufre (SO_2)

Accumulation des polluants dans l'air : le dioxyde de soufre (SO_2) est un polluant de l'air gazeux.

Particules secondaires : le dioxyde de soufre peut également, par réaction chimique avec l'ammoniac (NH_3), provoquer l'apparition dans l'air de nouvelles particules (PM), dites particules secondaires, de sulfate d'ammonium.

Autres polluants de l'air

Accumulation des polluants dans l'air : il existe plus d'une centaine de polluants de l'air. Par exemple les dioxines, sous-produits de fabrication de certains produits chimiques, ainsi que du blanchiment au chlore de la pâte à papier, mais aussi de processus de combustion (incinération et brûlages de déchets, aciéries, chauffage au bois...) et les pesticides. La dangerosité de l'exposition à ces polluants dans l'air (ils sont surtout ingérés dans les aliments et l'eau) est encore peu connue.

Émissions de composés organiques volatils (COV)

Accumulation des polluants dans l'air : les composés organiques volatils (COV) sont une famille de polluants de l'air gazeux.

Ozone : les composés organiques volatils peuvent également réagir avec les oxydes d'azote (NO_x) pour former en période de forte chaleur et de fort ensoleillement de l'ozone (O_3).

Particules secondaires : certains COV peuvent aussi être à l'origine de l'apparition dans l'air de nouvelles particules, dites particules secondaires.

**GAZ À EFFET
DE SERRE**
 CO_2 CH_4 ...



POLLENS



**CRÉATION DE
PARTICULES
SECONDAIRES**



**CRÉATION
D'OZONE DE
BASSE ALTITUDE**



Pollens

Accumulation des polluants dans l'air : le grain de pollen est l'élément reproducteur microscopique produit par les organes mâles des plantes. Certains pollens sont dispersés par les vents, et peuvent susciter des allergies. La pollution de l'air favorise la dispersion de pollens et aggrave leur impact sur l'organisme.

Changement climatique : avec l'augmentation des températures, le changement climatique pourrait entraîner l'allongement des périodes de pollinisation des plantes allergènes et par conséquent intensifier leurs effets sur la santé.

Gaz à effet de serre : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), etc.

Changement climatique : les gaz à effet de serre émis par les activités humaines sont à l'origine du changement climatique. On distingue parmi eux le dioxyde de carbone (CO₂), premier gaz à effet de serre émis par l'homme, mais aussi le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ozone (O₃).

Création d'ozone de basse altitude

Accumulation des polluants dans l'air : l'ozone (O₃) est un polluant de l'air. Il n'est pas émis directement dans l'air, mais apparaît dans la basse atmosphère par réaction chimique entre les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV), en présence d'une forte chaleur et d'un fort ensoleillement.

Changement climatique : l'ozone est un rare cas de polluant de l'air qui est également un gaz à effet de serre.

⚠ Attention, il ne doit pas être confondu avec l'ozone présent en haute altitude, qui, lui, n'est pas un polluant de l'air (on ne le respire pas) et qui protège les êtres humains des rayons ultraviolets du soleil.

Création de particules secondaires

Accumulation des polluants dans l'air : des particules (PM) peuvent se former dans l'atmosphère par réaction chimique entre l'ammoniac (NH₃) et les oxydes d'azote (NO_x), ou le dioxyde de soufre (SO₂). Certains composés organiques volatils (COV) peuvent également se transformer en particules secondaires.




MÉTÉOROLOGIE



**CHANGEMENT
CLIMATIQUE**



**ACCUMULATION
DES POLLUANTS
DANS L'AIR**



**IMPACTS SUR
LES POUMONS
ET LE SYSTÈME
RESPIRATOIRE**

Changement climatique

Il est dû à l'augmentation de la température moyenne de la surface terrestre due aux émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine.

Pour en savoir plus, faire la fresque du climat !

Météorologie

Les conditions météorologiques peuvent favoriser l'accumulation des polluants dans une zone donnée, ou au contraire les disperser.

Impacts sur les poumons et le système respiratoire

L'accumulation des polluants dans l'air, notamment le dioxyde d'azote (NO_2), les particules (PM) et l'ozone (O_3), peut entraîner l'inflammation des poumons, l'augmentation de la fréquence et de la gravité des crises d'asthme et la dégradation des fonctions pulmonaires. Ces effets sont d'autant plus importants sur les enfants. L'exposition aux particules entraîne également des risques supplémentaires de cancers du poumon.

Accumulation des polluants dans l'air

Les émissions de polluants dans l'air et leur formation provoquent leur accumulation, ce qui a notamment des conséquences sur la santé humaine, les cultures et le bâti.

**IMPACTS SUR
LE CŒUR
ET LE SYSTÈME
CARDIO-VASCULAIRE**



**IMPACTS SUR
LE CERVEAU**



**AUTRES IMPACTS
SUR LA SANTÉ
HUMAINE**



**CORROSION,
NOIRCISSEMENT
ET ENCROÛTEMENT
DES BÂTIMENTS**



Impacts sur le cerveau

L'accumulation des polluants dans l'air, notamment les particules (PM), peut entraîner une obstruction des artères cérébrales, de la vasoconstriction, de l'hypertension et de l'artériosclérose.

Impacts sur le cœur et le système cardio-vasculaire

L'accumulation des polluants dans l'air, notamment les particules (PM), peut entraîner une altération de la fonction cardiaque, une augmentation de la fréquence du trouble du rythme cardiaque, une aggravation de l'hypertension, des risques de thrombose et une dégradation générale du fonctionnement du système cardio-vasculaire.

Corrosion, noircissement et encroûtement des bâtiments

L'accumulation des polluants dans l'air, notamment le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2), peut entraîner l'érosion des matériaux. Les particules (PM) provoquent des dégradations esthétiques par encrassement ou dépôts noirâtres sur les bâtiments.

Autres impacts sur la santé humaine

L'accumulation des polluants dans l'air, notamment le dioxyde d'azote (NO_2), les particules (PM) et l'ozone (O_3), peut provoquer une affection des yeux, une aggravation des risques de diabète, des rhinites, une baisse de la fertilité, aggraver le risque de naissances prématurées, etc.

NÉCROSE DES CULTURES ET DE LA VÉGÉTATION



ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ



AUTRES IMPACTS ÉCONOMIQUES, URBANISTIQUES, GÉOPOLITIQUES, ETC.



 LA **FRESQUE** DE
LA **QUALITÉ DE L'AIR**
EXTÉRIEUR

Érosion de la biodiversité

La pollution de l'air perturbe la croissance des plantes et la santé des espèces animales. Les polluants de l'air fragilisent certaines espèces sensibles et favorisent indirectement celles qui y résistent, réduisant ainsi la biodiversité. À long terme, cela entraîne un appauvrissement des écosystèmes et une perte de résilience face aux autres impacts des activités humaines.

Nécrose des cultures et de la végétation

L'accumulation des polluants dans l'air, notamment l'ozone (O_3), a un effet néfaste sur la végétation, en particulier sur le processus de photosynthèse, en nécrosant certaines plantes. Cela conduit à une baisse de rendement des cultures.

ASSOCIATIONS AGRÉÉES DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR (AASQA)

Les AASQA sont les associations agréées par le ministère en charge de l'Environnement, responsables de la surveillance de la pollution de l'air et de l'accompagnement des pouvoirs publics, des entreprises et des citoyens afin d'améliorer la qualité de l'air. Il en existe une par région.

Autres impacts économiques, urbanistiques, géopolitiques, etc.

L'accumulation des polluants dans l'air a des impacts économiques élevés - coût des soins, perte de productivité agricole, tourisme en baisse, urbanisme à repenser, etc. - et géopolitiques, notamment à cause des pollutions transfrontalières.



LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



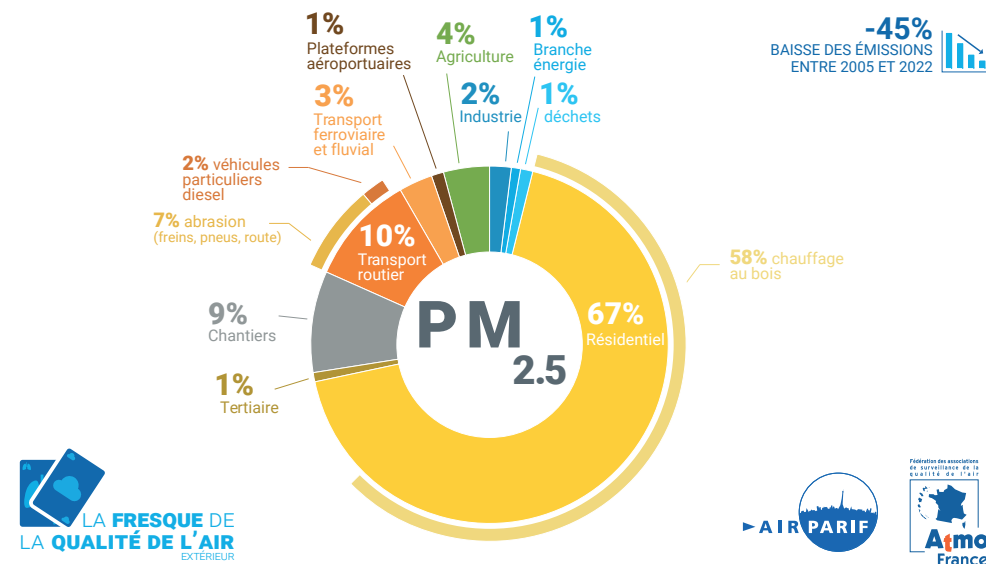
LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

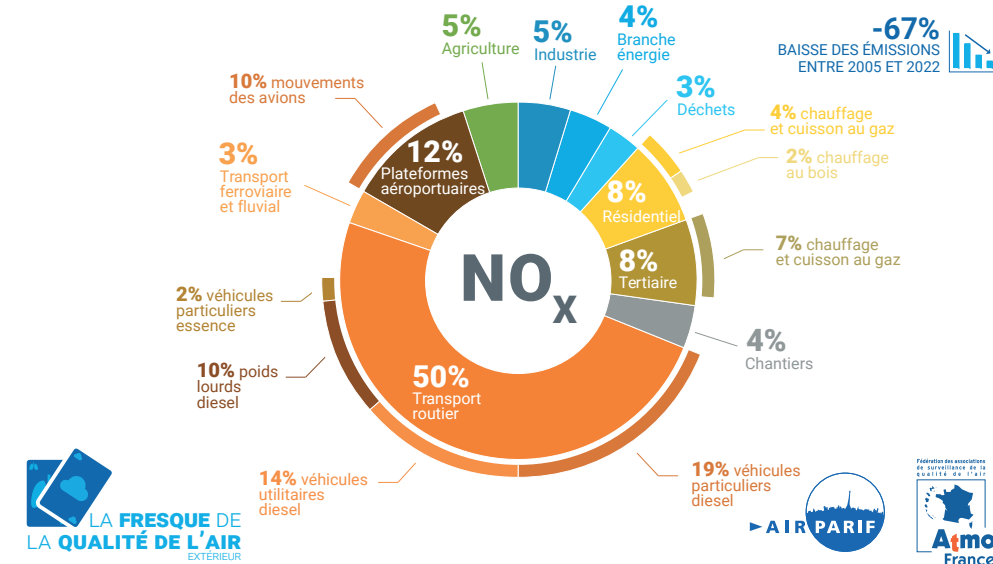
ORIGINE DES ÉMISSIONS DE PARTICULES EN IDF

inventaire Airparif 2022 des émissions en Île-de-France



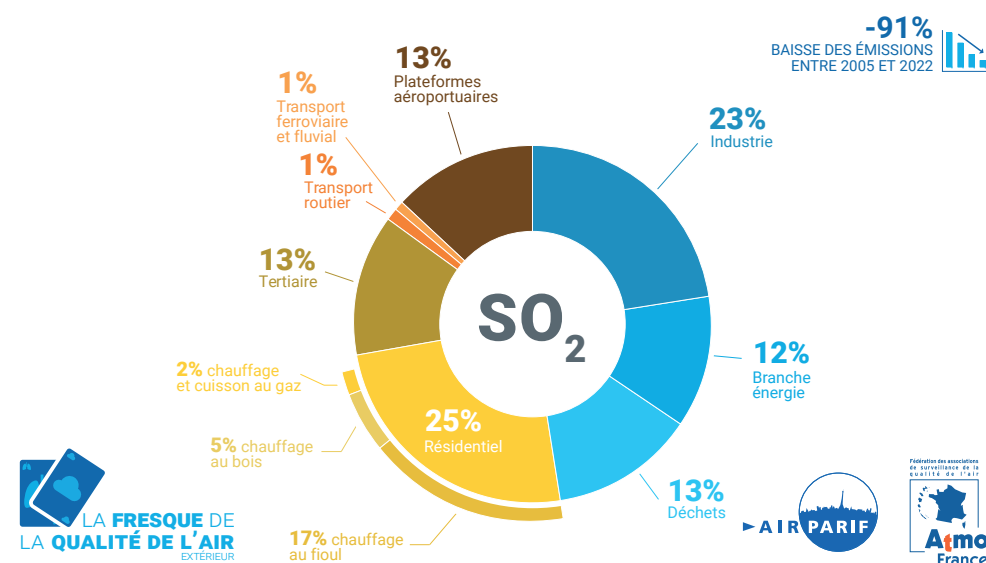
ORIGINE DES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE EN IDF

inventaire Airparif 2022 des émissions en Île-de-France



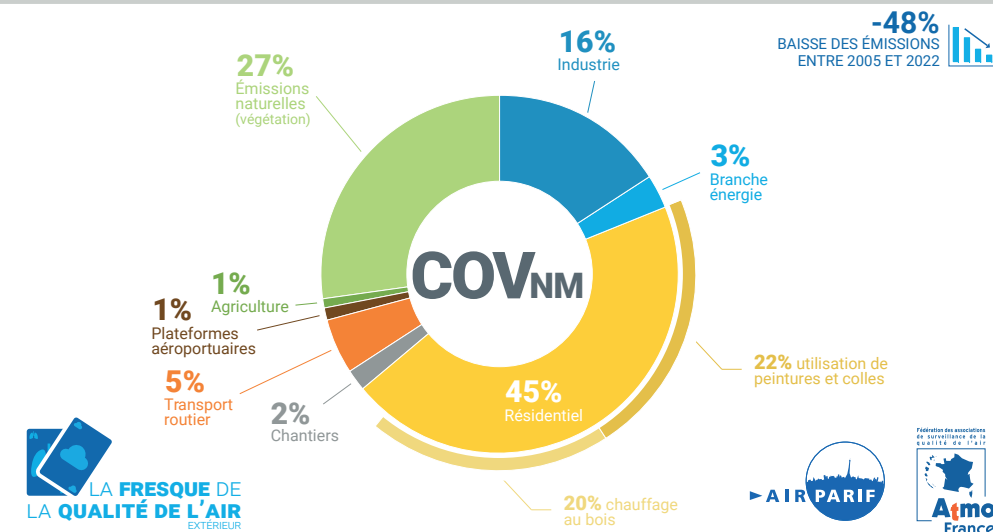
ORIGINE DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE EN IDF

inventaire Airparif 2022 des émissions en Île-de-France



ORIGINE DES ÉMISSIONS DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS NON MÉTHANIQUE EN IDF

inventaire Airparif 2022 des émissions en Île-de-France





LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



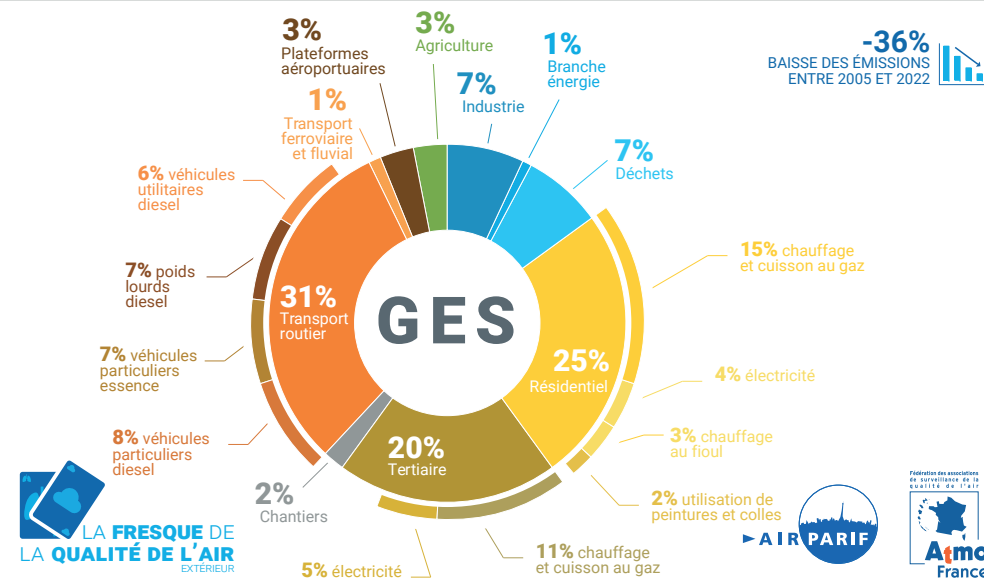
LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

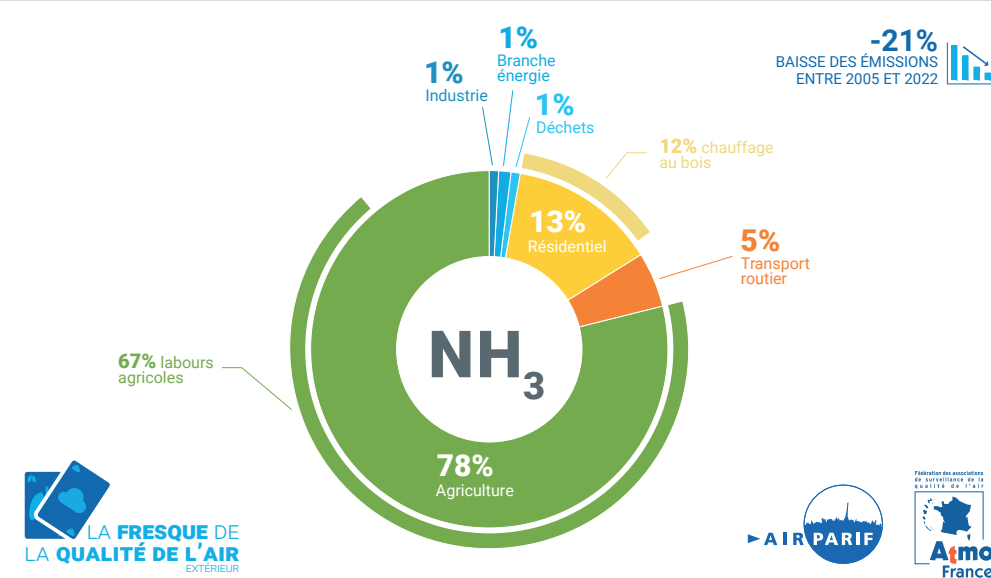
ORIGINE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN IDF (Scope 1+2)

inventaire Airparif 2022 des émissions en Île-de-France



ORIGINE DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC EN IDF

inventaire Airparif 2022 des émissions en Île-de-France

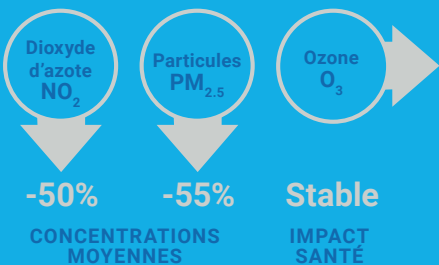


CONSÉQUENCES POUR LA SANTÉ

décès évitables avec le respect des recommandations de l'OMS (2021) pour les particules fines PM_{2,5} et l'ozone (publication 2022 - années de référence 2017-19)



TENDANCES CONCERNANT LES PRINCIPAUX POLLUANTS : entre 2005 et 2024



Paris



1 780 décès prématurés par an

Île-de-France



7 920 décès prématurés par an



SITUATION VIS-À-VIS DES SEUILS SANITAIRES ET RÉGLEMENTAIRES

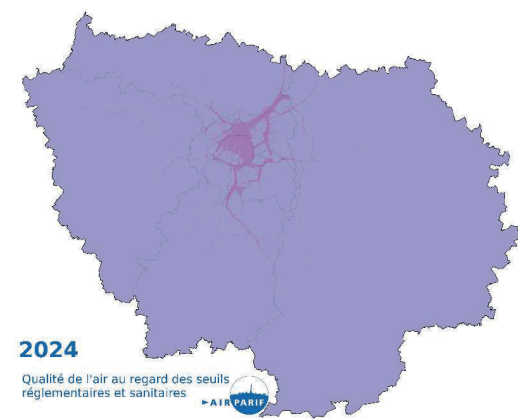
bilan 2024 de la qualité de l'air en Île-de-France

FRANCIILIENS EXPOSÉS À UN DÉPASSEMENT :

des valeurs limites réglementaires actuelles en vigueur à partir de 2030



des recommandations de l'OMS



Respect de toutes les recommandations OMS
 Dépassement d'au moins 1 recommandation OMS
 Dépassement d'au moins 1 valeur limite 2030
 Dépassement d'au moins 1 valeur limite actuelle
 En l'absence de valeurs limites pour l'ozone, seules les recommandations OMS sont prises en compte pour ce polluant.





LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



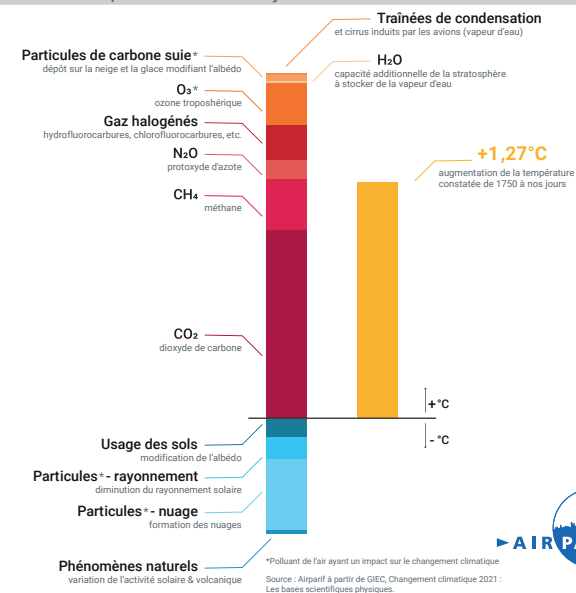
LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR



LA FRESQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

IMPACT SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Contributions au changement climatique de 1750 à nos jours



CONSÉQUENCES SUR LES RENDEMENTS AGRICOLES

Évaluation INERIS

2019 : 5 à 10% de perte de rendements agricoles pour certaines productions comme le blé tendre en Île-de-France



IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ

LA POLLUTION DE L'AIR DÉSÉQUILIBRE LES ÉCOSYSTÈMES

