

Quel air est-il ?

Bulletin d'information sur la Qualité de l'Air en Picardie

n°91

avril 2015

Impact de la météorologie sur les phénomènes de pollution

Atmo
PICARDIE
Qualité de l'air





Edito Impacts de la météorologie sur les phénomènes de pollution

La pollution atmosphérique est fonction des émissions de polluants ainsi que des différentes réactions physico-chimiques se produisant dans l'Atmosphère.

Elle peut dépendre également des conditions météorologiques agissant sur de nombreux processus tels que :

- les émissions et les transformations chimiques des polluants,
- le transport des masses d'air,
- les mécanismes de dispersion et lessivage des polluants.

Généralement, on distingue les situations météorologiques hivernales et estivales car elles génèrent des pollutions différentes.

Les épisodes de pollution hivernaux sont souvent associées à des conditions météorologiques dites «anticycloniques».

Elles sont caractérisées par des vents faibles (causant une faible dispersion des polluants), des inversions de température à basse altitude pouvant persister plusieurs jours et générer ainsi un blocage des polluants dans les basses couches de l'Atmosphère .

Ce genre de situations météorologiques est propice aux pollutions par le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules PM10. Ces pollutions sont fréquemment observées dans les villes «encaissées» et mal ventilées.

On qualifie ces épisodes de pollutions «locales» au sens où ils sont limités géographiquement, à l'inverse de la pollution dite longue distance, correspondant à des retombées de polluants transportés sur des centaines, voire des milliers de kilomètres.

D'autres situations météorologiques hivernales favorables à des épisodes de pollution, se traduisent par une advection relativement intense de masses d'air froid en provenance de l'Est de l'Europe, ramenant avec elles des polluants de ces régions.

Les épisodes de pollution estivaux, notamment ceux relatifs à l'ozone, sont induits lors de des situations météorologiques particulières.

L'ozone est qualifié de polluant photochimique car il découle de l'interaction entre la chimie atmosphérique et des conditions météorologiques spécifiques.

En effet, c'est un polluant dit «secondaire» qui se forme à partir des oxydes d'azote (NOx) et des composés organiques volatils (COV).

La production d'ozone requiert également des situations de forts ensoleillements conjugués à des températures élevées (agissant sur les émissions et sur les réactions chimiques), associées à des vents faibles (faible dispersion).

En conclusion, on constate que des changements de la situation météorologique participent souvent à la fin des épisodes de pollution.

Ces changements peuvent être :

- pour les épisodes anticycloniques, des vents plus marqués ainsi qu'une stabilité moins forte de l'atmosphère (générant plus de dispersion...);
- pour les pollutions à l'ozone, une couverture nuageuse plus importante;
- pour les pollutions particulières, des précipitations entraînant le lessivage des particules.

Le point commun de ces situations est la mise en place d'un système météorologique permettant de «nettoyer » la masse d'air des polluants accumulés durant l'épisode de pollution.

Abdelkrim MEZDOUR

Ingénieur Météo France Villeneuve d'Ascq



*Locaux de
Météo France à
Villeneuve d'Ascq*

Quel air est-il ?

Bulletin d'information de l'Association
pour la Surveillance de Qualité de l'Air en Picardie

22 Boulevard Michel Strogoff
80440 BOVES

Tél. : 03 22 33 66 14 - Fax : 03 22 33 66 96
E-mail : mail@atmo-picardie.com - www.atmo-picardie.com

Directeur de publication : *Eric Montes*

Rédacteur en chef : *Sylvie Taillaint*

Photos de couverture : Fotolia

ISSN: 1287-1028 - Dépôt légal 2^{ème} trimestre 2015

Impression : i&g Imprimerie - Amiens





La météorologie, qu'est-ce que c'est ?



Station météorologique

Présentation

La **météorologie** est l'étude des phénomènes atmosphériques tels que les nuages, les précipitations ou le vent afin de comprendre :

- leur formation
- leur évolution

Les paramètres mesurés sont la pression, la température, l'humidité et le vent.

La météorologie est à l'origine purement descriptive, elle est devenue un lieu d'application de plusieurs disciplines (mécanique des fluides, thermodynamique, mathématiques...).

La météorologie moderne permet d'établir des prévisions de l'évolution du temps en s'appuyant sur des modèles mathématiques à court et à long terme. Elle a des applications dans des domaines très divers comme les besoins militaires, la production d'énergie, les transports (aériens, maritimes et terrestres), l'agriculture... Elle est également appliquée pour la prévision de la qualité de l'air.

Comment ça marche ?

Une **station météorologique** est un ensemble d'appareils de mesures qui enregistrent des paramètres physiques permettant de connaître l'état de

l'atmosphère et d'en déduire son évolution.

Les thermomètres et baromètres permettent de mesurer respectivement la température et la pression atmosphérique. Le pluviomètre indique la quantité de précipitations, tandis que l'hygromètre mesure l'humidité de l'air. Le vent est mesuré par une girouette et un anémomètre. Le type et la hauteur des nuages sont également décrits.

Les stations météorologiques sont le plus souvent fixes sur les îles et les continents mais elles peuvent aussi être à bord d'avions ou de navires. Elles peuvent également être déplacées pour des usages particuliers comme des expériences scientifiques ou pour déterminer les conditions météorologiques lors d'un désastre tel un feu de forêt.



Ballon sonde lâché à Lannemezan (65)

Le développement des ballons sondes à la fin du XIX^{ème} siècle puis des avions et des fusées au XX^{ème} siècle a permis de collecter des données en altitude. Finalement, les radars et satellites ont permis depuis la seconde moitié de ce siècle de compléter la couverture à l'ensemble du globe.

Un **satellite météorologique** est un satellite artificiel qui a pour objectif de recueillir les données nécessaires pour

la surveillance du temps et du climat. Les satellites apportent des informations supplémentaires à plus grande échelle. Des images numériques permettent de visualiser le déplacement des cellules nuageuses comme nous pouvons le voir dans les médias, et d'autres données sont enregistrées pour comprendre la structure de l'atmosphère et des nuages.

La prévision météo

La prévision météorologique correspond à la prévision de l'état de l'atmosphère à un temps ultérieur. Celle-ci est effectuée grâce à un modèle informatique qui prend en compte les différents paramètres météo observés ainsi que les lois physiques qui caractérisent le comportement de l'atmosphère, afin de simuler l'évolution des phénomènes météorologiques.

Météo France

Établissement public chargé de la prévision et de l'étude des phénomènes météorologiques. Il est également chargé d'alerter en cas de risques météorologiques.

Pour ses besoins en prévision, Météo France développe et utilise trois modèles numériques de prévision du temps :

- **Le modèle Arpège** simule l'état de l'atmosphère sur toute la planète jusqu'à une échéance de 4 jours, avec une résolution plus fine sur la France (environ 12 km en 2014).
- **Le modèle Aladin** est forcé aux limites de l'Europe de l'Ouest (résolution de 10 km).
- **Le modèle Arome** simule depuis fin 2008 l'état de l'atmosphère sur la France sur une maille de 2,5 km. ■



La dispersion des polluants

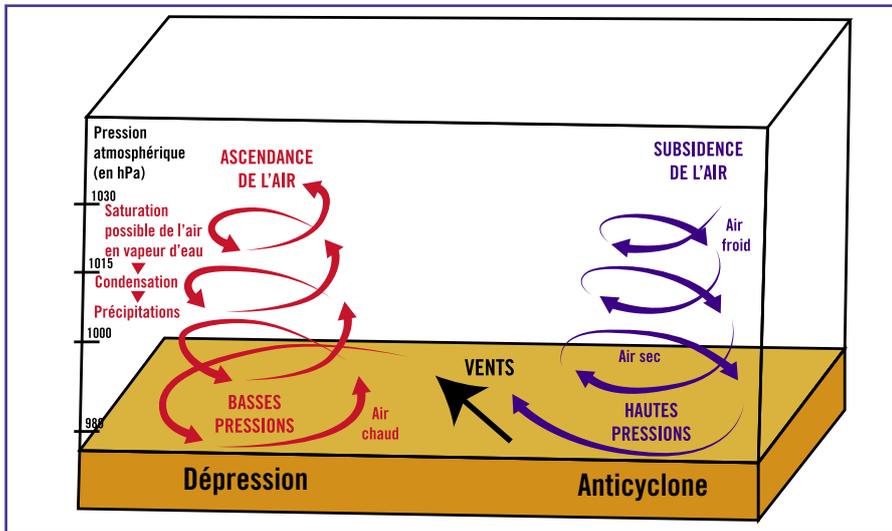


Schéma de la circulation atmosphérique

Une fois émis dans l'atmosphère, les polluants vont se disperser plus ou moins facilement selon les conditions météorologiques, notamment le vent, la température et la pression atmosphérique.

La pression atmosphérique

La circulation atmosphérique qui régit le temps, est engendrée par des variations de pression, avec des cellules anticycloniques et dépressionnaires qui évoluent de manière contraire. Les anticyclones sont des

zones de hautes pressions où l'air froid et sec descend vers le sol en chassant les masses d'air vers l'extérieur, ainsi le vent est faible et une situation stable s'établit. Les dépressions sont des zones de basses pressions qui engendrent la convergence des vents et l'ascendance des masses d'air chaudes, créant une situation instable, synonyme de mauvais temps. Ainsi les dépressions permettent une dispersion verticale des polluants dans l'atmosphère contrairement aux anticyclones qui favorisent leur stagnation.

Le vent

Le vent joue un rôle important dans la dispersion des polluants. En effet, le vent va favoriser la dispersion horizontale et la diffusion des polluants dans l'atmosphère. L'intensité du vent varie selon l'altitude, il est plus fort en altitude et plus faible au niveau du sol à cause du frottement de l'air sur le relief. Les panaches émis par les cheminées d'usine sont alors mieux dispersés par le vent lorsque celles-ci ont une altitude suffisamment haute.



Dispersion horizontale de fumée d'usine

Les vents globaux sont induits par la circulation anticyclonique et dépressionnaire à grande échelle. En effet, celle-ci influe sur la direction générale du vent et son intensité. Au niveau local, les vents réagissent différemment en fonction du relief et des différents obstacles qu'ils rencontrent. Certains vents sont même induits par des phénomènes météorologiques locaux, c'est le cas des brises côtières.

Brisés côtières

Lorsque les vents de grande échelle sont faibles, des mouvements spécifiques locaux peuvent se mettre en place, tels que l'alternance des brises de mer et brises de terre dans un cycle diurne. Ces brises côtières engendrent une circulation d'air pratiquement



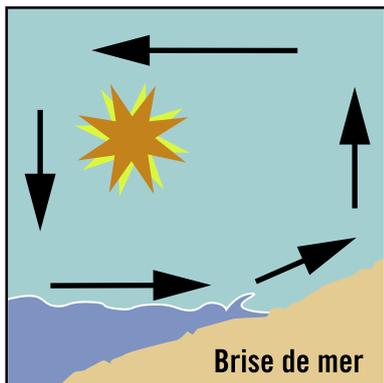
Image satellite de l'Europe du 9 mars 2015



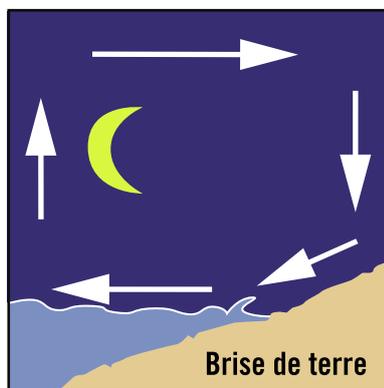
atmosphériques

fermée et peuvent provoquer une pollution sur le littoral.

Il existe un contraste thermique entre la terre et la mer, en effet la mer se réchauffe et se refroidit plus lentement que la terre. Le jour sous l'effet du rayonnement solaire, la terre se réchauffe provoquant une ascendance des masses d'air au-dessus du continent, et induisant un vent frais et dense allant de la mer vers la terre, appelé brise de mer. En altitude la situation inverse s'établit pour le retour de l'air, comme l'on peut le voir sur le schéma.



Brises côtières, alternance jour - nuit



A contrario, au cours de la nuit et en début de matinée, l'air continental devient plus froid que l'air marin, et un vent s'établit de la terre vers la mer, c'est la brise de terre.

Ce phénomène empêche une dispersion durable des polluants, car il fait recirculer l'air pollué. On peut voir l'influence de ces brises côtières sur les niveaux d'ozone du littoral en été.

La température

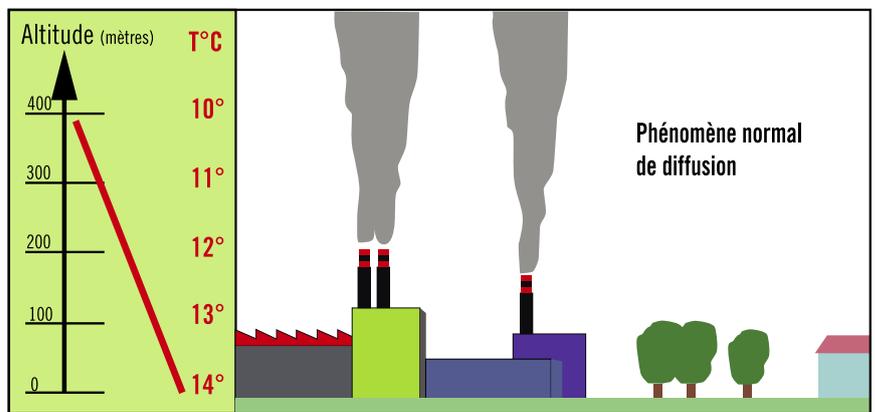
En règle générale, la température de l'air est plus élevée au niveau de sol et diminue avec l'altitude. Au cours de la journée, le rayonnement solaire réchauffe le sol et les basses couches de l'atmosphère. L'air chaud se dilate et devient plus léger que l'air environnant, ainsi la masse d'air s'élève en entraînant les polluants avec elle. Cette situation instable assure la bonne diffusion des polluants.

En revanche, des phénomènes d'inversions de température apparaissent en

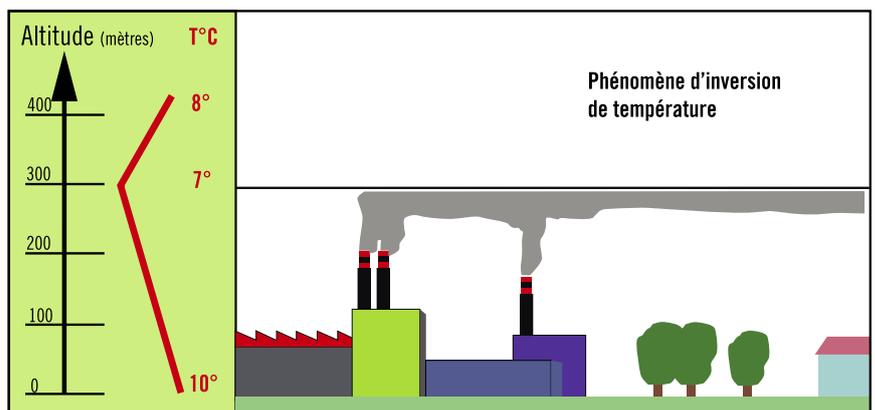
automne/hiver, au cours de situations anticycloniques, favorisant ainsi l'accumulation des polluants.

Ce phénomène d'inversion se produit souvent au cours de la nuit, lorsque la terre se refroidit plus vite que l'atmosphère. Les couches d'air à proximité du sol sont donc plus froides que celles au-dessus, bloquant ainsi le développement vertical des masses d'air.

Cette inversion est amplifiée en hiver, par un faible rayonnement solaire et durant un anticyclone. Du fait de ces conditions stables, ce phénomène d'inversion peut durer plusieurs jours. Cet effet «**couvercle**» augmente la concentration des polluants qui stagnent dans les basses couches de l'atmosphère et peut entraîner d'importants pics de pollution. ■



Diffusion verticale des polluants



Couche d'inversion provoquant l'accumulation des polluants

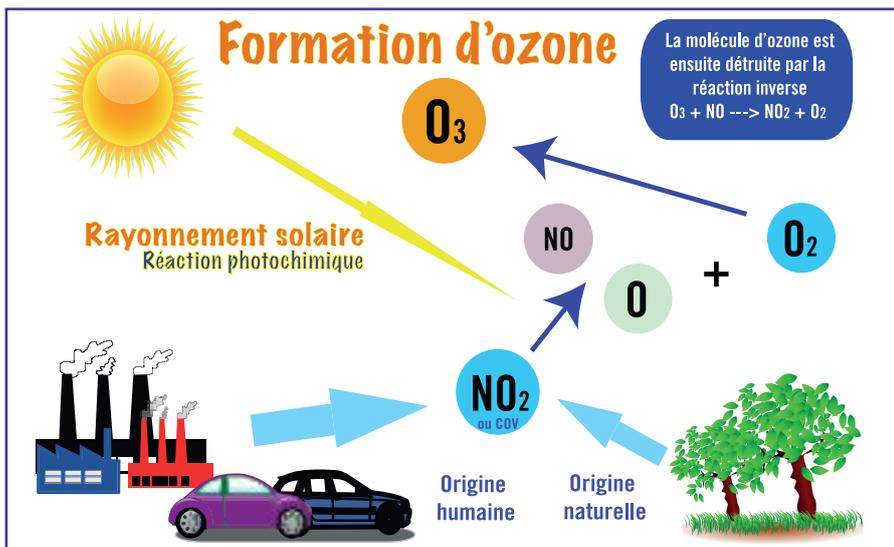


La transformation des polluants

De nombreuses réactions chimiques ont lieu entre les différents types de polluants présents dans l'atmosphère. Certaines sont influencées par les conditions météorologiques. C'est le cas pour la formation de l'ozone et pour les pluies acides.

stable avec des concentrations relativement constantes. En revanche, ce cycle est perturbé à proximité des zones urbaines polluées. Par exemple, de forts rejets d'oxydes d'azote en zone urbaine, aident à la fabrication de l'ozone mais accélèrent surtout sa destruction.

plusieurs jours et empêcher toute dispersion de l'ozone. On peut alors observer des pics de pollution. Lors de la canicule de 2003, Atmo Picardie a enregistré 10 jours de dépassements du seuil d'informations et de recommandations, dans l'Oise, 6 jours dans l'Aisne et 3 dans la Somme pour les mois de juillet et août.



Cycle de l'ozone simplifié

L'ozone

L'ozone est un polluant secondaire, c'est-à-dire qu'il n'est pas directement émis dans l'atmosphère, mais formé à partir d'autres polluants tels que le dioxyde d'azote (NO_2) ou les composés organiques volatils (COV), des polluants primaires émis de manière naturelle ou anthropique (par l'homme). Ces polluants libèrent un atome d'oxygène par photochimie, c'est-à-dire par absorption de l'énergie solaire. Cet atome va ensuite réagir avec le dioxygène présent dans l'air pour former la molécule d'ozone. Celle-ci est ensuite détruite à partir de ces mêmes polluants. **C'est le cycle de l'ozone.**

En atmosphère non polluée le cycle de formation-destruction de l'ozone est

En zone périurbaine ou rurale, ces rejets sont moins importants, ainsi l'ozone peut se former, se concentrer et surtout perdurer.

Dans certains cas, les polluants primaires peuvent être transportés par les masses d'air sur plusieurs centaines de kilomètres et provoquer ainsi l'accumulation de l'ozone à des endroits très éloignés de leur source d'émission.

Les conditions météorologiques influencent les teneurs en ozone, particulièrement en été. En effet, les concentrations d'ozone formé par photochimie, dépendent du taux d'ensoleillement et de la température de l'air. Ainsi, les concentrations d'ozone seront d'autant plus importantes que la température sera élevée et le rayonnement solaire maximal (sans couverture nuageuse). Ces conditions s'établissent en général

lors d'un anticyclone qui peut durer

Les pluies acides

Les pluies permettent de lessiver les polluants présents dans l'atmosphère, en les déposant au sol. En effet, les polluants (gaz ou particules) mis au contact de l'eau condensée au sein des nuages, sont dissous et sont déposés au sol par les précipitations.

Les polluants une fois émis dans l'atmosphère subissent de nombreuses et complexes réactions chimiques, créant des polluants secondaires.

Certaines réactions au contact de l'eau, vont perturber l'acidité naturelle de l'eau de pluie. C'est le cas par exemple, de l'oxydation du dioxyde de soufre (SO_2) et du dioxyde d'azote (NO_2). Ces composés chimiques sont transformés respectivement en acide sulfurique (H_2SO_4) et en acide nitrique (HNO_3). Ces polluants secondaires peuvent alors être précipités, créant des pluies acides.

Ces pluies acides ont des effets néfastes sur l'environnement, le sol, la végétation et même les bâtiments. La chlorophylle des feuilles est détruite, la croissance des arbres ralentie, les racines endommagées, et d'une manière générale la végétation est plus sensible aux épidémies. Au niveau des bâtiments, les matériaux sont altérés et l'on peut voir des croûtes noires sur la surface des bâtiments. ■



Les transports des polluants

Le transport des masses d'air, sur les différentes échelles (locale, régionale, ou intercontinentale), dépend de nombreux paramètres :

Les variations de pressions atmosphériques créant les vents et la circulation générale des masses d'air, ont une influence sur le transport à moyenne et grande échelle.

La flottabilité des masses d'air liées aux variations de températures engendre le transport vertical local.

La turbulence de l'air, phénomène très complexe engendré par les effets du relief sur les vents, est associée en premier lieu au transport local.

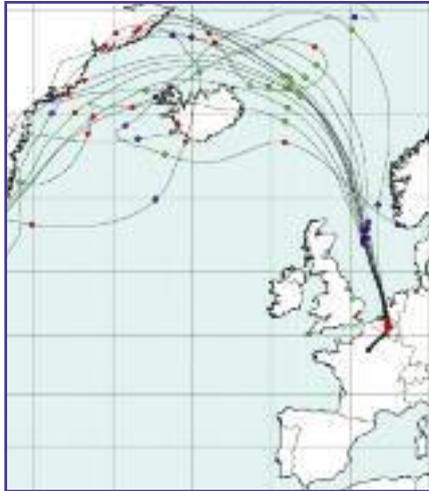
Ainsi il n'y a pas de frontières à la pollution.

Les transports à grande échelle

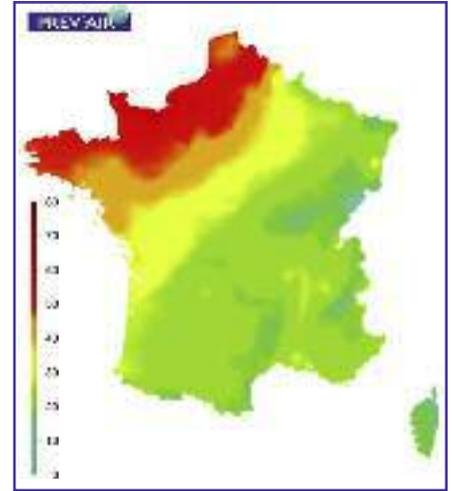
Les polluants émis en Picardie peuvent se déplacer sur de nombreux kilomètres et impacter la qualité de l'air dans d'autres régions ou pays. A l'inverse, on peut mesurer sur la Picardie, une pollution de fond provenant de sources d'émissions issues d'autres pays.

Par exemple, lorsque les masses d'air proviennent du sud, on peut parfois voir des dépôts de poussières sur les pare-brises des voitures, correspondant à des poussières sub-sahariennes transportées du Sud de la méditerranée jusqu'au Nord de la France.

De même, en septembre 2014, l'éruption du volcan islandais Bardabunga a provoqué en Picardie l'augmentation des concentrations en dioxyde de soufre (SO₂) et en particules fines (PM10). Des rétro-trajectoires nous permettent de visualiser l'origine des masses d'air présentes en Picardie et donc d'estimer les différents impacts



Rétro-trajectoires des masses d'air pour la journée du 23/09/2014



Concentration de PM10 le 23/09/14 (Modélisation Prév'air ajustée)

de la pollution extérieure. Les figures ci-dessus, montrent la provenance des masses d'air et les concentrations de PM10 prévues pour le 23/09/14. On peut bien voir que ces fortes concentrations sont liées aux émissions de particules du volcan islandais.

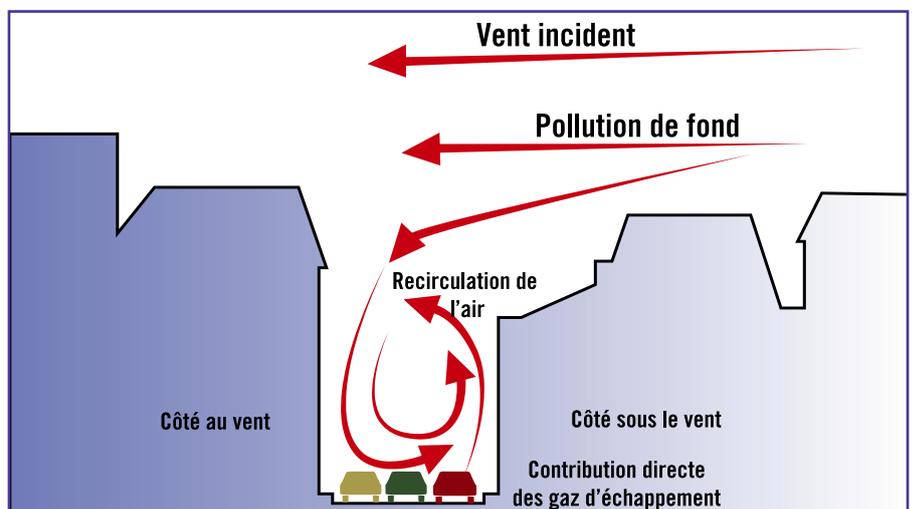
Les transports locaux

Sur une échelle plus locale, le transport des polluants est souvent perturbé par la turbulence des masses d'air liée à la rugosité du sol et au relief. Nous allons décrire ici un phénomène très

spécifique se produisant à l'échelle d'une rue.

Lorsque les rues sont étroites et les bâtiments les bordant sont assez hauts, l'air qui s'engouffre dans ces rues canyons aura tendance à y rester, sous l'effet d'une circulation plus ou moins fermée de l'air.

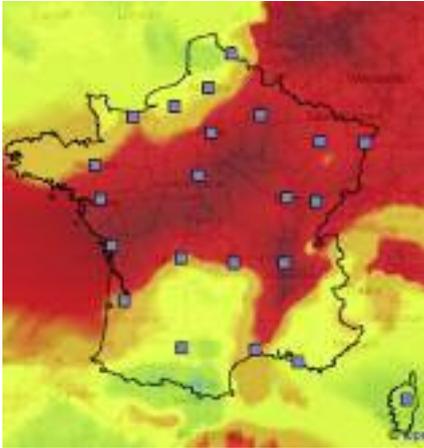
Ce phénomène peut perdurer tant que la direction du vent sera perpendiculaire à la rue canyon, et donc engendrer une accumulation ponctuelle des polluants, pouvant être dangereuse pour la santé humaine. ■



Exemple de circulation de l'air dans une rue «canyon»



Prévision de la qualité de l'air



Carte de prévision issue de Prev'air

La prévision de la qualité de l'air

D'un jour à l'autre, la pollution de l'air ambiant peut varier énormément. Ces variations s'expliquent par l'évolution des émissions atmosphériques mais surtout par les phénomènes météorologiques qui contrôlent l'accumulation et/ou la dispersion des polluants.

Atmo Picardie a pour mission de surveiller la qualité de l'air, et diffuse chaque jour des cartes de pollution prévues pour le jour même et les deux jours suivants et ceci pour différents polluants atmosphériques.

Pourquoi prévoir la qualité de l'air ?

Afin que les autorités puissent mettre en place des mesures de réduction des émissions de polluants, il est nécessaire de savoir évaluer le risque de survenue d'un épisode de pollution pour le lendemain.

C'est le rôle du prévisionniste !

Comment ça marche ?

Chaque jour, le prévisionniste utilise les cartes de prévisions issues de plusieurs modèles de résolution spatiale différente : **Prev'air** et **ESMERALDA**.

Prev'air est une plate-forme nationale de prévision de la qualité de l'air, développée et gérée au quotidien par l'INERIS. Elle est basée sur le résultat de simulations numériques de deux modèles (CHIMERE et MOCAGE) et d'observations recueillies sur le terrain pour prédire et cartographier les concentrations de polluants atmosphériques réglementés (ozone, dioxyde d'azote, particules PM10 et PM2.5), à différentes échelles spatiales (Europe, France).

Pour en savoir + : ww2.prevair.org

ESMERALDA est une plate-forme inter-régionale de cartographie et de prévision de la qualité de l'air. Elle fournit quotidiennement les cartographies des concentrations des polluants réglementés, à 3 jours d'échéance sur un domaine inter-régional représenté par 10 régions (Bretagne, Normandie, Ile-de-France, Picardie, Nord-Pas-de-Calais, Champagne-Ardenne, Bourgogne, Centre et Pays de Loire). Cette plate-forme utilise également le modèle de chimie-transport CHIMERE.

Les modèles utilisés

CHIMERE développé par le CNRS et l'INERIS, est un modèle de chimie-transport, c'est-à-dire qu'il prend en compte l'ensemble des réactions chimiques qui ont lieu dans l'atmosphère ainsi que le transport des polluants. Il permet donc de quantifier l'évolution d'un panache de polluant en fonction du temps d'une échelle allant de la ville au continent.

MOCAGE est un modèle de chimie atmosphérique à grande échelle, développé par Météo France et le CRNM. Ce modèle est principalement utilisé pour les prévisions à l'échelle de

l'Europe, voir du monde pour les concentrations d'ozone. Il permet d'étudier la chimie de la stratosphère et son interaction avec le climat.

Pour établir les prévisions quotidiennes des concentrations des principaux polluants réglementés, plusieurs étapes sont nécessaires :

- Recensement et compilation des données d'entrée :
 - Données d'émission par secteur d'activité
 - Données météorologiques
 - Conditions aux limites
 - Observations (données AASQA)
- Exécution des modèles de chimie transport CHIMERE (et MOCAGE pour Prev'air).
- Post-traitement :
 - Exploitation et traitement des informations produites (traitements cartographiques...)
 - Réajustement des prévisions avec les concentrations mesurées en station.

A quoi ça sert ?

Les résultats des modèles ainsi élaborés sont un outil d'aide à la décision pour le prévisionniste d'Atmo Picardie qui doit diffuser chaque jour :

- l'indice de qualité de l'air du jour et du lendemain,
- les épisodes de pollution. ■



Les indices de qualité de l'air