Université de Badji Mokhtar Annaba
Faculté des sciences de la terre et de l'univers
Département d'aménagement de territoire
Filière : Master I, Aménagement urbain
Module : Écologie urbaine.

Cours N°2

La réduction de la pollution atmosphérique en milieu urbain

I) La pollution atmosphérique, caractéristiques générales

1/ Définition :

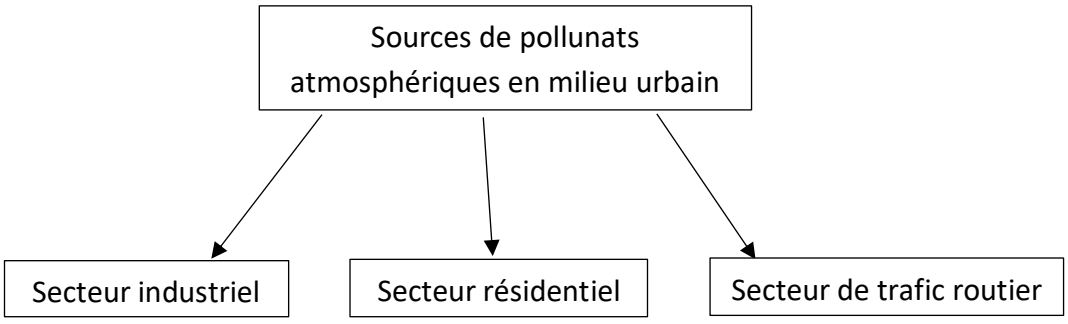
La pollution atmosphérique peut être définie par la présence de polluants (gazeux ou particules) dans l'atmosphère, pouvant provoquer des effets nocifs sur l'environnement et la santé.

1-1/ Définition de la pollution atmosphérique selon la réglementation Algérienne :

''La pollution atmosphérique constitue l'introduction, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances de nature à mettre en danger la santé humaine, influer sur les changements climatiques ou appauvrir la couche d'ozone, nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, compromettre la sécurité publique, incommoder la population, provoquer des nuisances olfactives, nuire à la production agricole et aux produits agro-alimentaires, altérer les constructions et porter atteinte au caractère des sites, détériorer les biens matériels''

(Article 44 de la Loi N° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable)

2/ Sources d'émissions atmosphériques en milieu urbain :



Le trafic routier est la principale source de pollution atmosphérique en milieu urbain

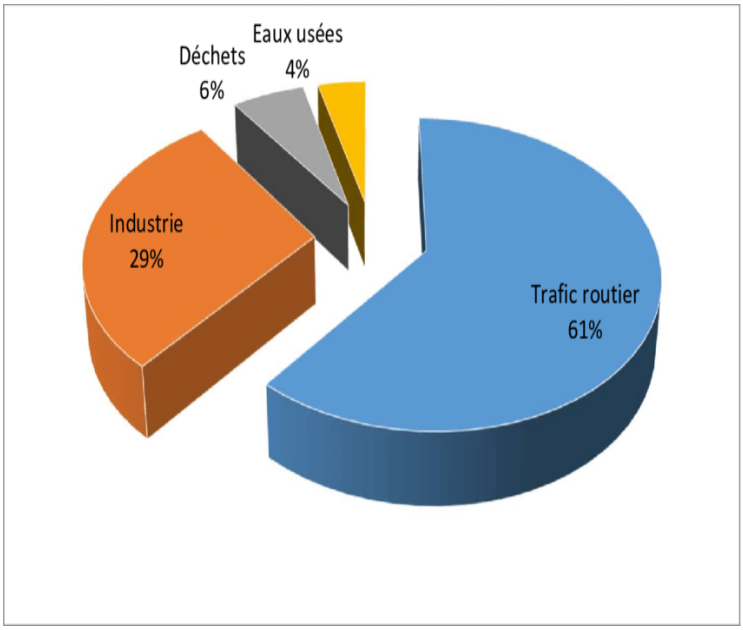


Figure n°1 : Sources de la pollution d'air dans la ville de Meknès (Maroc)

Source: El Ghazi 2021

4/ Types des polluants atmosphériques :

4-1/ Les polluants primaires :

Les polluants primaires sont ceux qui proviennent directement d'une source polluante identifiée, tels que le monoxyde de carbone (CO) qui provient des processus de combustion et qui est présent dans les gaz d'échappement des voitures, aussi le dioxyde de soufre (SO_2) qui provient de l'industrie.

Tableau n°1 : Exemples de Principaux pollunats primaires et eurs sources

Polluants primaires	Sources antropiques
Monoxyde de carbone (CO)	Combustion icompléte du bois, du charbon, du gaz
Dioxyde de carbone (CO2)	Combustion du charbon, du bois, du gaz
Méthane (CH4)	Fermentation entérique des ruminants, fuite de gaz naturel.
Hydrocarbures aromatiques	Trafic routier.
Oléfines et parafines	Trafic routier, solvants, évaporation des carburants
Dioxyde d'azote (NO2)	Combustion de charbon, de fioul, de gaz et d'essence
Dioxyde de soufre (SO2)	Combustion de tout combustible contenant du soufre (fioul, charbon,....etc.)

4-2/ Les polluants secondaires :

Ils ne sont pas émis directement par des sources connues et identifiées.

Au contraire, ils se forment dans l'air à la suite des réactions mettant en jeu les composés émis par les sources primaires, notamment lors des épisodes météorologiques particuliers.

Exemple : l'ozone (O3)

4-3/ Les matiéres particulaires :

Les matières particulaires atmosphériques ou les PM (Particulate Matter en anglais) sont considérées comme étant un indicateur majeur de la qualité de l'air en milieu urbain.

Ces polluants particulaires sont généralement subdivisés en trois classes granulométriques qui sont:

* les particules fines **(les PM10)** de diamètre aérodynamique médian inférieur à **10 µm**

* les particules très fines **(PM2,5)** de taille inférieure à **2,5 µm**

* les particules ultrafines de taille inférieure à **1 µm**

Selon leurs sources d'émission, les PM d'origine anthropique ou naturelle, sont composées principalement, d'un mélange complexe de composés organiques et de carbone élémentaire issus des procédés de combustion.

5/ Facteurs qui inluencent la pollution atmosphérique :

A- Le vent:

Le vent est un facteur essentiel pour la dispersion des polluants dans l'atmosphère. Il agit sur la dispersion des polluants dans deux dimensions:

* Par sa direction, pour orienter les panaches de fumées
* Par sa vitesse pour diluer et entraîner la dispersion plus ou moins rapide des émissions de polluants.

Ainsi, avec un vent de force moyenne et de mauvaises conditions de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse d'éjection des gaz insuffisante, etc.), il peut se produire un phénomène de retombée en panache[1] vers le sol.

[1] Nuage d'air pollué

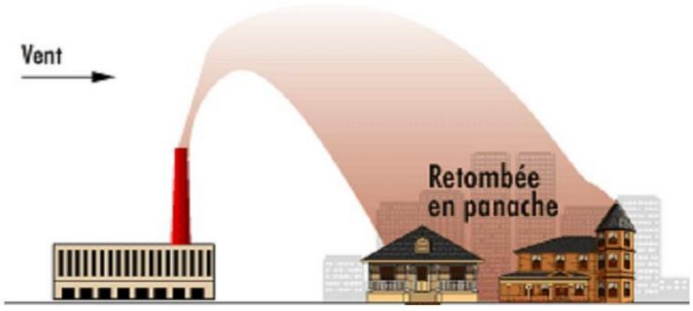


Figure n°2 : Phénoméne de retombés en panache

B- La température et le rayonnement:

Les influences saisonnières favorisent la transformation des polluants.

Les basses températures favorisent la présence et la concentration de polluants primaires, alors qu'à l'inverse des températures plus importantes combinées à un rayonnement solaire sont plus favorables à la réaction photochimique.

C- L'humidité :

Elle joue un rôle primordial lors des processus de dépollution de l'air par l'action des précipitations.

Néanmoins, l'humidité en relation avec la nébulosité joue aussi un rôle en réduisant le rayonnement solaire et limite ainsi les processus photochimiques.

D- La topographie:

La topographie d'un site peut influencer la circulation et la dispersion des masses d'air.

Par exemple, les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent modifier la dispersion des polluants.

En ville, la configuration «encaissée» des bâtiments, l'étroitesse des rues et un vent réduit peuvent contribuer à la concentration des polluants atmosphériques près du sol.

C'est également le cas pour les parkings souterrains et les tunnels.

5-1/ Facteurs liés au trafic routier :

A- Facteurs liés aux véhicules :

*Le type de véhicule, les technologies mises en oeuvre, l'age du véhicule, le type de carburant, mais aussi l'entretirnt.

Exp : les véhicules a essence, sont moins polluants que les véhicules diesel.

*La climatisation dans les véhicules, ce qui favorise la demande énérgetique et par conséquent les émissions.

*Les véhicules sont lourds, plus les besoins énergétiques sont élevés, plus la consommation de carburant augmente et plus les émissions sont importantes.

B- Facteurs liés a la route:

La nature de la route sur laquelle un véhicule se déplace influence ses émissions, car deux paramètres sont à prendre en considération **l'altitude** et **la pente.**

la pente, qui va souvent de pair avec les hautes altitudes, aggrave le niveau d'émission des véhicules. Elle entraine donc une surconsommation et finalement une augmentation des émissions.

6/ Surveillance de la quaalité d'air (Diagnostic de la pollution) :

Deux indicateurs sont utilisés pour apprécier la qualié d'air :

Les émissions : Correspondent à des **quantités de polluants** rejetées dans l'atmosphère**,** elles sont exprimées en unité de poids par unité de temps (Kg ou T par an, par jour ou par heure). Cette grandeur n'étant pas simple à mesurer directement (exemple des transports), elle est généralement modélisée à partir, notamment, de la connaissance des facteurs unitaires d'émission des véhicules. (CO2, Nox, SO2).

Les concentrations : les concentrations caractérisent **la qualité de l'air** que l'on respire et permettent de définir l'exposition des populations. Elles résultent de la dispersion, de l'accumulation et du transport des émissions polluantes dans l'atmosphère, sous l'effet de phénomènes météorologiques.
Elles s'expriment en général en microgrammes par mètre cube ($\mu g/m^3$).

6-1/ Outils de mesures des concentrations des pollunats dans l'air :

A/ Les stations SAMASAFIA:

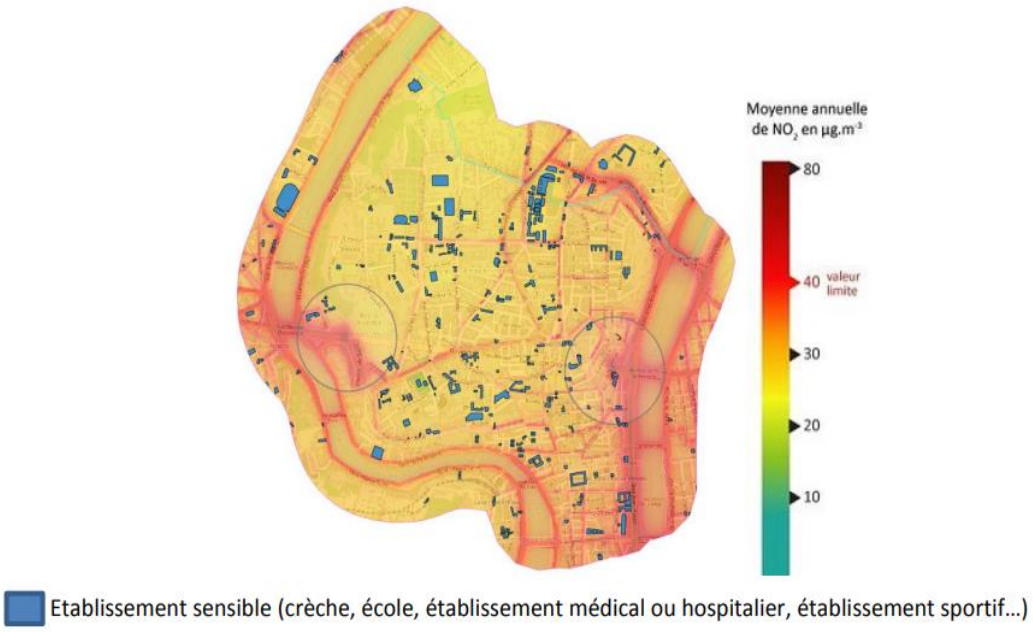
Depuis Mai 2002, quatre réseaux de surveillance de la qualité de l'air, «SAMASAFIA», ont été implantés respectivement dans les villes d'Alger, Annaba, Skikda et Oran.

Les données recueillies au niveau de ces réseaux permettent précisément de connaître l'état de la qualité de l'air et de déduire l'impact éventuel des sources de pollution urbaine sur la santé des populations dans ces deux grandes agglomérations.

Ces stations permettent de suivre en permanence l'évolution de la qualité de l'air dans le temps en mesurant les niveaux des polluants, de détecter les pics de pollution et d'alerter les autorités concernées pour informer et sensibiliser la population durant les périodes critiques.

B/ La modélisation numérique :

La modélisation est un outil complémentaire du réseau de mesure. Elle permet de suivre l'évolution spatiale et temporelle des polluants et de **faire de la prévision** pour, notamment, anticiper des pics de pollution. C'est aussi un outil indispensable pour évaluer les impacts des politiques publiques sur la qualité de l'air et l'exposition des populations (comparaison de scénario avec et sans mise en œuvre de mesures).



Source : https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr

Figure n°3: Modélisation de la concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote en 2014 a l'échelle du quartier (la croix rousse) (Lyon, France)

II) Réduire la pollution atmosphérique :

L'amélioration de la qualité de l'air passe par la réduction ou la limitation des émissions à la source. (Industriel, Résidentiel, Trafic routier)

(**Exemple** : Filtre a particules dans les cheminés des industries)

L'atténuation de la polution atmosphérique conciste aussi a limiter l'exposition de la population a l'air pollué, cela passe par **des actions d'aménagement urbain**

Les actions d'aménagement urbain que nous allons présenter sont réalisés suivant 3 phases du projets :

- Phase amont de conception
- Phase avancée d'élaboration du projet
- Phase ''projet existant''

Et sur 3 échelles :

- Échelle n°1 : Plans et documents d'urbanisme
- Échelle n°2 : Ville ou quartier
- Échelle n°3 : Bati

Phase 1 : Phase amont de conception du projet

A/ Echelle 1 : Document d'urbanisme et de planification

Mesure 1: Identifier les zones à enjeux au titre de l'exposition à la pollution atmosphérique (Modélisation)

Mesure 2: Assurer un zonage cohérent (ex : **maintient des zones tampons**) en bordure des axes routiers majeurs

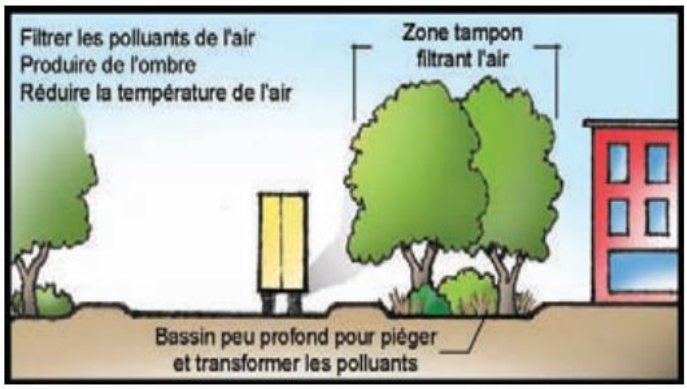


Figure n°4 : Zone tampon entre la route (source de pollution) et les habitants

La zone tampon s'agit d'une mise en place d'un espace naturel (coupure verte, merlon végétalisé, parc paysager) ou dédié à des activités moins sensibles aux nuisances environnementales que les zones résidentielles

La zone tampon peut être végétalisée (espace vert, parc) ou construite (activités tertiaires ou artisanales). Il est déconseillé d'intégrer des équipements sportifs de plein air dans la zone tampon.

Figure n°5: Zone tampon (végétalisée) par rapport a une source de pollution (Route)

Co-Bénéfices des zones tampon :

En fonction de son type et de sa taille, la zone tampon peut également jouer un rôle d'écran acoustique (merlon végétalisé, bâtiment-écran, zone boisée)

* Dimension paysagère.

* Valorisation de la trame verte, des continuités écologiques et préservation de la biodiversité et des écosystèmes.

* Régulation du cycle de l'eau.

Limites et contraintes :

La mesure des espaces tampon peut induire la consommation d'espaces supplémentaires.

Mesure 3: Réduire la place de la voiture et favoriser les autres modes (Transport doux)

le règlement peut préciser le tracé et les caractéristiques des voies de circulation à conserver, à modifier ou à créer, y compris les rues ou sentiers piétonniers et les itinéraires cyclables, les voies et espaces réservés au transport public. Il peut prévoir des emplacements réservés à cet effet.

Échelle 2 : Secteur d'aménagement (Ville, Quartier)

Mesure 1 : Adapter la morphologie urbaine pour réduire l'exposition a la pollution atmosphérique

A- Espacer les batiments, éviter les rues canyon :

*En prévoyant des espaces de circulation d'air entre les bâtiments, de façon à favoriser la dispersion des polluants.

*En privilégiant des linéaires bâtis discontinus ainsi que des hauteurs différenciées des constructions

*En implantant le bâtiment selon les couloirs de vent pour amplifier la circulation de l'air.

Figure n°6: Rue canyon (rue étroite)

* En respectant un ratio de distance de la voirie par raport au batiment.

Pour les nouvelles voiries, **rechercher un rapport H/L 1 (L = Largeur de rue** et **H = Hauteur de bâtiments**)

la pollution est dispersée pour un rapport **H/L < 0,5**, elle est moyennement dispersée pour un rapport compris entre 1 et 0,5et elle est confinée pour un rapport supérieur à 1.

Figure n°7 : Rue canyon

B- Les batiments écran :

Lorsque l'éloignement de l'axe routier n'est pas possible ou insuffisant, un bâtiment-écran peut être inséré en première ligne, à proximité immédiate de l'axe.

en fonction de sa hauteur, permet de dévier les masses d'air en provenance de l'axe routier et de disperser les polluants en hauteur.

Un usage **d'habitation pérenne est à éviter** dans ce bâtiment-écran au profit d'activités économiques (tertiaire, artisanat non émissif), de loisirs, éventuellement de logement temporaire, dans la mesure où le risque lié à l'exposition est d'autant plus fort que celle-ci s'établit dans la durée, particulièrement pour les publics sensibles.
La conception du bâtiment-écran devra intégrer **des mesures visant à limiter le transfert de polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur** : positionnement des prises d'air, type de ventilation, façade double-peau....etc.

Phase 2 : Elaboration avancée du projet

Echelle 2 : Secteur d'aménagement, (Ville, Quartier)

Mesure 1 : Créer des ouvertures dans une configuration d'ilots fermés :

Il s'agit d'augmenter la dispersion des polluants en créant des couloirs de ventilation.

Créer une ventilation naturelle au centre de l'îlot via une discontinuité des façades et éviter une accumulation et une stagnation des polluants à l'intérieur de l'îlot.

Il convient de ne pas implanter d'îlot entièrement fermé mais d'ouvrir le front bâti des îlots aux extrémités, vers des zones **ne donnant pas directement sur les voies de circulation**.

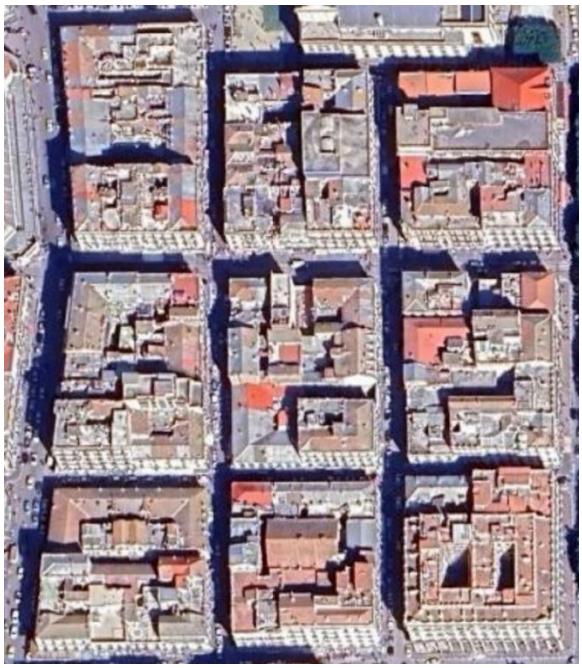


Figure n°8: Ensembles d'ilots fermés

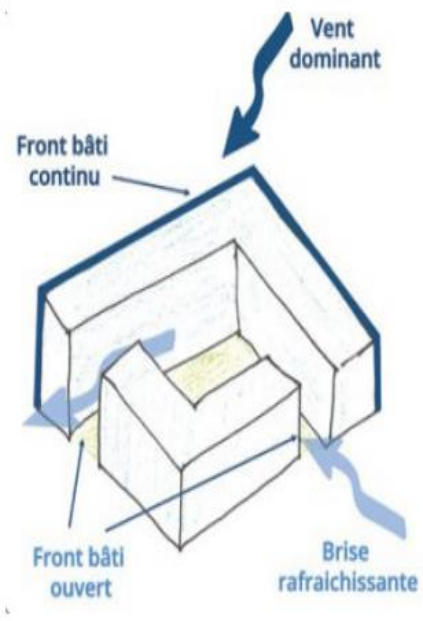


Figure n°9 : Ilot ouvert

Mesure 2 : Apaiser le trafic urbain :

Le trafic urbain des véhicules automobiles sera modéré par :

* La poursuite des actions de régulation de la vitesse et du trafic en ville, pour résorber la congestion urbaine.

* Le développement des zones apaisées avec une vitesse limitée à 30 km/h.

* La prise en compte dans les aménagements urbains des mesures de protection locales pour réduire l'exposition des usagers

* Réduction du trafic poids lourds dans le trafic urbain

Mesure 3 : Végétaliser l'espace urbain, et installer des barriéres végétales

La végétalisation consiste a implanter des espaces végétalisés aux abords des sources de polluants ainsi que dans l'espace public : • Arbres • Haies • Autres plantations
La végétation a pour objectif de modifier l'écoulement des masses d'air et favoriser la captation de certains polluants pour limiter l'exposition aux polluants atmosphériques
les espèces à feuilles persistantes ou non sujettes aux variations saisonnières ainsi que les espèces présentant une surface foliaire importante sont à privilégier.
L'efficacité dépend de la hauteur, de l'épaisseur, de la densité et de la longueur de la barrière végétale.

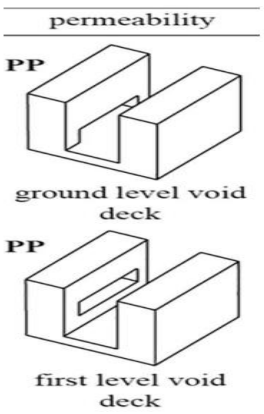
Une hauteur minimale de 5 m de la barrière végétale est recommandée.

Une couverture complète du sol au sommet de la canopée est essentielle. Une épaisseur de 10 m est recommandée. Il ne doit pas y avoir de vides dans la barrière végétale.

<u>Échelle 3 :</u> Bati (Immeuble, maison indiviudel, établissement)

<u>Mesure 1 :</u> Favoriser la perméabilité et les discontinuités du bâti
Augmenter la dispersion des polluants en favorisant la ventilation et l'écoulement de l'air grâce aux disparités de géométrie au niveau des façades, notamment pour réduire les éventuels effets de rue-canyon.

La création de discontinuités au niveau du bâti : intersections, éloignements des bâtiments les uns des autres, ruptures des façades, etc.



<u>Figure n°10:</u> Création des ouverture dans les façades des batis pour favoriser la circulation d'air

Mesure 2 : Varier le bati

Afin de favoriser la dispersion des polluants en accentuant la ventilation, les ruptures de hauteurs des façades et une hauteur différente du bâti de part et d'autre de la rue vont accentuer la turbulence et améliorer la ventilation et donc la dilution des polluants.

De plus, **l'épannelage** (augmentation ou diminution progressive de la hauteur des bâtiments en fonction de la distance à la voie routière) permet soit de favoriser la circulation de l'air, soit d'amplifier les effets de bâtiment écran.

Figure n°11: Principe d'épannelage

Mesure 3: Travailler sur du bati

Cette mesure sert a réduire l'exposition des habitants par effet de dispersion des polluants sur la hauteur.

Le Principe repose sur **le retrait des étages supérieurs** par rapport à l'alignement du socle formé par le rez-de-chaussée ou par l'intégration d'un retrait vertical sur toute la hauteur du bâtiment ce qui permet la diminution des concentrations en polluants avec la hauteur.

Dans les rues-canyon, il peut être intéressant d'intégrer un retrait vertical dans le corps du bâtiment (sur toute la hauteur du bâtiment)

Figure n°12 : Le retrait des logements par rapport au socle commercial les protège de la pollution et du bruit engendés par la voie circulée à droite

Phase 3 : Quartier existant

Echelle 3 : Bati (Immeuble, maison indiviudel, établissement)

Mesure 1 : Végétaliser les façades et les toitures

La végétalisation des facades et des toitures Les murs végétalisés participe à **une échelle très locale** à l'atténuation de la pollution atmosphérique. Ils sont plus efficaces pour éliminer les polluants gazeux, notamment **les particules fines et ultrafines**, et semblent plus adaptés à la filtration de polluants générés à partir de sources proches, l'utilisation de plantes grimpantes (**Exp** : le liére grimpant) éventuellement sous la forme d'écran vert, peut être envisagée. Les espèces à feuilles persistantes seront favorisées.

Figure n°13: Façade végétalisée

Figure n°14 : Toiture végétalisée