



HAL
open science

Comment améliorer la qualité de l'air au Vietnam?

Marie Lan Nguyen Leroy, Geraldine Le Nir, Juliette Laurent

► **To cite this version:**

Marie Lan Nguyen Leroy, Geraldine Le Nir, Juliette Laurent. Comment améliorer la qualité de l'air au Vietnam?. 2023, 9786043140583. hal-04214447

HAL Id: hal-04214447

<https://hal.science/hal-04214447>

Submitted on 22 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

COMMENT AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR AU VIETNAM ?

Géraldine LE NIR

Juliette LAURENT

Marie Lan NGUYEN LEROY



COMMENT AMÉLIORER
LA QUALITÉ
DE L'AIR
AU VIETNAM
?

QUI SOMMES-NOUS ?



Paris Region Expertise – Vietnam (PRX-Vietnam) a été créé par la Région Île-de-France et le Comité populaire de Hanoi afin de mettre en œuvre leurs projets de coopération décentralisée. PRX-Vietnam élabore et coordonne des projets opérationnels visant à l'amélioration et la modernisation des infrastructures et des pratiques urbaines de Hanoi. Afin de promouvoir une gestion urbaine plus innovante et efficace, PRX-Vietnam propose également des formations, des études et communique auprès des agents techniques, des décideurs et de la population de Hanoi.

L'action de PRX-Vietnam est fondée sur le partage d'expériences et de savoir-faire entre professionnels des deux collectivités. Les axes de coopération majeurs sont l'aménagement urbain, la mise en valeur du patrimoine architectural, urbain et paysager, le tourisme, les transports publics, ainsi que la protection de l'environnement.

LE PROGRAMME « QUALITÉ DE VIE - QUALITÉ DE VILLE »



Cette publication est réalisée dans le cadre du programme « Qualité de vie- Qualité de ville », issu de la coopération entre le Comité populaire de Hanoi et la Région Île-de-France, avec le soutien financier de l'Agence française de développement. Grâce à ce programme, les partenaires ambitionnent d'améliorer la qualité de vie à Hanoi via une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux par les pouvoirs publics et les citoyens à travers quatre projets : développement urbain durable, gestion écologique des espaces verts, mesure de la qualité de l'air et réduction des déchets.


L'objectif de cet ouvrage est d'améliorer la production et la dissémination de savoirs scientifiques sur la qualité de l'air au Vietnam et de recommander des solutions adaptées aux compétences d'une collectivité locale vietnamienne. Les informations recueillies dans cette publication sont issues d'un travail mené par Airparif et PRX-Vietnam à Hanoi entre 2018 et 2022.

FINANCEMENTS



SOMMAIRE

I. La pollution de l'air : pourquoi est-ce dangereux ?	8		
1. Un impact direct sur notre santé	9		
2. Un impact sur notre environnement	12		
II. Quels sont les polluants de l'air et leurs impacts ?	14		
1. Les polluants de l'air	15		
Dioxyde d'azote (NO ₂)	16		
Les particules (PM)	18		
Les composés organiques volatils (COV)	22		
L'ozone	23		
2. Questions/réponses pour mieux comprendre la pollution de l'air	25		
Quel est le lien entre COVID-19 et qualité de l'air ?	25		
Quel est le lien entre qualité de l'air et changement climatique ?	25		
Quelle est la différence entre émissions et concentrations ?	26		
Quel est le lien entre qualité de l'air et météo ?	27		
III. Quels sont les principales sources de pollution au Vietnam ?	30		
1. Les sources de pollution	31		
2. Les résultats d'une campagne de mesure à Hoan Kiem	34		
IV. Comment surveiller la qualité de l'air ?	36		
1. Les appareils de mesures	37		
Les stations de mesure fixes	37		
Les microcapteurs	38		
		2. Les méthodes de surveillance de la qualité de l'air	40
		L'inventaire des émissions	40
		Les outils de modélisation	40
		Les campagnes de mesure	43
		3. Les valeurs guides en matière de qualité de l'air	43
		Valeurs guides de l'Organisation mondiale de la Santé	43
		Réglementation de la qualité de l'air	44
		L'indice de la qualité de l'air	45
		V. Comment améliorer la qualité de l'air ?	48
		1. Améliorer la qualité de l'air chez soi	49
		2. Utiliser des transports moins polluants	53
		A l'échelle individuelle	53
		A l'échelle de la ville	54
		3. Gérer les déchets de manière plus durable	55
		A l'échelle individuelle	55
		A l'échelle de la ville	55
		4. Promouvoir un urbanisme durable	57
		Planifier le développement de la ville	57
		Contrôler les émissions des zones industrielles	58
		Limiter les émissions des chantiers de construction	59
		Vers une agriculture durable	59
		Promouvoir des énergies moins polluantes	60



L'air que nous respirons a un impact essentiel sur notre santé. Une mauvaise qualité de l'air a une conséquence directe pour chaque individu, se traduisant par une diminution du nombre d'années de vie en bonne santé. Le développement de maladies respiratoires, de cancers et de nombreuses autres maladies augmentent avec le niveau de pollution de l'air.

Les habitants des villes souffrent davantage de la pollution atmosphérique que les habitants des zones rurales. Du fait de la densité de la population, les quantités de polluants atmosphériques rejetées sont plus élevées dans les villes, et leur dispersion y est plus difficile.

Le lourd coût humain et économique de la pollution appelle à des actions fortes de la part de l'ensemble des parties prenantes afin que la pollution de l'air devienne une priorité en matière de politiques publiques.

Les recommandations de cet ouvrage visent à partager les bonnes pratiques, à promouvoir des actions protégeant la population de la pollution de l'air, aussi bien à l'échelle individuelle que collective. Cette publication a pour ambition d'appuyer la prise de décision des politiques publiques locales et de renforcer l'information du grand public.

I. LA POLLUTION DE L'AIR : POURQUOI EST-CE DANGEREUX ?



Selon l'OMS, la pollution de l'air extérieur et de l'air intérieur est la cause d'au moins 7 millions de décès prématurés par an dans le monde, dont plus de 90% dans les pays en voie de développement.

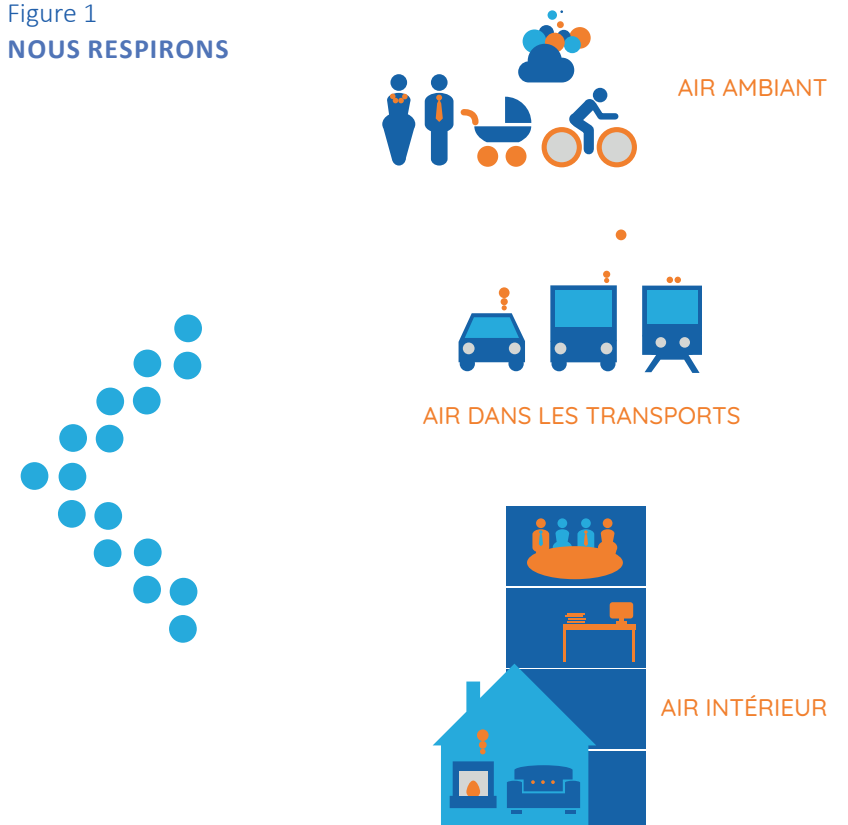
1. Un impact direct sur notre santé

Les pays d'Asie du Sud-Est sont particulièrement concernés par cette situation.

Tous les jours, nous respirons en moyenne 15 000 litres d'air. Cet air peut contenir des polluants très divers. Chacun est exposé à

la pollution de l'air de manière différente selon les environnements fréquentés : dans l'air ambiant (en air extérieur), mais aussi dans les transports et en air intérieur (domicile, bureaux, écoles...).

Figure 1
NOUS RESPIRONS



Nous sommes tous concernés par la pollution de l'air, mais **certaines catégories de la population sont particulièrement vulnérables.**



► Les **enfants** dont le système respiratoire est en développement jusqu'à l'âge de 8 ans.



► Les **personnes âgées**, car plus fragiles en raison d'un affaiblissement de leur système immunitaire et présentant plus fréquemment des pathologies cardio-vasculaires et respiratoires.



► Les **personnes atteintes de maladies chroniques** comme l'asthme.



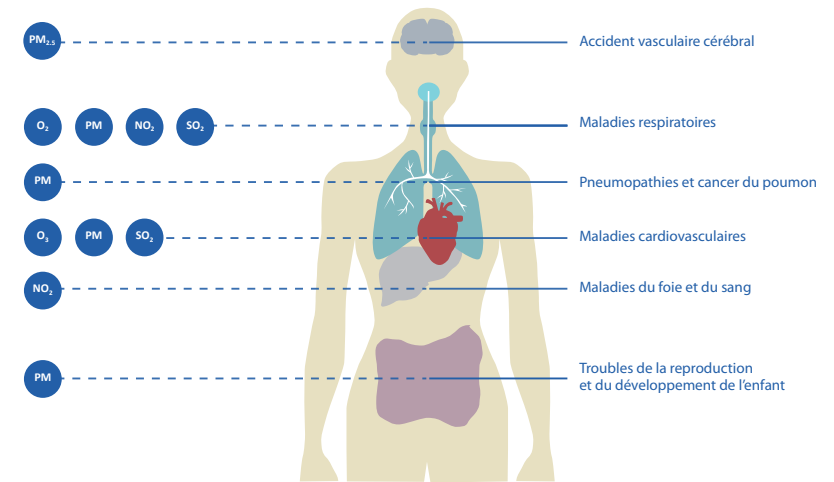
► Les **femmes enceintes**, une population particulièrement sensible en raison des risques encourus pour la santé du fœtus.

Les **conséquences sanitaires de la pollution de l'air** sur les populations exposées sont très variées : maladies respiratoires et cardio-vasculaires, cancers, asthme, mais aussi impacts neurologiques (maladies neuro-dégénératives), et sur la reproduction (problèmes de fertilité, fausse couche, augmentation des naissances de faible poids).

D'après l'OMS, les particules (PM), le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et l'ozone troposphérique (O₃) sont les polluants atmosphériques les plus nocifs pour la santé humaine.

Figure 2

LES PRINCIPAUX EFFETS DES PM, DU NO₂, DU SO₂ ET DE L'O₃ SUR LA SANTÉ



La pollution atmosphérique fait sentir ses effets sur l'homme au quotidien, elle peut avoir de nombreux effets :

► **chroniques**, en raison d'une exposition quotidienne qui génère des affections respiratoires, cardio-vasculaires, etc. ;

► **aigus**, notamment pour les personnes sensibles, les personnes âgées et les enfants, lors d'une exposition courte en cas d'épisode de pollution ;

► **sur le long terme**, par exemple en générant des effets cancérogènes provoqués notamment par certaines particules.

La pollution de l'air fait le plus souvent parler d'elle lors des pics de pollution. Cependant, **c'est l'exposition prolongée à de faibles doses de polluants qui constitue un danger plus grave pour la santé humaine.** C'est bien la pollution chronique qui est la plus dangereuse pour la santé publique. Il convient donc d'agir par des mesures à moyen et long terme.

Figure 3

QUELLE DIFFÉRENCE ENTRE LES ÉPISODES DE POLLUTION ET LA POLLUTION QUOTIDIENNE ?



Épisodes de pollution

Plusieurs jours par an (en fonction des conditions météorologiques).

Mesures d'urgences

► réduire l'intensité d'un pic

Pollution quotidienne

Chaque jour, tout au long de l'année, impact plus important sur la santé.

Mesures permanentes

► respecter la réglementation et les recommandations de l'OMS.

avec d'autres facteurs comme la sécheresse ou les parasites, entraînent le dépérissement des forêts et la dégradation des sols. Le phénomène d'eutrophisation résulte d'un apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux. La pollution de l'air contribue à entraîner ce déséquilibre de l'écosystème, notamment à cause de l'excès de dépôt d'azote. Appauvrie en oxygène, la prolifération végétale des eaux conduit à l'étouffement de nombreuses espèces.



► **L'agriculture** est affectée par la pollution de l'air : baisse de la production et de la qualité des produits. En s'accumulant dans le sol et les végétaux, les polluants sont néfastes pour la qualité sanitaire des denrées alimentaires. La pollution à l'ozone en particulier, peut entraîner une baisse des rendements agricoles (riz, maïs, blé...), engendrant ainsi des risques en termes de santé alimentaire. Les productions agricoles situées près des axes routiers à fort trafic subissent des dépôts de polluants tels que les polluants organiques persistants, des substances organiques, dont la dégradation est très lente. Elles sont nocives pour les écosystèmes et les êtres vivants.



► **Les bâtiments** : la pollution a également des effets sur les constructions puisqu'elle entraîne la corrosion de certains matériaux, des noircissements et encroûtements des bâtiments par les poussières. Elle entraîne également des altérations diverses en association avec le gel, l'humidité et les micro-organismes (noircissement et altération des façades). La pollution de l'air contribue ainsi à la dégradation du patrimoine bâti.

2. Un impact sur notre environnement de vie

La pollution de l'air peut avoir des impacts sur :



► **Les écosystèmes** : la pollution de l'air a un impact sur l'environnement au sens large. Elle affecte les végétaux : formation de nécrose, réduction de la croissance des plantes, résistance amoindrie à certains agents infectieux. Elle peut également contribuer aux phénomènes de pluies acides qui, en liaison

Ces impacts cumulés ont un coût économique important (augmentation des dépenses de santé, baisse de la productivité, perte d'attractivité touristique...). Ce coût est estimé à 2,9 trillions de dollars en 2018, soit 3,3% du PIB mondial.¹

1. CREA, 2020.

II. QUELS SONT LES POLLUANTS DE L'AIR ET LEURS IMPACTS ?

Les espèces polluantes émises ou transformées dans l'atmosphère sont très nombreuses.

1. Les polluants de l'air

Composé principalement de diazote N_2 (78 % en volume), de dioxygène O_2 (21 % en volume) et d'argon (0,95 % en volume), l'air est plus ou moins contaminé par des polluants gazeux, liquides ou solides d'origine naturelle (émissions par la végétation, les océans, les volcans...) ou produits par les activités humaines (cheminées d'usines, pots d'échappements, ...).

Les espèces polluantes émises ou transformées dans l'atmosphère sont très nombreuses. Même si leurs

concentrations sont très faibles (mesurées en général en microgrammes par mètre cube), elles peuvent avoir des effets, notamment sur la santé humaine et sur l'environnement.

Parmi les polluants de l'air, se distinguent :

- ▶ les **polluants gazeux** (comme l'ozone, le dioxyde d'azote ou les composés organiques volatils)
- ▶ les **polluants particulaires**, qui sont un mélange de composés solides et/ou liquides, en suspension dans l'air.

POLLUANTS PRIMAIRES VS POLLUANTS SECONDAIRES

Deux grands types de polluants se différencient :

- ▶ Les polluants primaires, qui sont directement émis dans l'atmosphère, que ce soit par les activités humaines (transport, industrie, cuisson, travaux...) ou par des sources naturelles (volcans, feux de forêt, sels marins...).
- ▶ Les polluants secondaires, qui ne sont pas émis directement dans l'atmosphère, mais sont le résultat de réactions physico-chimiques dans l'atmosphère, à partir de polluants gazeux tels que les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2), l'ammoniac (NH_3) ou encore les composés organiques volatils (COV). L'ozone (O_3), par exemple, est un polluant secondaire, résultant de réactions entre des polluants précurseurs (NO_x , COV) sous l'effet du rayonnement solaire et de la chaleur.

Certains polluants, comme le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules, sont à la fois des polluants primaires et secondaires.

Dioxyde d'azote (NO₂)

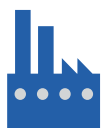
Le dioxyde d'azote est un polluant gazeux indicateur des activités de combustion, et notamment du **transport routier (échappement des véhicules)**. Les émissions directes (« primaires ») de dioxyde d'azote sont dues en grande majorité au :



► **Transport routier**



► **Secteurs résidentiel et tertiaire**
(chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson)



► **Industrie**



► **Production d'énergie**

Il existe également une part d'émissions indirectes (« secondaires ») liées à la transformation chimique dans l'atmosphère de monoxyde d'azote (NO) en dioxyde d'azote (NO₂) en présence d'ozone et d'autres oxydants dans l'air.

Figure 4

LES DANGERS DU DIOXYDE D'AZOTE

IMPACTS SANITAIRES



RESPIRATOIRES

Gaz irritant pour les bronches.
Augmentation des réactions allergiques et des crises d'asthme.
Augmentation des symptômes bronchitiques chez les enfants asthmatiques.
Diminution de la fonction pulmonaire.
Inflammation importante des voies respiratoires en cas de concentrations forcées.



AUTRES IMPACTS

Dégradation des fonctions rénales et hépatiques.
Gaz irritant pour les yeux et le nez.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET CLIMATIQUES



Acidification des milieux naturels : pluies acides, chutes de feuilles et nécroses, appauvrissement des milieux aquatiques.



Eutrophisation des milieux naturels (apport exédentaire d'azote, notamment dans les sols) : réduction de la biodiversité.



Contribution à la création de particules et d'ozone par transformation chimique.

Source : AEE, Airparif, 2020

Les particules (PM)

Les particules en suspension (appelées communément PM en anglais pour *Particulate Matter*) sont constituées par des matières microscopiques en suspension dans l'air : sulfates, nitrates, métaux, carbone organique, carbone suie... Les particules en suspension dans l'air se nomment aérosols.

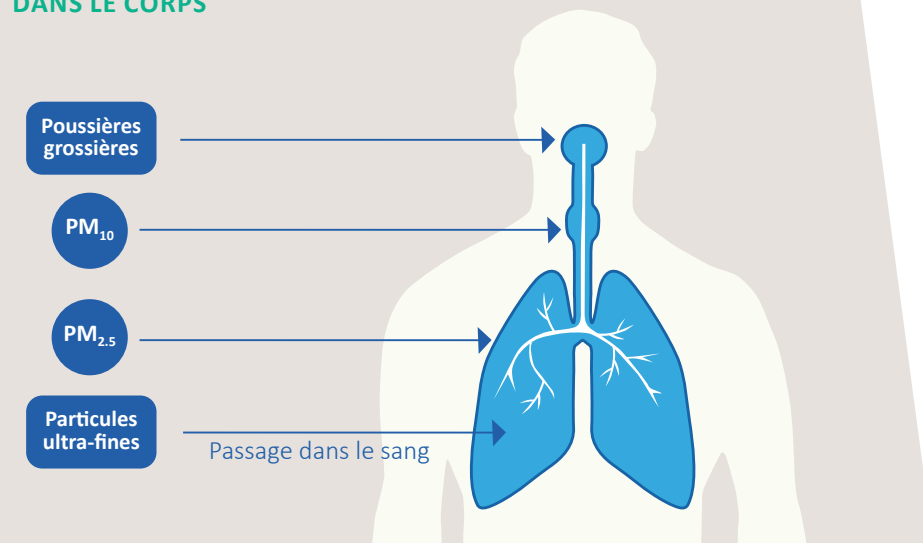
Ces particules sont généralement classées par taille :

- ▶ particules PM₁₀ (diamètre inférieur à 10 µm)
- ▶ particules PM_{2,5} (diamètre inférieur à 2,5 µm)
- ▶ particules ultrafines (diamètre inférieur à 0,1 µm)

Les particules PM₁₀ et PM_{2,5} affectent le système respiratoire. Plus elles sont petites, plus les particules pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire. Les particules ultrafines peuvent aller jusqu'à passer la barrière alvéolaire pour atteindre le système cardiovasculaire pénétrant les vaisseaux sanguins et le système lymphatique. Se diffusant dans le corps entier, elles ont des impacts sur le système respiratoire, cognitif et reproductif.

Figure 5

LA PÉNÉTRATION DES PARTICULES DANS LE CORPS



Les **sources primaires de particules** sont très diverses :



Les sources de particules peuvent également être indirectes, avec la formation de particules «secondaires» par réactions chimiques dans l'atmosphère, le transport sur de longues distances, ou encore la remise en suspension de particules déposées au sol.

Figure 6

LES DANGERS DES PARTICULES

IMPACTS SANITAIRES



RESPIRATOIRES

Irritation et altération du système respiratoire.
Développement de pathologies chroniques respiratoires.
Aggravation de la bronchopneuropathie chronique obstructive (BPCO).
Cancérogène probable à certain.



CARDIO-VASCULAIRE

Développement de pathologies chroniques cardio-vasculaires.
Augmentation des AVC.



COGNITIFS

Troubles cognitifs.
Maladies neurodégénératives.



SANTÉ PÉRINATALE

Troubles de la reproduction.
Risque accru de faible poids à la naissance.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET CLIMATIQUES



Salissure et dégradation des bâtiments et monuments publics.



Impact direct sur le climat par absorption / diffusion du rayonnement solaire.

Source : AEE, Airparif, 2020

LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PARTICULES

La composition chimique des particules est complexe et comprend deux grands types de composés : **les composés organiques et les composés inorganiques**.

La fraction inorganique des particules peut être primaire ou secondaire. Les particules minérales, émises par exemple par l'érosion des sols, ou les particules métalliques, provenant notamment de l'usure des plaquettes de frein, sont des particules primaires et inorganiques. Une grande part des particules est aussi composée d'espèces inorganiques secondaires, formées à partir de précurseurs gazeux. Il s'agit en majorité du nitrate et du sulfate d'ammonium, formés à partir de réactions chimiques entre le NO_2 , le SO_2 et le NH_3 . Ces composés inorganiques secondaires représentent une part importante des particules.

La fraction organique des particules est formée de carbone élémentaire (ou carbone suie) et de carbone organique. Cette fraction organique est émise principalement lors de la combustion. Plus une combustion est complète (par exemple, en sortie de pot d'échappement), plus elle émet de carbone élémentaire. Plus une combustion est incomplète (par exemple, feux de bois en foyer ouvert, brûlage de déchets agricoles), plus elle émet de carbone organique. La matière organique comprend de nombreux composés, dont les dioxines, les furanes et les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), et est à la fois d'origine primaire et secondaire.

L'étude de la composition chimique des particules permet de remonter à leur origine géographique (locale ou longue distance) et à leurs sources principales. C'est donc un appui essentiel à la mise en place de politiques publiques efficaces et ciblées pour lutter contre la pollution particulaire.



Les composés organiques volatils (COV)

Il s'agit d'un ensemble d'espèces chimiques émises par :



► le **secteur du transport** (en particulier l'évaporation de l'essence). A titre d'exemple, le benzène est un COV.



► usage de **solvants, peintures...** par des professionnels ou des particuliers.

L'ozone

L'ozone (O_3) est un polluant gazeux secondaire, c'est-à-dire qu'il n'est pas émis directement dans l'atmosphère. Il est principalement formé par réactions chimiques entre des gaz « précurseurs » (autrement dit ils réagissent pour former d'autres composés) – principalement les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV), sous l'effet de la chaleur et du rayonnement solaire.

Remarque

Il faut distinguer l'ozone troposphérique, qui, en plus d'être un polluant de l'air nocif, est un gaz à effet de serre au fort pouvoir réchauffant de l'ozone stratosphérique. L'ozone stratosphérique, situé entre 10 et 50 km d'altitude, joue un rôle protecteur en filtrant les rayons du soleil. Il s'agit de la « couche d'ozone ».

Figure 7

PROCESSUS DE FORMATION DE L'OZONE

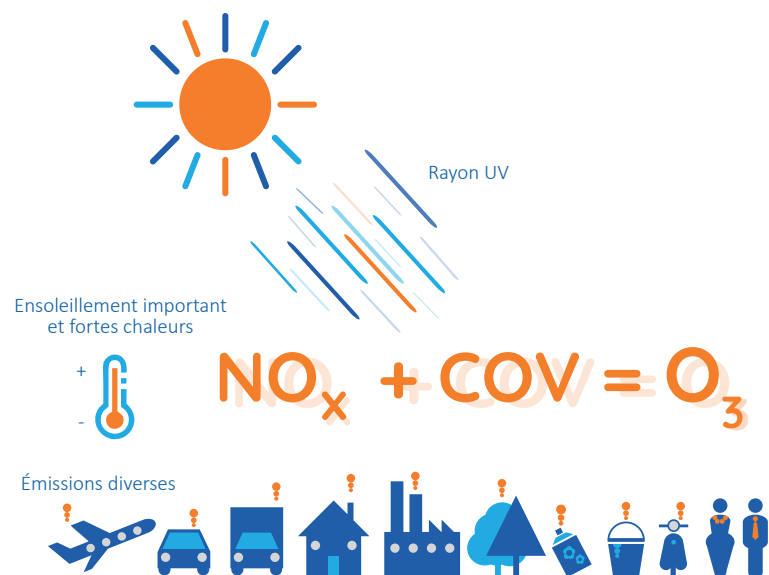


Figure 8

LES DANGERS DE L'OZONE

IMPACTS SANITAIRES



RESPIRATOIRES

- Gaz irritant pour les bronches.
- Diminution de la fonction pulmonaire.
- Apparition de maladies respiratoires.
- Augmentation de l'asthme.
- Augmentation de la mortalité respiratoire et cardio-vasculaire à long terme.



AUTRES IMPACTS

- Gaz irritant pour les yeux et le nez.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET CLIMATIQUES



- Baisse de rendement des cultures agricoles.



- Réduction de la capacité de la végétation à stocker du carbone.
- Impact sur la végétation (nécrose des feuilles et aiguilles).



- Dégradation des matériaux de construction.



- Gaz à effet de serre : contribue au changement climatique.

Source : AEE, Airparif, 2020

2. Questions/réponses pour mieux comprendre la pollution de l'air

Quel est le lien entre COVID-19 et qualité de l'air ?

Depuis le début de la pandémie de COVID-19, les liens entre cette maladie et la qualité de l'air ont fait l'objet de nombreuses études. Il est aujourd'hui admis que l'exposition à la pollution de l'air a pu jouer un rôle aggravant dans la propagation du COVID-19. En effet, l'exposition à la pollution augmente la vulnérabilité d'une population face à une épidémie de virus respiratoire comme le SARS-CoV-2, notamment par ses mécanismes d'action sur l'organisme : inflammation et stress oxydatif du système respiratoire, affaiblissement voire dérèglement du système immunitaire. La pollution de l'air a un rôle dans l'apparition et l'aggravation de maladies chroniques, facteurs de comorbidités du COVID-19.

En ce qui concerne l'air intérieur, la transmission du virus est bien documentée. En milieu intérieur, la contamination entre les personnes est favorisée, elle dépend de nombreux facteurs (sources de pollution, aération, ventilation,

voire purification de l'air pour diminuer la concentration d'aérosols potentiellement porteurs du virus en air intérieur).

Quel est le lien entre qualité de l'air et changement climatique ?

Les polluants de l'air ont une durée de vie courte dans l'atmosphère (de quelques heures à quelques jours) et ont un impact principalement local. Ils posent avant tout des enjeux sanitaires pour les populations exposées.

Les gaz à effet de serre ont une durée de vie bien plus longue dans l'atmosphère (10 ans pour le méthane, 100 pour le dioxyde de carbone) et ils ont un impact global, de par leur contribution à l'effet de serre et donc au changement climatique.

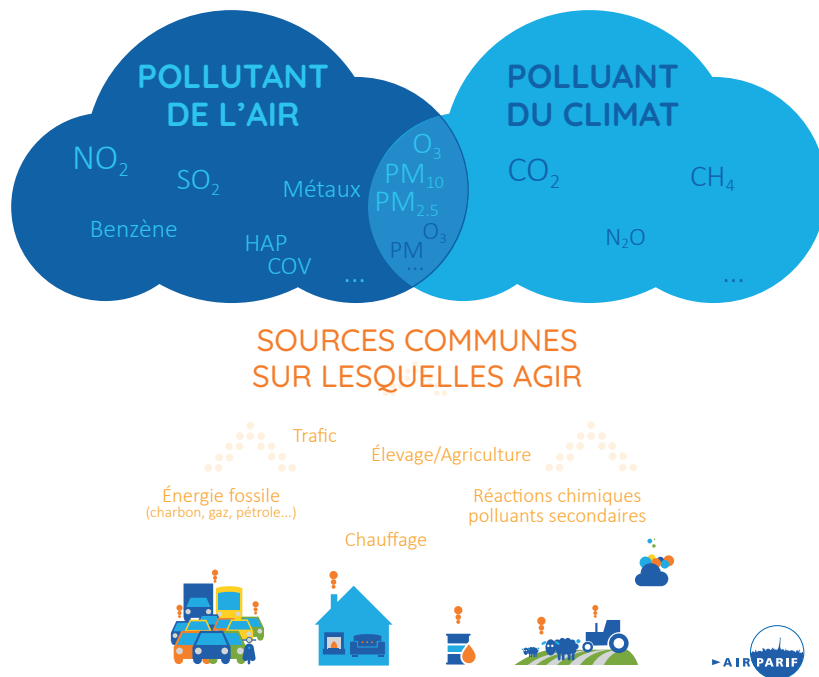
Les sources des polluants de l'air et des gaz à effet de serre sont bien souvent communes : elles sont liées principalement à la combustion d'énergies fossiles, pour le transport, le chauffage, l'industrie...

NB : certaines espèces, comme l'ozone ou le carbone suie, sont à la fois des polluants de l'air et des gaz à effet de serre. On les appelle les polluants climatiques à courte durée de vie (*Short Lived Climate Pollutants – SLCPs*).

Les particules (ou aérosols) ont également un impact sur le climat, qui est complexe, puisque certains aérosols ont un effet réchauffant sur l'atmosphère, tandis que d'autres ont un effet refroidissant.

Figure 9

LES POLLUANTS DE L'AIR ET LES POLLUANTS DU CLIMAT



Quelle est la différence entre émissions et concentrations ?

Il ne faut pas confondre :

Les émissions, qui correspondent aux quantités de polluants rejetées

dans l'air ambiant par les activités humaines ou par des sources naturelles ; elles sont généralement exprimées en kilogrammes ou tonnes par an.

Les concentrations qui caractérisent la qualité de l'air respiré par les

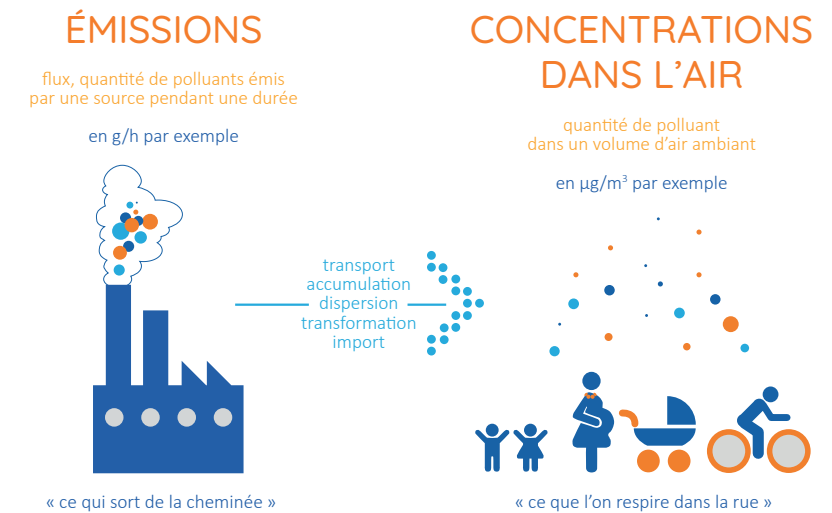
populations, et qui s'expriment le plus souvent en microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). C'est l'indicateur le plus important pour connaître l'exposition des populations à la pollution de l'air.

NB : il n'existe pas de relation linéaire entre niveaux d'émissions

et niveaux de concentrations. En effet, les concentrations sont très influencées par les conditions météorologiques, plus ou moins favorables à la dispersion des polluants ou à la formation de polluants secondaires dans l'atmosphère.

Figure 10

DIFFÉRENCE ENTRE ÉMISSIONS ET CONCENTRATIONS



Quel est le lien entre qualité de l'air et météo ?

D'un jour à l'autre, la pollution de l'air ambiant peut varier énormément (concentrations 5 à 20 fois supérieures à la moyenne). Ces variations s'expliquent par la varia-

bilité des émissions atmosphériques mais aussi par la complexité des phénomènes météorologiques qui influencent la dispersion des polluants ou au contraire leur accumulation.

Le vent et la pluie favorisent la dispersion, le brassage et le lessivage

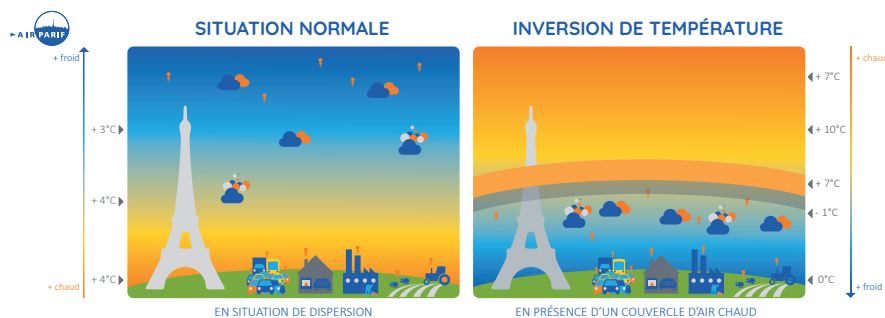
des polluants. Ces situations météorologiques permettent une bonne dispersion de la pollution et contribuent à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant.

A l'inverse, les **situations anticycloniques persistantes** (temps calme et ciel dégagé, pression atmosphérique élevée) peuvent provoquer des situations dites d'inversion de

température, lors desquelles les anticyclones associés à des vents faibles, contribuent à la formation d'un couvercle d'air chaud au-dessus des agglomérations. Il empêche la dispersion des polluants et favorise la stagnation et l'accumulation des polluants essentiellement primaires, tels que les oxydes d'azote et les particules, émis au-dessus des villes.

Figure 11

QU'EST-CE QU'UNE SITUATION D'INVERSION DES TEMPÉRATURES ?



Le climat subtropical humide du Vietnam se traduit par une saison humide (de mai à octobre au sud et de septembre à janvier au centre) et une saison sèche (de novembre à avril dans le sud du pays et de février à août au centre).

Lors de la saison humide, caractérisée par des précipitations importantes, les conditions favorables à une meilleure dispersion des polluants et

donc à une amélioration de la qualité de l'air.

A l'inverse, lors de la saison sèche, caractérisée par des températures plus froides et des précipitations moins importantes, il y a une mauvaise dispersion des émissions émises localement, ce qui contribue à une aggravation de la pollution atmosphérique.

III. QUELS SONT LES PRINCIPALES SOURCES DE POLLUTION AU VIETNAM ?

Ces dernières années, plusieurs études préliminaires ont permis d'identifier l'état de la pollution de l'air, ainsi que les sources d'émissions, réalisées essentiellement sur la province d'Hanoï.

1. Les sources de pollution

Menées par des acteurs internationaux tels que la Banque mondiale, Airparif et également par des acteurs nationaux tel que l'Université d'ingénierie et de technologie (VNU-UET), ces travaux ont permis de faire avancer l'état actuel des connaissances.

Les grandes zones urbaines telles que Hanoï ou Ho Chi Minh Ville connaissent des taux de pollution particulièrement élevés. A l'intérieur

des villes, les districts centraux sont les plus pollués. C'est malheureusement là où la population est particulièrement importante : la mauvaise qualité de l'air y affecte donc un nombre plus élevé de personnes.

Ces dernières années, le taux moyen de $PM_{2,5}$ à Hanoï dépasse le taux annuel recommandé par le ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles fixé à $25\mu g/m^3$. Il dépasse donc plus encore le taux fixé par l'OMS, de $5\mu g/m^3$.

A Hanoï, plusieurs sources majeures de pollution de l'air ont été identifiées :



► Les **zones industrielles** regroupent des types d'industries très diverses (fer et acier, ciment, papier, engrais, matériaux de construction, raffineries...). Ces zones constituent des sources d'émissions de substances très variées. Présents dans la zone péri-urbaine de Hanoï et dans les villes des provinces du delta du Fleuve Rouge, des clusters industriels et semi-industriels peuvent également contribuer à la pollution de l'air, du fait de certaines activités nécessitant des processus de combustion et/ou l'utilisation de solvants.



► Le **trafic routier** est en forte croissance, à la fois pour le transport des marchandises et pour le transport des personnes. Ce secteur constitue une des sources prédominantes de pollution dans le cœur dense de Hanoï. Dans le



centre-ville, le trafic routier est dense, avec une très forte prédominance des deux-roues motorisés. Bien que les camions soient interdits aux heures de fortes affluences dans le centre-ville, ils circulent en revanche sur les axes périphériques. Les prévisions sont à la hausse pour l'utilisation des voitures et des motos. Une augmentation du recours aux transports en commun, avec le développement des lignes de métro, permettra d'alléger en partie le trafic routier.



► Les **activités domestiques** contribuent à la pollution de l'air. En ville, il s'agit essentiellement de la cuisine de rue, utilisant du gaz ou du charbon émettant surtout du CO, du SO₂ et des poussières. Des programmes d'actions ont été mis en place par les autorités de la ville pour limiter la cuisine au charbon « nid d'abeille ».



► Le **brûlage des déchets agricoles et domestiques en plein air** constitue une source importante d'émissions de polluants. Le brûlage des déchets agricoles saisonniers, et plus particulièrement de la paille de riz, est une source de pollution aux particules fines et à l'ammoniac, précurseur de particules secondaires.

Concernant les déchets domestiques, le brûlage de déchets à l'air libre est particulièrement nocif pour l'environnement en libérant un mélange dangereux de composés cancérigènes et d'autres substances toxiques : dioxines, furanes, arsenic, mercure, etc. Il entraîne des risques pour la santé pour ceux qui sont exposés directement à la fumée.



► Les **chantiers de construction** émettent de nombreux polluants dans l'air. Les constructions sont sources de particules grossières, de SO₂, de CO et de NO_x. Lors des démolitions, sont émis sur des durées restreintes, des poussières et des particules fines. La construction constitue une source de pollution importante dans la mesure où le développement très rapide de l'urbanisation entraîne la construction de quartiers entiers au sein de la capitale. Avec un renouvellement urbain très dynamique dans des secteurs déjà construits, aucun espace urbain n'est épargné.



► La **pollution transrégionale et transfrontalière** peut également affecter la qualité de l'air au Vietnam. Ainsi, les polluants venant de provinces ou de pays limitrophes véhiculés par le vent, peuvent contribuer à une mauvaise qualité de l'air au nord du pays.

A retenir

Pour limiter son exposition à une mauvaise qualité de l'air, évitez :

- les zones situées à proximité de voies à fort trafic ;
- les espaces présentant des spécificités en termes de sources d'émissions (zones industrielles, espaces où les déchets sont brûlés, etc.).

2. Les résultats d'une campagne de mesure à Hoan Kiem

Piétonnisation le week-end à Hoan Kiem

A Hanoï, la ville a mis en place un espace piéton tous les week-ends autour du lac de Hoan Kiem. Afin de mesurer l'impact de la piétonnisation sur la qualité de l'air, une campagne de mesure par tubes passifs a été mise en œuvre autour du lac².

Les mesures ont confirmé que :

- ▶ la piétonnisation a un effet bénéfique sur la qualité de l'air ;
- ▶ plus on s'éloigne d'un axe routier, plus les concentrations de polluants diminuent. Les niveaux de NO₂ et de benzène sont plus forts

à proximité des axes routiers. Les grands axes de circulation des villes sont donc des zones très polluées ;

▶ les axes routiers les plus fréquentés par des deux roues motorisés, voitures et camions présentent les teneurs en NO₂ les plus élevées (ex : site 25). Une exposition longue peut donc présenter des risques importants pour le système respiratoire. Les rues plus petites et congestionnées (ex : site 1,2,3), présentent des teneurs plus fortes en benzène, un COV cancérigène.

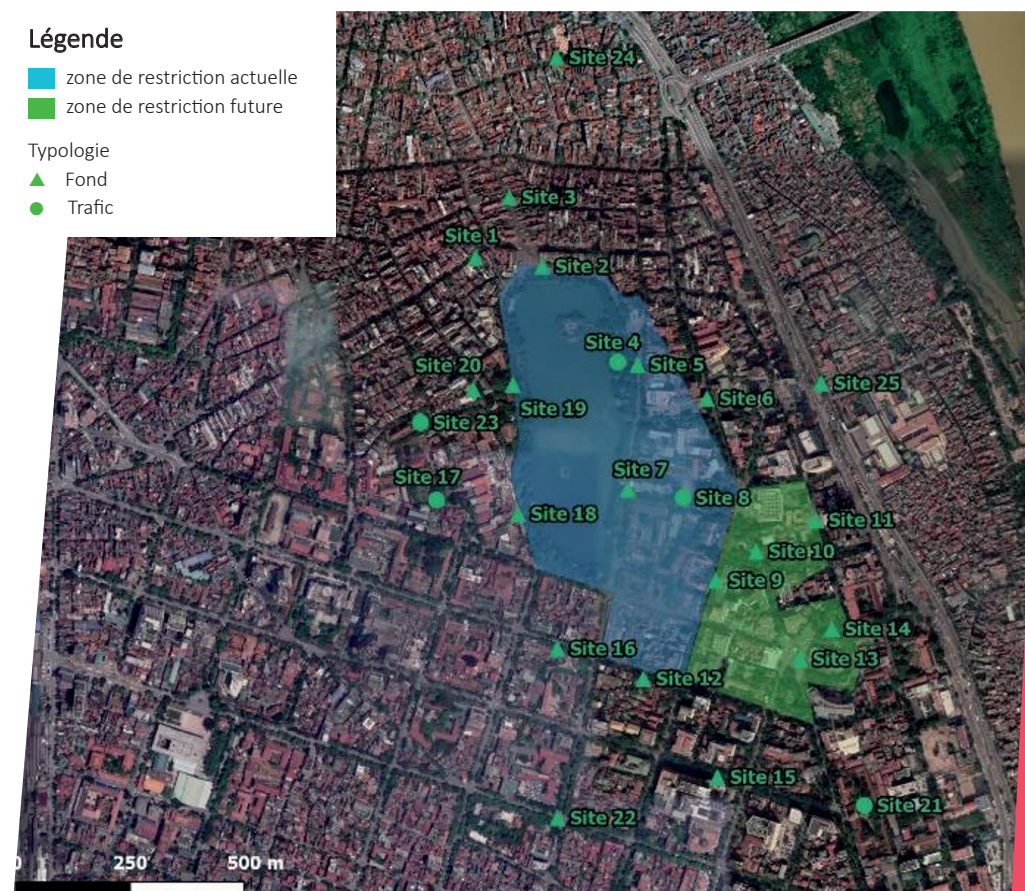
2. Campagne de mesure réalisée dans le cadre du projet « Qualité de vie – Qualité de ville », un projet Région Île-de-France, CPH et AFD.

Légende

- zone de restriction actuelle
- zone de restriction future

Typologie

- ▲ Fond
- Trafic



IV. COMMENT SURVEILLER LA QUALITÉ DE L'AIR ?

Pour surveiller la qualité de l'air, un ensemble d'outils, de techniques et de méthodes peuvent être utilisés : stations de mesure, microcapteurs, campagnes de mesure, inventaire des émissions et outils de modélisation.

1. Les appareils de mesures

Les stations de mesure fixes

Véritables mini-laboratoires, ces stations (14 à Hanoi fin 2019) fournissent des concentrations de référence sur les concentrations de polluants atmosphériques dans l'air ambiant. Plusieurs typologies de stations sont à distinguer :

- ▶ les stations «de fond», loin des sources de pollution, qui permettent de caractériser différents environnements (urbain, périurbain et rural).

- ▶ les stations «de proximité», aux abords des axes routiers ou, le cas échéant, des zones industrielles.

L'objectif principal de ces mesures est de comprendre l'exposition des populations et l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

Afin de produire des données fiables qui puissent être utilisées par toutes les parties prenantes, une grande attention doit être portée à la maintenance des appareils de mesure et aux procédures de traitement des données.



Station du 3^{ème} étage de la Tour Eiffel, Paris



Station de mesure de la qualité de l'air à Paris

Les microcapteurs

L'intérêt principal des microcapteurs est de permettre un suivi en temps réel de l'évolution des concentrations horaires. Ces dernières années, l'offre de microcapteurs de la qualité de l'air s'est fortement développée. Ces appareils présentent de nombreux avantages : portabilité, lecture immédiate des mesures, prix accessibles, etc.

Cependant, ils soulèvent aussi de nombreuses questions, en particulier en termes de fiabilité

des données collectées. Ainsi, si les microcapteurs se révèlent assez fiables pour discerner des dynamiques, des évolutions (et permettent ainsi de comparer différents environnements, ou différentes heures de la journée) ; les données collectées, en valeur absolue, restent moins fiables que celles issues des stations de mesure fixes. Ainsi, en l'état actuel du marché, les microcapteurs ne permettent pas de réaliser des mesures de référence de la qualité de l'air, les incertitudes sur la fiabilité des données étant importantes.



Les micro-capteurs sont très sensibles à l'humidité, en particulier pour les particules. Cela peut induire des biais lors des mesures pendant la saison humide.

Toutefois, dans des contextes où les financements sont limités, ils peuvent constituer un appui utile pour compléter un réseau de stations fixes, afin de permettre une connaissance plus fine des niveaux de pollution d'un territoire. Dans le cas où des microcapteurs sont déployés sur un territoire disposant déjà de stations fixes, il est

important de mettre en œuvre des procédures de coordination des capteurs avec les stations fixes, pour s'assurer de la cohérence des données collectées. De plus, ils présentent un vrai intérêt en termes de sensibilisation et d'implication des habitants autour des enjeux de qualité de l'air.



Microcapteur installé à Hanoï

2. Les méthodes de surveillance de la qualité de l'air

L'inventaire des émissions

L'inventaire des émissions permet de déterminer la contribution à la pollution des différents secteurs émetteurs : transport, résidentiel/ tertiaire, agriculture, constructions, industrie... Grâce à l'inventaire, les principaux leviers d'action peuvent être identifiés pour améliorer la qualité de l'air, et tester des scénarios de réductions des émissions.

Les outils de modélisation

Les outils de modélisation sont des outils numériques qui permettent de déterminer, en tout point du territoire, les niveaux de pollution. La modélisation répond à différents objectifs : produire des cartes de pollution en temps réel (en y associant aussi les observations du réseau de mesure) ; prévoir la pollution (et en particulier les épisodes de pollution) ; évaluer

l'efficacité de plans d'action, *a priori* ou *a posteriori*.

Effectuée grâce à des outils de modélisation, la **prévision de la qualité de l'air** permet notamment d'anticiper les impacts d'une mauvaise qualité de l'air : recommandations sanitaires à destination des personnes sensibles ou de la population générale, en fonction de la gravité du pic ; adoption de mesures d'urgence visant à faire baisser les émissions des principaux secteurs émetteurs responsables de la mauvaise qualité de l'air.

En cas de prévision d'un épisode de pollution, c'est-à-dire un dépassement de seuils réglementaires, des procédures spécifiques peuvent être déclenchées, impliquant des actions d'information et de recommandations auprès du grand public, et l'adoption de mesures d'urgence ciblant les secteurs émetteurs.

LES MESURES SONT MISES EN ŒUVRE EN FRANCE LORS DES ÉPISODES DE POLLUTION

En France, les polluants concernés par des procédures d'information et d'alerte en cas d'épisodes de pollution sont le NO₂, l'O₃ et les particules PM₁₀. Appelée procédure d'information et d'alerte, la procédure de gestion des épisodes de pollution comporte deux seuils de gravité croissantes :



Lorsque le premier seuil est atteint :

- Une **communication très large** est réalisée : elle cible le grand public, les agences régionales de santé, les établissements de santé et médico-sociaux, les professionnels concernés et les mairies et autres collectivités locales. L'information est diffusée par les médias, sites web, applications.
- Les **recommandations sanitaires** s'adressent à toute la population, mais des messages spécifiques peuvent s'adresser aux populations vulnérables (femmes enceintes, jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans ou souffrant de pathologies) ou aux personnes sensibles. Selon l'épisode de pollution, il peut leur être conseillé de limiter leurs déplacements sur les grands axes routiers et aux heures de pointe, de limiter les activités physiques intenses, aussi bien en intérieur qu'en extérieur. En cas d'épisode à l'ozone, il est conseillé de limiter les sorties l'après-midi. En effet, ce polluant se développe sous l'influence de la chaleur et du soleil.

► Des **recommandations comportementales relatives à la réduction des polluants atmosphériques**, comme par exemple des recommandations pour baisser la vitesse des automobilistes. Un renforcement des contrôles antipollution est généralement réalisé.

Lorsque le second seuil est atteint :

En plus des recommandations au grand public, des mesures réglementaires d'urgence, applicables aux secteurs industriel, agricole, résidentiel et tertiaire en fonction de la typologie de l'épisode de pollution :

► Les autorités peuvent prescrire une réduction, voire une mise à l'arrêt des activités polluantes. En cas d'épisode de pollution à l'ozone, les recommandations peuvent cibler les activités émettrices de substances polluantes précurseurs (à base de solvants) ou demander aux industriels de vérifier le bon fonctionnement des dispositions de traitements des rejets de COV et NO_x dans l'atmosphère.

► Les mesures applicables peuvent également concerner le secteur des transports, comme la réduction de la vitesse, le contournement des agglomérations pour les poids lourds en transit, jusqu'à la restriction de circulation des véhicules les plus polluants. Une incitation à l'usage des transports en commun est possible grâce à une tarification exceptionnelle, voire à la gratuité des transports en commun. D'autres mesures permettant de limiter les émissions peuvent être mises en œuvre, comme des incitations à réduire ses déplacements ou à privilégier les modes doux (vélos) ou partagés (transports en commun, covoiturage), la mise en place des tarifs avantageux en matière de stationnement résidentiel, l'adaptation des horaires de travail ou l'incitation au télétravail, ou encore l'utilisation des parking-relais en entrées d'agglomération.

► Quand l'épisode de pollution est lié aux concentrations de particules, les recommandations peuvent concerner la limitation de l'utilisation du bois en chauffage individuel d'agrément ou d'appoint, la suspension des dérogations au brûlage des déchets verts à l'air libre, le décalage dans le temps d'épandages de fertilisants minéraux ou organiques (émetteurs d'ammoniac, à l'origine de la formation de particules secondaires), le report de travaux de sol (si sol sec). A cela peut s'ajouter la limitation d'activités de loisirs génératrices de particules, comme les feux d'artifice ou des manifestations de sports mécaniques.

Les campagnes de mesure

Les campagnes de mesure ponctuelles sont menées grâce à différents outils : camions-laboratoires, tubes à diffusion par exemple. Elles permettent de remplir plusieurs objectifs : évaluer l'impact d'une infrastructure routière, d'une zone

aéroportuaire, d'un site industriel... sur les niveaux de pollution ; connaître l'exposition individuelle, par exemple selon les modes de transport (voiture, vélo...) ; et mesurer des polluants non-réglés dans l'air ambiant, mais qui posent des enjeux sanitaires (dioxines, pesticides, particules ultrafines...).

3. Les valeurs guides en matière de qualité de l'air


Valeurs guides de l'Organisation mondiale de la santé

L'OMS publie des lignes directrices en matière de qualité de l'air ambiant, appelée valeurs guides, qui n'ont pas de valeur obligatoire mais visent à refléter le dernier état des connaissances scientifiques sur l'impact sanitaire de la pollution de l'air, à guider les Etats dans l'adoption de normes de qualité de

l'air ambiant et à fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air.

En 2021, l'OMS a publié ses nouvelles lignes directrices en matière de qualité de l'air. **Les données accumulées par l'organisation montrent que la pollution atmosphérique a des effets néfastes sur la santé à des concentrations encore plus faibles que ce qui était admis jusqu'alors.** Pour s'adapter à ce constat, l'OMS a abaissé la quasi-totalité de ses seuils de référence.

RECOMMANDATIONS OMS

	Seuil de référence de 2005	Seuil de référence de 2021
	Année 24 heures	5 µg/m ³ 15 µg/m ³

Réglementation de la qualité de l'air

Les polluants atmosphériques sont réglementés à cause de leurs effets sur la santé et l'environnement. Les réglementations nationales de la plupart des pays du globe sont le

plus souvent fondées sur les recommandations de l'OMS, même si dans de nombreux pays en développement ou émergents – et même dans de nombreux pays développés – les seuils nationaux sont parfois supérieurs aux recommandations OMS, donc moins contraignants.

Tableau 1

NORMES NATIONALES DE QUALITÉ DE L'AIR AU VIETNAM

Polluants de l'air	Période	Normes nationales de qualité de l'air ambiant au Vietnam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Recommandations de l'OMS 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	24 heures	150	45
	1 an	50	15
PM _{2,5}	24 heures	50	15
	1 an	25	5
SO ₂	1 heure	350	
	24 heures	125	40
	1 an	50	
NO ₂	1 heure	200	
	24 heures	100	25
	1 an	40	10
O ₃	1 heure	200	-
	8 heures	120	-
	Pic saisonnier		60
	24 heures		100

Source : EANET, MONRE.

LES POLLUANTS NON-RÉGLEMENTÉS

La liste des polluants réglementés inclut généralement les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}), le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃)... Cependant, certains polluants dits émergents ne sont pas soumis à une réglementation dans l'air ambiant, alors même qu'ils font l'objet d'inquiétudes sanitaires : c'est le cas par exemple des particules ultrafines (PUF), du carbone suie, des pesticides, des dioxines... Les autorités ne sont donc pas dans l'obligation d'effectuer des mesures pour ces polluants. Cependant, les entités chargées de la surveillance de la qualité de l'air peuvent décider d'anticiper la réglementation, par exemple quand des technologies de mesure sont disponibles, soit de manière permanente, soit à travers des campagnes de mesure ponctuelles. Cette anticipation de la réglementation permet de nourrir les travaux sur l'impact sanitaire de ces polluants non réglementés, et ainsi d'inciter les autorités à adopter de nouvelles réglementations pour mieux protéger la santé des populations.

L'indice de la qualité de l'air

L'indice de la qualité de l'air permet de fournir une information synthétique sous une forme simple (couleur, qualificatif) sur le niveau de la pollution de l'air ambiant, en agrégeant des données de concentrations de plusieurs polluants atmosphériques. C'est une représentation simplifiée de la qualité de l'air quotidienne en situation "de fond", c'est-à-dire éloignée des sources spécifiques de pollution comme les axes de trafic routier, par exemple. Il est aussi utilisé comme information prévisionnelle à l'image des prévisions météorologiques, afin que chacun puisse s'il le souhaite adapter son comportement en

fonction des prévisions de qualité de l'air.

C'est un outil clé de communication et d'information au grand public, car il permet de présenter sous une forme accessible et compréhensible par tous des données souvent complexes. Cependant, étant donné que beaucoup d'indices de la qualité de l'air coexistent, avec des méthodes de calcul souvent différentes, il est important d'éviter toute confusion auprès du grand public. A ce titre, l'adoption d'un indice national de la qualité de l'air, permettant à tous les habitants d'avoir accès à une information fiable et comparable sur l'ensemble du territoire, constitue l'élément central des stratégies de communication en matière de qualité de l'air.

L'INDICE DE QUALITÉ DE L'AIR EN FRANCE

Créé en 1994, l'indice ATMO est un indicateur journalier de la qualité de l'air calculé sur les agglomérations de plus de 100 000 habitants, à partir des concentrations dans l'air de quatre polluants réglementaires : dioxyde de soufre (SO₂), dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃) et particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀).












Mis à jour en 2020, l'indice ATMO intègre plusieurs évolutions majeures par rapport à la précédente version :

- ▶ Une intégration des particules fines PM_{2,5} dans le calcul de l'indice ;
- ▶ Une information plus fine, à l'échelle de chaque commune.

Les modifications de l'indice ATMO ont entraîné une augmentation notable du nombre de jours où l'indice est "mauvais" ou pire. Ce n'est pas dû à une dégradation de la qualité de l'air, qui continue à s'améliorer en Île-de-France, mais bien à l'évolution des méthodes de calcul (intégration des particules fines PM_{2,5}, et seuils plus restrictifs pour l'ozone et pour le dioxyde d'azote). Un effort de communication supplémentaire a été fourni pour en informer les citoyens et les parties prenantes.

Figure 12

L'INDICE ATMO

MODALITÉ DE CALCUL	Prévision basée sur les modélisations quotidiennes intégrant des données mesurées aux stations, les sources de pollution et la météo.
POLLUANTS	x5 {      Particules PM _{2,5} Particules PM ₁₀ Dioxyde d'azote Ozone Dioxyde de soufre
COMMUNICATION	6 qualificatifs / 6 couleurs / 1 smiley pour symbole       Bon Moyen Dégradé Mauvais Très mauvais Extrêmement mauvais

Source : AIRPARIF.

V. COMMENT AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR ?

La pollution de l'air étant un phénomène multifactoriel, il est important d'agir sur les différents secteurs émetteurs, par une combinaison de solutions techniques, réglementaires et politiques.

Pour pouvoir agir de manière efficace et ciblée, il est indispensable de disposer d'un certain nombre de données et d'outils : concentrations dans l'air ambiant pour identifier les zones à enjeu et les hotspots ; inventaire des émissions pour identifier les principaux secteurs émetteurs, et donc les leviers d'action prioritaires ; et outils de modélisation pour mener des scénarios, des études d'impacts... pour évaluer l'efficacité des mesures prises par les autorités.

Les actions d'amélioration de la qualité de l'air sont donc multiples, et elles touchent potentiellement des activités sensibles pour les populations : transport et mobilité, gestion des déchets, cuisson... Afin de garantir l'acceptabilité sociale des mesures prises (garantie de leur efficacité), il est donc indispensable d'associer les populations concernées à leur définition et à leur mise en œuvre, et d'allier aux mesures contraignantes des mesures incitatives et des aides financières.

1. Améliorer la qualité de l'air chez soi

Nous passons environ 80% du temps dans des lieux fermés, en particulier dans les logements. L'air que l'on y respire peut-être de moins bonne qualité que l'air extérieur. Les **polluants intérieurs au logement les plus courants** sont :

► **l'humidité** qui favorise le développement de moisissures, allergènes, acariens... Les sources d'humidité dans la maison sont nombreuses : la cuisson, le séchage

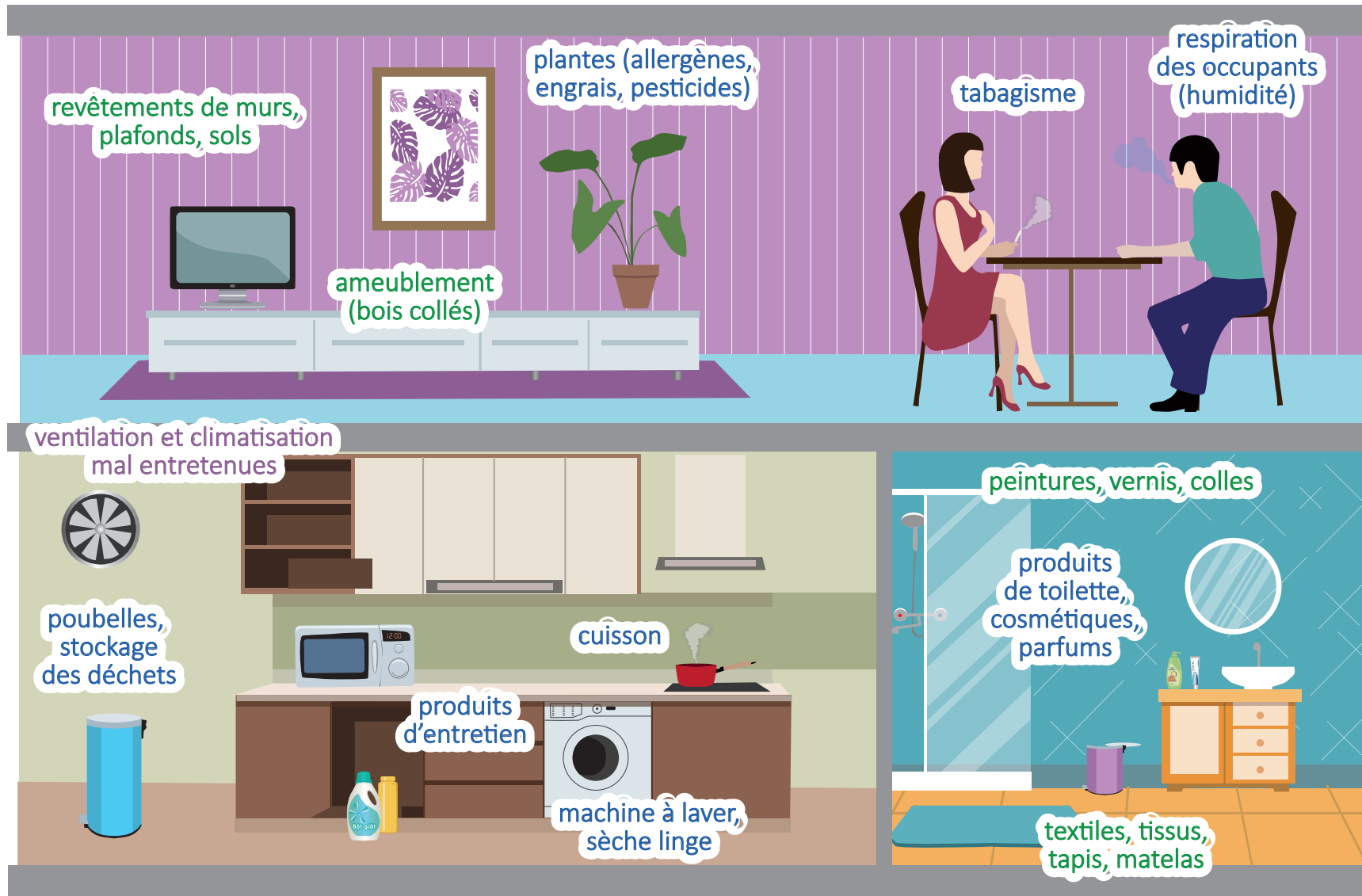
du linge, la toilette, mais aussi la respiration humaine.

► **le dioxyde de carbone (CO₂)** qui provoque des maux de tête et des difficultés respiratoires. Un adulte rejette environ 18g de CO₂ par heure en respirant.

► **les Composés Organiques Volatils** (benzène, formaldéhyde...) sont issus des matériaux divers : meubles, produits d'entretien et de décoration, tabac...

Figure 13

LES POLLUANTS DE L'AIR À LA MAISON



Occupants et leurs activités

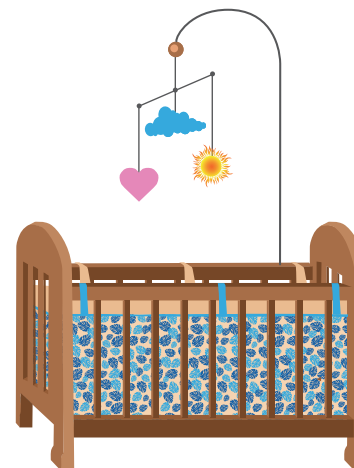
Équipements

Matériaux
(construction, décoration, ameublement)

Que faire pour améliorer la qualité de l'air chez soi ?

- ▶ Aérez quotidiennement 10 minutes le matin et le soir pour favoriser la circulation naturelle de l'air et renouveler l'air intérieur.
- ▶ Ouvrez vos fenêtres en fonction de vos activités (passage de l'aspirateur, utilisation de produits d'entretien, séance de bricolage, préparation du repas...).
- ▶ Si possible, laissez un espace d'environ 2 cm sous vos portes intérieures pour permettre à l'air de circuler.

- ▶ Opter pour un nettoyage de votre maison sans polluants : les produits ménagers sont composés de produits chimiques qui, pour la plupart, sont polluants et néfastes pour notre santé et pour l'environnement. Pour l'entretien, l'utilisation de produits naturels comme les huiles essentielles ou le vinaigre, constitue une option sûre et écologique.
- ▶ Pour la cuisson, l'utilisation du charbon est très émetteur de polluants nocifs (PM, SO₂, CO...). préférez donc la cuisson électrique ou au gaz .



Si vous aménagez la chambre d'un bébé, faites-le bien avant sa naissance et aérez souvent pour évacuer les polluants émis par les meubles. En effet, certains meubles peuvent émettre des COV, dont le formaldéhyde, en raison principalement des colles et des panneaux de particules utilisés pour leur fabrication.

Faut-il aérer en cas de pic de pollution ?

OUI !

En cas de pics de pollution ou d'indice de pollution de l'air élevé, il est important de continuer d'aérer le logement. Il faut cependant éviter d'aérer aux heures de pointe, lors de forte circulation sur les axes routiers. Éviter également l'aération lors des heures chaudes de la journée en cas de pollution à l'ozone qui est formé sous l'effet du rayonnement solaire. Pendant cette période, évitez toute exposition supplémentaire à des produits irritants (tabac, produits de bricolage et d'entretien).

2. Utiliser des transports moins polluants

À l'échelle individuelle

Que pouvons-nous faire pour contribuer à améliorer la qualité de l'air ?

- ▶ Lorsque cela est possible, la **marche à pied ou le vélo** constituent une alternative verte qui n'émet aucun polluant.

- ▶ Pour les longues distances, privilégiez les **transports en commun** et les modes de transports ayant moins d'impact sur la pollution atmosphérique comme le covoiturage, le bus ou le train.

- ▶ Adopter l'**écoconduite** qui consiste à éviter trop de freinages et de redémarrages, ainsi que de couper son moteur à l'arrêt.



MARCHE À PIED OU LE VÉLO



TRANSPORTS EN COMMUN



ÉCOCONDUITE



3. Gérer les déchets de manière plus durable

Au Vietnam, la croissance économique et les changements des modes de consommation se sont accompagnés d'une augmentation fulgurante du volume de déchets.

La production quotidienne de déchets au Vietnam est de près de 65 000 tonnes en 2019. En raison de la croissance démographique soutenue et de l'urbanisation rapide, le problème ne fera que s'aggraver : la quantité de déchets

produits doublera en moins de 15 ans (Banque mondiale, 2018).

Cependant, le traitement des déchets pratiqué majoritairement par enfouissement ou incinération est très polluant. La situation est particulièrement préoccupante dans les villes, car ce sont les zones urbaines, connaissant de forts épisodes de pollution, qui génèrent le plus de déchets.

À l'échelle de la ville

Avec un parc de véhicules en constante augmentation, des mesures urgentes sont à prendre pour améliorer la qualité de l'air. Plusieurs types d'actions peuvent être mises en place pour réduire la pollution liée à ce secteur :

- ▶ Favoriser la marche à pied et le vélo en leur donnant plus de place dans la ville : création de chemins piétons, de voies cyclables et des espaces de stationnements pour les vélos ;
- ▶ Favoriser les transports en commun et organiser l'intermodalité entre les modes de transport ;

- ▶ Diminuer le volume du trafic en limitant l'accès à certaines zones. Les zones de basses émissions ou *Low Emission Zone* en anglais désignent une zone qui interdit la circulation aux véhicules les plus polluants en fonction de la catégorie de véhicule (voiture, camions, etc.), du carburant et de la norme du véhicule ;
- ▶ Diminuer les émissions des véhicules en adoptant des réglementations sur les normes d'émissions à l'échappement et sur la qualité du carburant (teneur en soufre et en benzène en particulier).

À l'échelle individuelle

Afin de réduire nos déchets, des solutions simples existent :

- ▶ Consommer intelligemment : acheter ce dont nous avons réellement besoin sans succomber aux discours des publicités et campagnes de promotion nous incitant à acheter toujours plus. Privilégier les objets durables, qui ont été produits de manière respectueuse de l'environnement.
- ▶ Réduire l'utilisation des objets à usage unique (paille, gobelets, sacs en plastique, etc.). Ces objets ne sont pas recyclés et contribueront à polluer l'environnement aussi bien lorsqu'ils sont enfouis,

que lorsqu'ils sont incinérés : émanations d'oxyde de carbone, de dioxines et autres substances cancérigènes.

- ▶ Mettre en place un compost chez soi, c'est contribuer à limiter le méthane produit lors de l'enfouissement des déchets.

À l'échelle de la ville

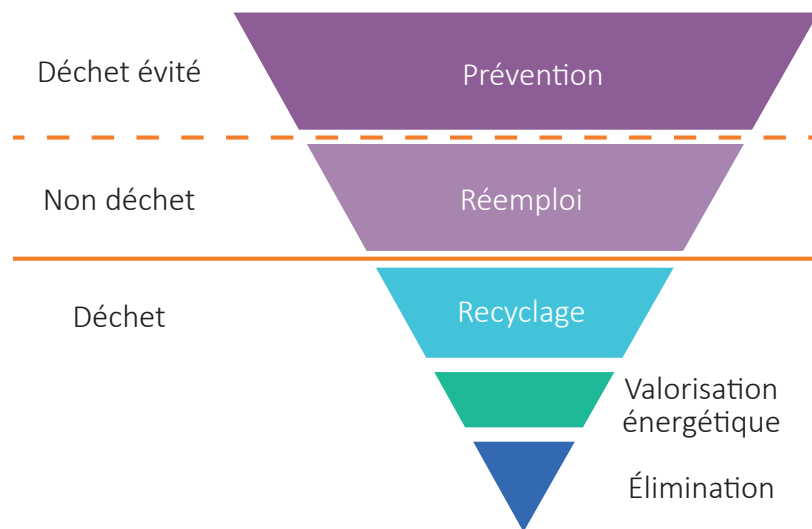
Pour limiter la pollution de l'air généré par la gestion des déchets, il importe d'améliorer la gestion des déchets en appliquant les principes de la « hiérarchie des déchets ». L'accent est mis avant tout sur la prévention et le réemploi des déchets, en jouant sur

les comportements et l'arrêt du « tout jetable qui permet d'éviter la production de déchets. Vient ensuite le recyclage, qui permet de récupérer les matériaux (papier, cartons, verre, métaux, certains plastiques...) et de les traiter pour les utiliser à nouveau ; cela suppose l'existence d'une filière économique structurée et d'une valorisation de ces matériaux sur

le marché. La valorisation énergétique des déchets (incinération, méthanisation...), puis l'élimination des déchets, ou mise en décharge, ne doit se faire qu'en dernier ressort et dans des décharges contrôlées, conçues pour limiter les émissions de méthane liée à la combustion des déchets et les infiltrations de lixiviats dans les sols et les nappes phréatiques.

Figure 14

LA HIÉRARCHIE DE LA GESTION DES DÉCHETS



Source : Zero Waste France.

La mise en place d'une stratégie efficace de gestion des déchets, conçue pour limiter les impacts sur la qualité de l'air, implique donc :

- ▶ La mise en place d'une stratégie nationale de prévention et de réduction des déchets avec des objectifs chiffrés par secteurs d'activité.
- ▶ L'élaboration d'une réglementation interdisant/limitant les objets à usage unique.

▶ La sensibilisation des citoyens, des entreprises, et de tous les producteurs de déchets, à l'importance des bons gestes (prévention, réemploi, tri...) et aux dangers posés par les pratiques de brûlage à ciel ouvert.

▶ La mise en place d'une filière de collecte, de tri et de recyclage des déchets ménagers.

4. Promouvoir un urbanisme durable

Planifier le développement de la ville

En lien avec l'essor économique du pays, les villes vietnamiennes se développent à une vitesse fulgurante. C'est donc l'occasion de mettre en place un développement durable, permettant de limiter la pollution de l'air.

▶ Mettre en place une organisation territoriale adéquate pour limiter les déplacements en véhicules motorisés individuels et réduire le nombre de kilomètres parcourus afin de réduire la consommation de carburant et donc des émissions polluantes.

– Promouvoir la densité urbaine et la mixité des fonctions et des ser-

vices dans les quartiers, notamment autour des gares et des transports collectifs.

– Favoriser le renouvellement urbain, c'est-à-dire la reconstruction de la ville sur elle-même et recycler les ressources bâties disponibles.

– Planifier l'installation et la localisation des activités fortement génératrices de déplacements, comme les zones commerciales, les zones urbaines nouvelles, les industries, en lien avec leur desserte en transports collectifs ou le fret ferroviaire et fluvial pour les marchandises.

– Éloigner les sources de polluants des personnes à risque (écoles, hôpitaux, maison de retraite, etc.)



► Adapter la morphologie urbaine lorsque les mesures d'éloignement des sources de pollution ne peuvent être mises en place. Il est possible d'agir sur la morphologie urbaine en modifiant les conditions d'écoulement des masses d'air. En agissant sur la géométrie des rues, le rapport largeur de rue sur hauteur des bâtiments, ou même l'inclinaison des toits, il est possible de favoriser la dispersion des polluants ou au contraire, la limiter (utilisation d'obstacles) de manière à ce que les zones à enjeux ou sensibles soient protégées des sources d'émission. Le recours à des outils de modélisation 3D permet de simuler la dispersion des polluants et d'évaluer, au cas par cas, l'impact

de différents scénarios d'aménagement sur la qualité de l'air.

► Favoriser la construction de bâtiments neufs économes en énergie, contribuer à la mise en œuvre d'une conception bioclimatique des bâtiments neufs en préconisant par exemple une orientation privilégiée des bâtiments à construire.

Contrôler les émissions des zones industrielles

Les zones industrielles vietnamiennes regroupent des types d'industries très diverses (fer et acier, ciment, papier, engrais, matériaux de construction, raffineries...) et sont donc des sources d'émissions de substances variées.

Depuis une dizaine d'années, un contrôle des émissions des grandes industries est progressivement mis en place par les autorités publiques.

Pour réduire les émissions liées aux activités industrielles et artisanales, plusieurs types de mesures peuvent être mises en place :

- Adoption de réglementation sur les émissions des installations industrielles et mise en œuvre de contrôles réguliers ;
- Incitations à l'adoption de bonnes pratiques en termes de contrôle des émissions et de procédés industriels ;
- Formation et sensibilisation des acteurs (formels et informels) ;
- Eloigner les zones industrielles des zones résidentielles et des bâtiments accueillant des populations sensibles tout en intégrant à la réflexion les déplacements des employés et visiteurs
- Situer les zones industrielles à proximité de voies ferrées et de voies d'eau pour favoriser le fret ferroviaire et fluvial et ainsi réduire les émissions liées aux transports de marchandises.

Limiter les émissions des chantiers de construction

Le secteur des chantiers et de la construction constitue une

source importante d'émissions de polluants atmosphériques. Un certain nombre de réglementations et bonnes pratiques peuvent être mises en place pour réduire ces émissions :

- Réduction de l'utilisation de groupes électrogènes Diesel
- Bonnes pratiques visant à réduire la remise en suspension des particules : installation de bâches sur les remorques et déchets de chantiers, arrosage régulier des sites de construction, contrôle des entrées et sorties pour les transport des matériaux dans les chantier de construction.

Vers une agriculture durable

Le secteur agricole contribue à hauteur de 20% au PIB du Vietnam. La production de riz, de maïs et de café occupe des zones de récoltes de plus en plus importantes³. Bien que indispensables pour la sécurité alimentaire et les exportations du pays, ces cultures sont des causes majeures de pollution de l'air (mais aussi des sols et des eaux), à cause d'un recours massif aux engrais azotés et aux pesticides, et aux pratiques de brûlage à ciel ouvert des déchets agricoles, en particulier la paille de riz. Le secteur agricole est donc une source majeure d'émissions de particules fines liées

3. Banque Mondiale, 2020.

aux brûlages, mais également d'ammoniac, précurseur de particules secondaires.

Plusieurs types de réglementations et d'incitations peuvent être mis en place pour limiter ces émissions :

- ▶ Réglementer, voire interdire, la pratique des brûlages à ciel ouvert. Cela passe par une sensibilisation des agriculteurs et par des incitations à adopter les alternatives existantes (ré-enfouissement de la paille de riz, collecte et valorisation énergétique des déchets agricoles...);
- ▶ Limiter l'usage d'intrants phytosanitaires (engrais, pesticides) qui contribuent à la pollution de l'air, du sol et des eaux.

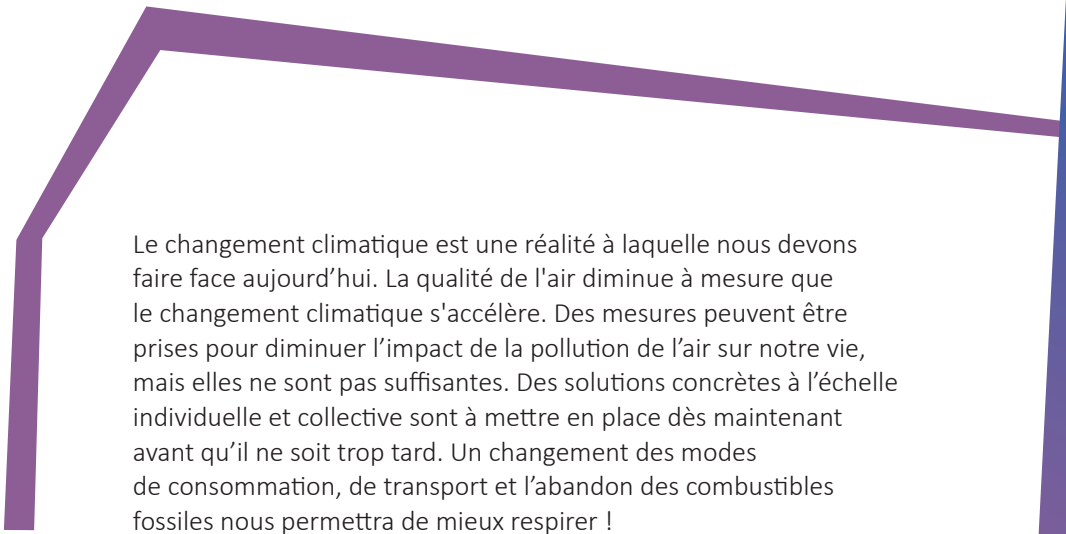
Promouvoir des énergies moins polluantes

Les énergies les plus polluantes sont les énergies fossiles, c'est-à-dire que ce sont des énergies qui sont produites à partir de composés issus de la décomposition sédimentaire des matières organiques comme le pétrole, le gaz naturel et le

charbon. Utilisées dans le transport ou encore l'industrie, elles émettent des polluants. La combustion de ces sources d'énergie est responsable d'importantes émissions de gaz à effet de serre (CO₂) et du réchauffement climatique.

Le charbon, première source de production d'électricité dans le monde, est l'énergie fossile la plus polluante. Le processus d'extraction dans les mines de charbon libère de grandes quantités de CO₂. Lors de son utilisation, la combustion du charbon est particulièrement polluante en émettant des particules volatiles dangereuses comme le benzène, plus que d'autres énergies fossiles. C'est pourquoi, la communauté internationale s'engage progressivement dans la sortie du charbon. Le Vietnam s'est récemment engagé à abandonner le charbon comme combustible d'ici 2045⁴. Le pays souhaite développer sa production d'énergie à partir de la chaleur générée par le soleil, le vent ainsi que d'autres énergies renouvelables.

4. Ministère de l'Industrie et du commerce, 2020.



Le changement climatique est une réalité à laquelle nous devons faire face aujourd'hui. La qualité de l'air diminue à mesure que le changement climatique s'accélère. Des mesures peuvent être prises pour diminuer l'impact de la pollution de l'air sur notre vie, mais elles ne sont pas suffisantes. Des solutions concrètes à l'échelle individuelle et collective sont à mettre en place dès maintenant avant qu'il ne soit trop tard. Un changement des modes de consommation, de transport et l'abandon des combustibles fossiles nous permettra de mieux respirer !

Comment améliorer la qualité de l'air au Vietnam ?

Les études de PRX-Vietnam

Auteurs

Géraldine LE NIR
Juliette LAURENT
Marie Lan NGUYEN LEROY

Coordination éditoriale

Marie Lan NGUYEN LEROY

Conception graphique

Marianne SMOLSKA

Illustrations

Airparif
Marianne SMOLSKA

Traduction

Quoc Toan TRUONG
(version vietnamienne)

Relecture- Correction

Pauline MAY
Romain GARNIER

Photos

PRX-Vietnam

Vous avez aimé ce livre ?
Prêtez le pour qu'il puisse avoir
une nouvelle vie !

Cette édition a été achevée d'imprimer en janvier 2023
sur du papier respectueux de l'environnement.
Imprimé au Vietnam

Les niveaux de pollution de l'air restent dangereusement élevés en Asie du Sud-Est. 7 millions de personnes meurent chaque année dans le monde à cause de la pollution de l'air. Une mauvaise qualité de l'air a une conséquence directe pour chaque individu, se traduisant par le développement de maladies respiratoires et de cancers.

Le lourd coût humain et économique de la pollution appelle à des actions fortes afin que la pollution de l'air devienne une priorité en matière de politiques publiques. Les recommandations de cet ouvrage visent à partager les bonnes pratiques, à promouvoir des actions protégeant la population de la pollution de l'air, aussi bien à l'échelle individuelle que collective.