



Impacts de la pollution atmosphérique et de l'ozone en particulier sur l'agriculture et les forêts et estimation des coûts économiques.

D Le Thiec

► To cite this version:

D Le Thiec. Impacts de la pollution atmosphérique et de l'ozone en particulier sur l'agriculture et les forêts et estimation des coûts économiques.. 2016. hal-02950750

HAL Id: hal-02950750

<https://hal.inrae.fr/hal-02950750>

Submitted on 28 Sep 2020

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.

Impacts de la pollution atmosphérique et de l'ozone en particulier sur l'agriculture et les forêts et estimation des coûts économiques

UMR EEF, INRA, Université de Lorraine,
Champenoux, France

Didier Le Thiec

Les principaux polluants atmosphériques se classent dans deux grandes familles bien distinctes : les polluants **primaires** et les polluants **secondaires**.

Les polluants primaires sont directement issus des sources de pollution (trafic routier, industries, chauffage, agriculture...).

On y trouve des gaz tels que :

Des oxydes de carbone.

Des oxydes de soufre.

Des oxydes d'azote.

Des hydrocarbures légers.

Des composés organiques volatils (COV).

Des particules (PM10 et PM2.5).

Des métaux (plomb, mercure, cadmium...).

En revanche, les polluants secondaires ne sont pas directement rejetés dans l'atmosphère mais proviennent de réactions chimiques de gaz entre eux. C'est le cas notamment :

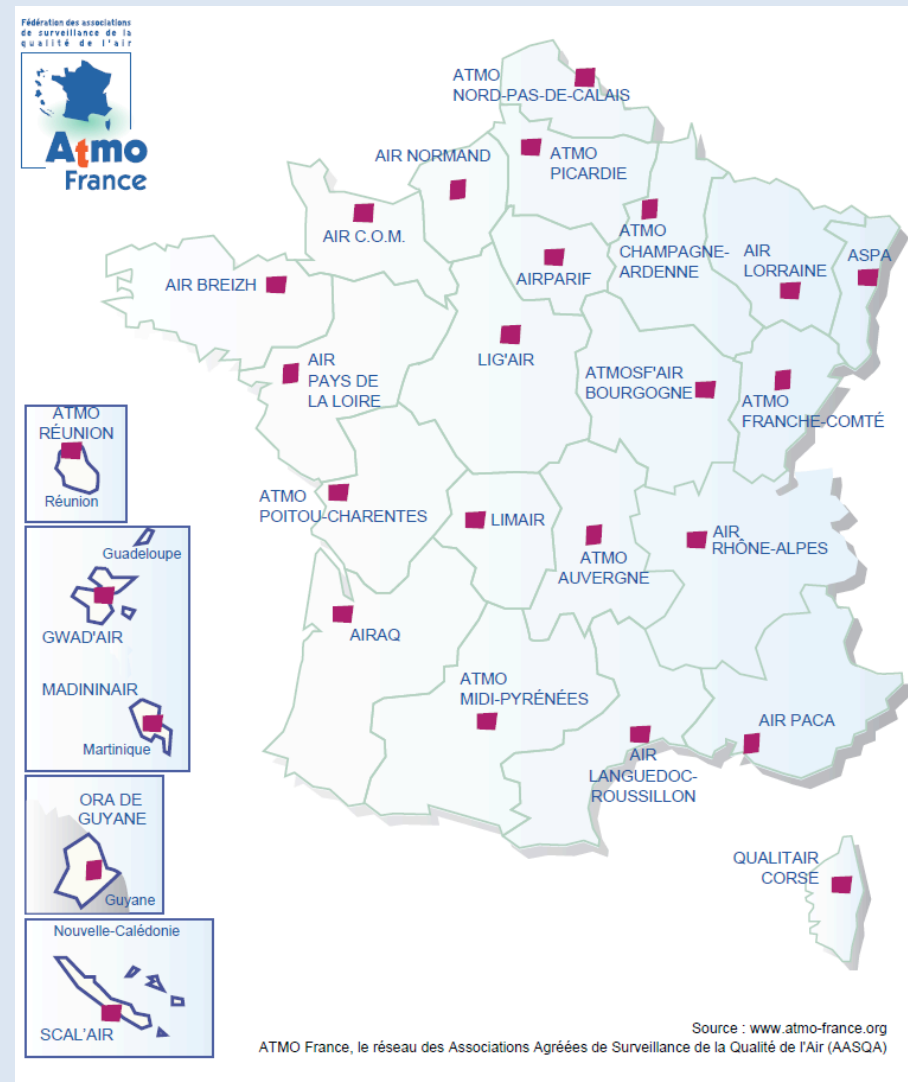
Des particules secondaires.

De l'ozone.

Du dioxyde d'azote...

La loi rend obligatoire

- la surveillance de la qualité de l'air
- la définition de normes de qualité de l'air (objectifs de qualité, valeurs limites ...)
- l'information du public.



LA POLLUTION DE L'AIR

définition des polluants au dos

TRANSPORT, DISPERSION

Vent, turbulence, gradient thermique

TRANSFORMATION

POLLUANTS SECONDAIRES

AIR AMBIANT

Déposition
sèche, humide



DIOXYDE DE SOUFRE : SO₂

SUR LA SANTE

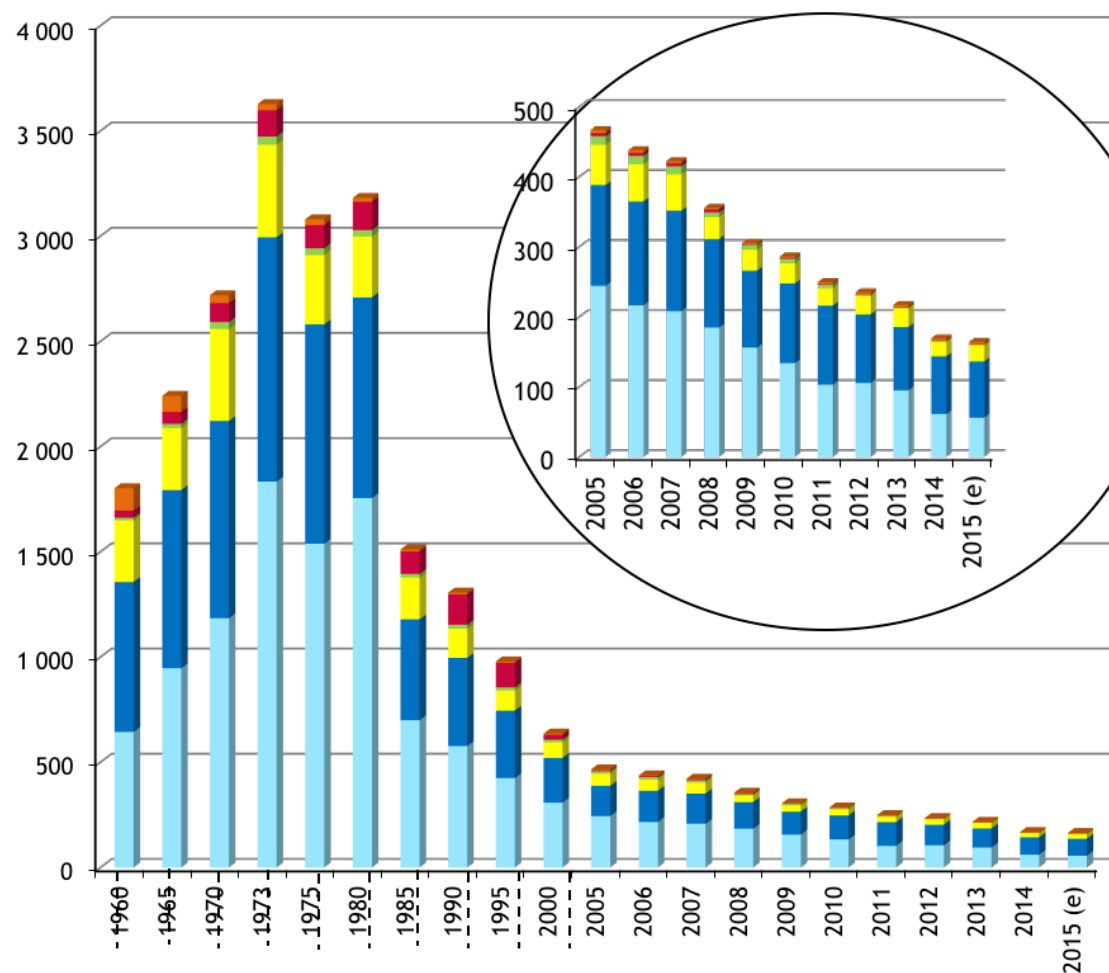
Le SO₂ est un irritant des muqueuses, de la peau, et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les fines particules. Comme tous les polluants, ses effets sont amplifiés par le tabagisme.

SUR L'ENVIRONNEMENT

Le SO₂ se transforme en **acide sulfurique** au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des **pluies acides**. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.

DIOXYDE DE SOUFRE : SO₂

en kilotonnes



Transformation énergie

Industrie manufacturière

Résidentiel/tertiaire

Agriculture/sylviculture

Transport routier

Autres transports

DIOXYDE DE SOUFRE : SO₂



Tableau I

SENSIBILITÉ DES ARBRES ET ARBUSTES

Très sensibles	Sensibles	Résistants
Pin maritime Pin sylvestre Pin Weymouth Épicéa de Sitka Cèdre bleu	Poirier - Pommier Pin noir Mélèze du Japon Châtaignier Chêne pédonculé Bouleau - Aulne Platane	Thuya - Cyprès Cèdre de l'Atlas Chamaecyparis Troène Chêne vert Érable

DIOXYDE DE SOUFRE : SO₂

Les concentrations de dioxyde de soufre (SO₂) ont fortement baissé ces dernières années au rythme d'environ 10 % par an depuis cinq ans, pour atteindre maintenant un plancher de l'ordre de 5 µg/m³ en moyenne annuelle pour l'ensemble des agglomérations.

Cette évolution récente s'explique notamment par l'amélioration des combustibles et carburants, la désulfuration des fumées des grandes installations de combustion (et la réduction du taux de marche des centrales thermiques d'EDF), le traitement des fumées des usines d'incinération d'ordures ménagères...

La situation reste cependant préoccupante dans les sites fortement industrialisés (Le Havre, Fos-Berre, Forbach par exemple).

Objectif de qualité 50 µg/m³ en moyenne annuelle civile

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	350 µg/m ³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile
	125 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile

Niveau critique pour la protection de la végétation 20 µg/m³ en moyenne annuelle civile et en moyenne sur la période du 1er octobre au 31 mars

Seuil de recommandation et d'information 300 µg/m³ en moyenne horaire

Seuil d'alerte 500 µg/m³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

OXYDES D'AZOTE : NO_x

Ils comprennent :

- le monoxyde d'azote (NO) ;
- le dioxyde d'azote (NO₂).

Ces composés sont essentiellement émis lors des phénomènes de combustion.

SUR LA SANTE

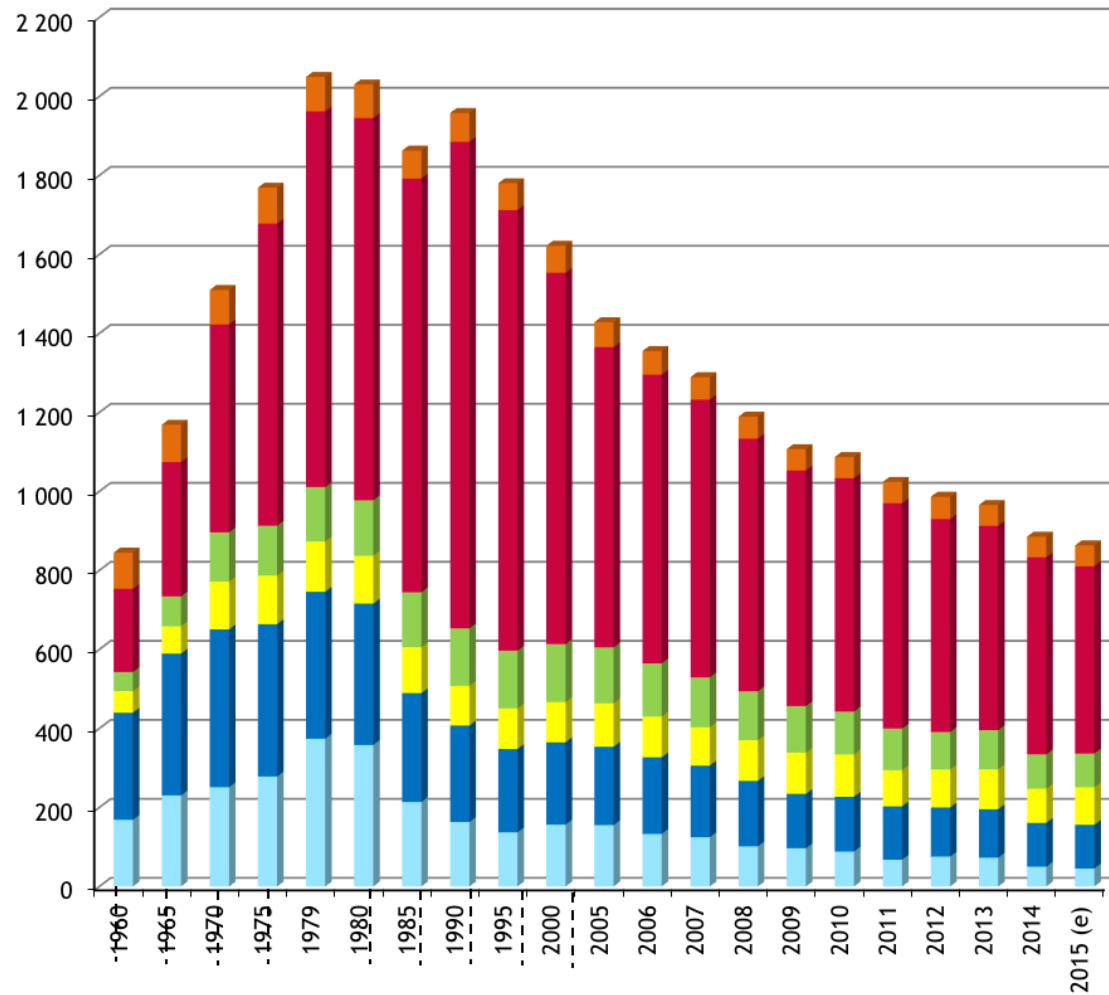
Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

SUR L'ENVIRONNEMENT

Les NO_x participent aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont ils sont l'un des précurseurs, et à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique comme à l'effet de serre.

OXYDES D'AZOTE : NO_x

kilotonnes



(e) estimation préliminaire

Transformation énergie

Industrie manufacturière

Résidentiel/tertiaire

Agriculture/sylviculture

Transport routier

Autres transports

OXYDES D'AZOTE : NO_x

Les concentrations de **dioxyde d'azote** ont baissé dans la plupart des agglomérations d'environ **20%** en six ans. En parallèle, les concentrations de **monoxyde d'azote** mesurées par les capteurs proches du trafic automobile ont baissé d'environ **30%** dans la plupart des agglomérations.

Ces évolutions sont à mettre en relation avec les modifications apportées aux véhicules (principalement la généralisation du pot catalytique) qui constituent les principaux émetteurs de ces polluants.

DIOXYDE d'AZOTE (NO₂)

Objectif de qualité 40 µg/m³ en moyenne annuelle civile

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine

200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile

40 µg/m³ en moyenne annuelle civile

Niveau critique annuel d'oxydes d'azote pour la protection de la végétation 30 µg/m³ en moyenne annuelle civile

Seuil de recommandation et d'information 200 µg/m³ en moyenne horaire

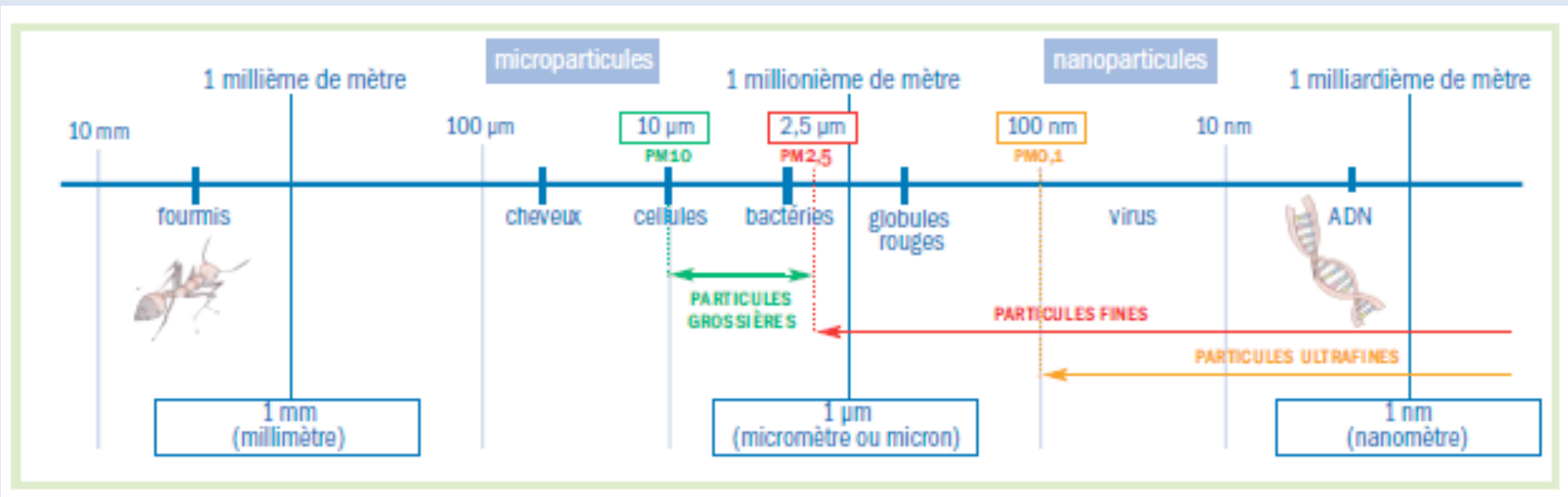
Seuils d'alerte 400 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives ou si 200 µg/m³ en moyenne horaire à J-1 et à J, et prévision de 200 µg/m³ à J+1

NO_x : en général pas de dégât direct, mais parfois synergie avec SO₂ (SO₃⁻ et SO₄²⁻; smog acide). Surtout dangereux car ils sont à l'origine de la pollution photochimique

LES PARTICULES (PM10 ET PM2,5)

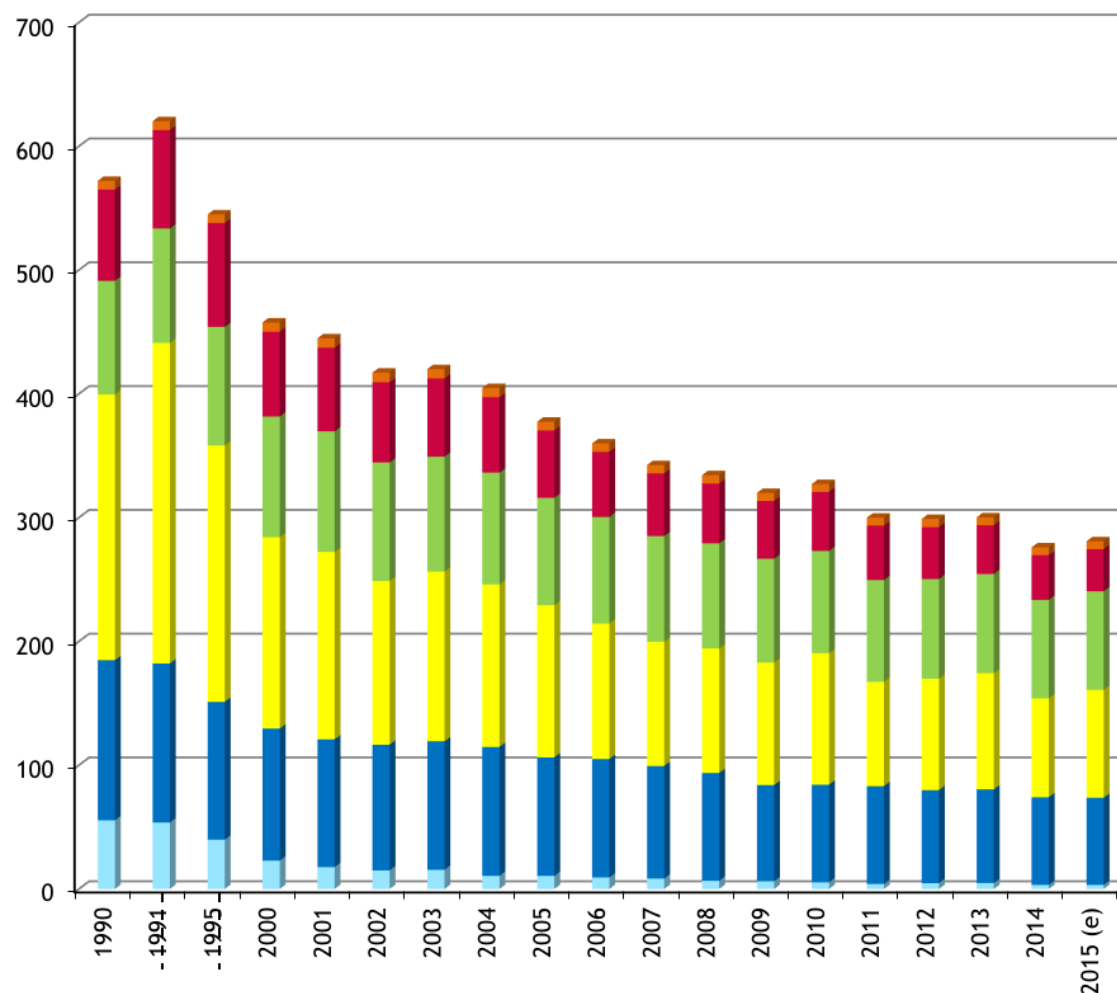
L'un des risques majeurs pour la santé publique est celui lié aux particules en suspension dans l'air, communément appelées les poussières. Le diamètre de ces particules, désignées sous l'acronyme PM (pour "particulate matter"), se mesure en millionième de mètre. Les particules "fines" dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 millionièmes de mètre (les PM10 ou inférieures) s'inhalent facilement. Elles pénètrent profondément dans les poumons et sont à l'origine de graves troubles cardiaques et respiratoires. Selon certaines estimations, ces particules provoqueraient plusieurs dizaines de milliers de décès prématurés en Allemagne, en Italie, en France et dans l'ensemble de l'Union européenne.

Les particules sont notamment émises par les véhicules diesel.



LES PARTICULES (PM10)

kilotonnes



Transformation énergie

Industrie manufacturière

Résidentiel/tertiaire

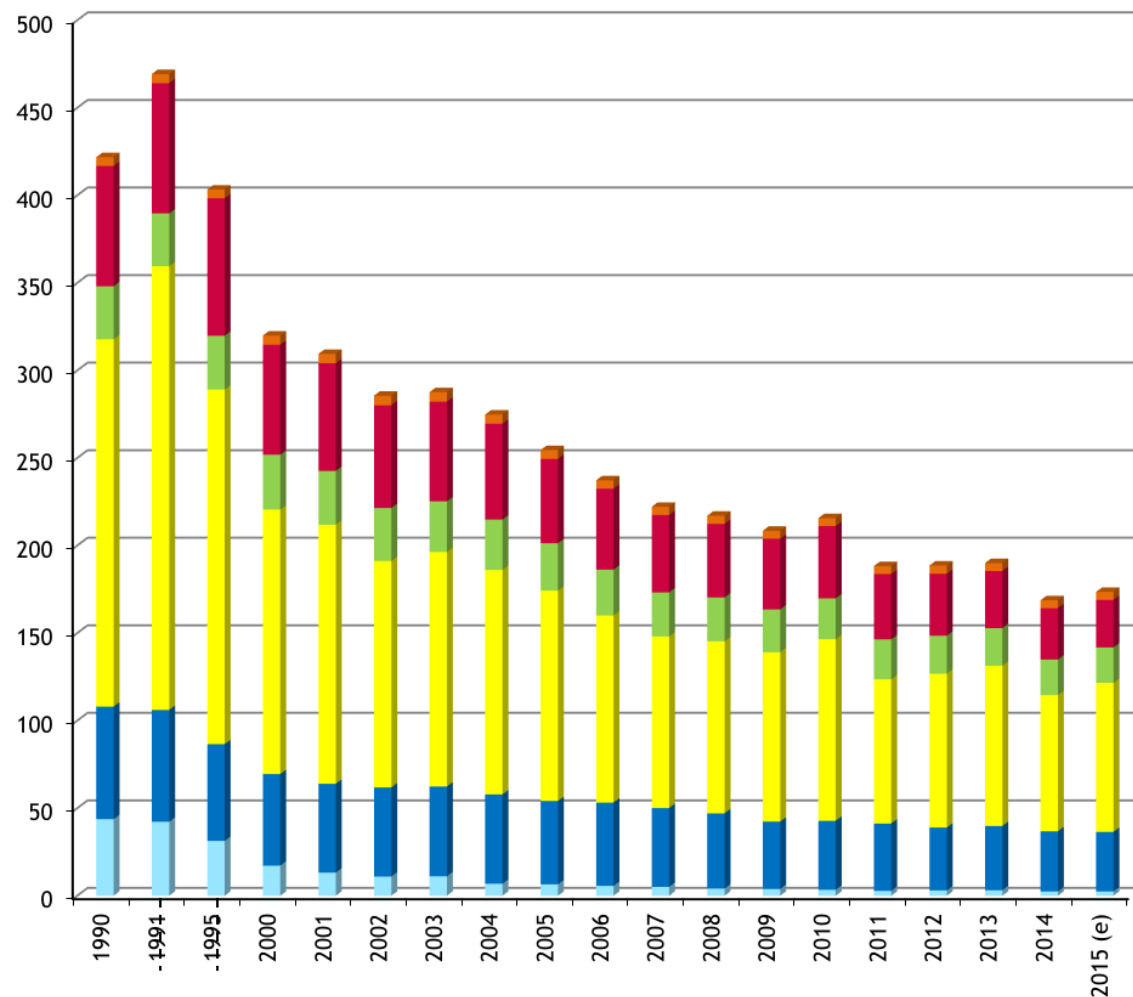
Agriculture/sylviculture

Transport routier

Autres transports

LES PARTICULES (PM2.5)

kilotonnes



Transformation énergie

Industrie manufacturière

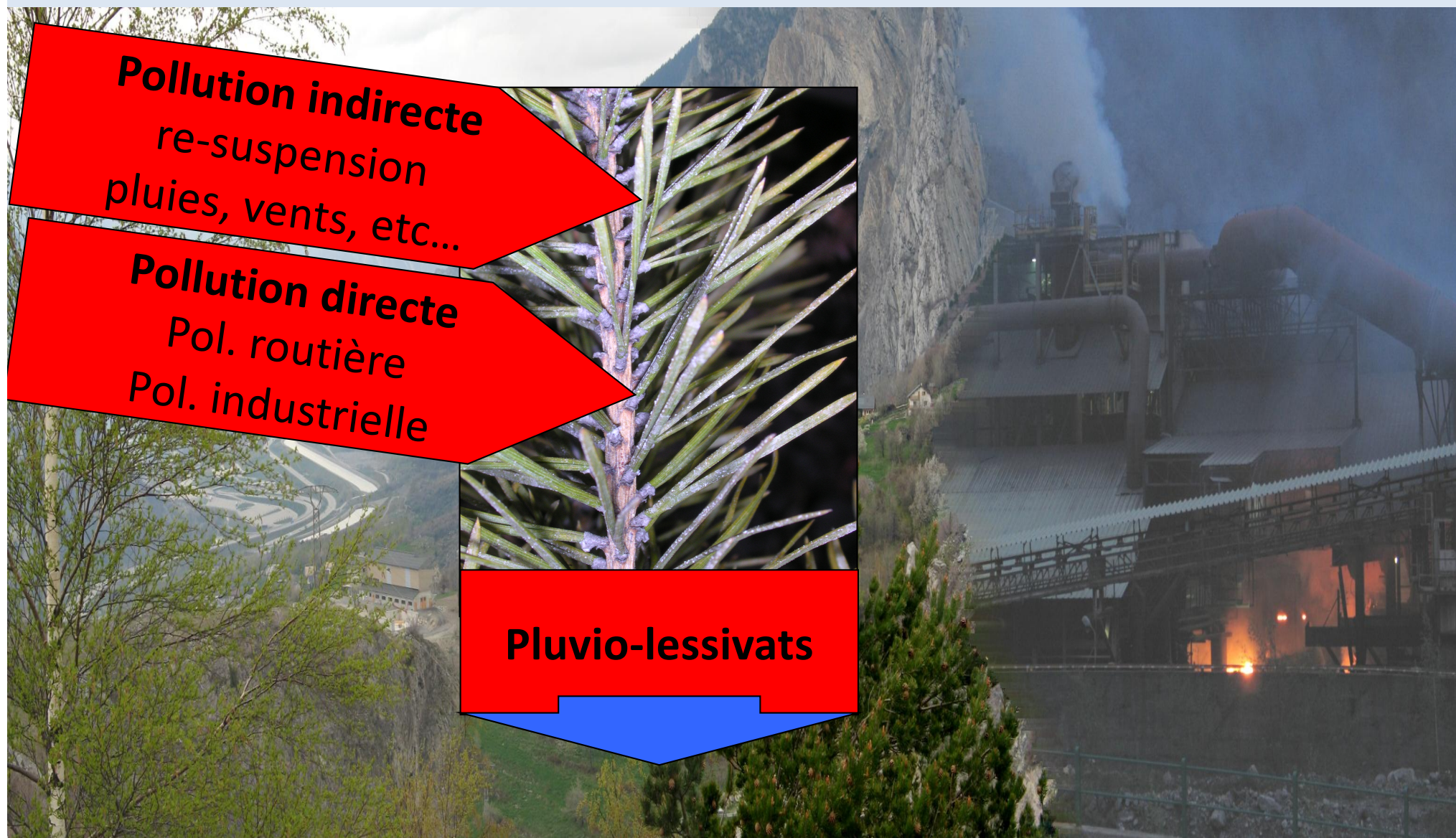
Résidentiel/tertiaire

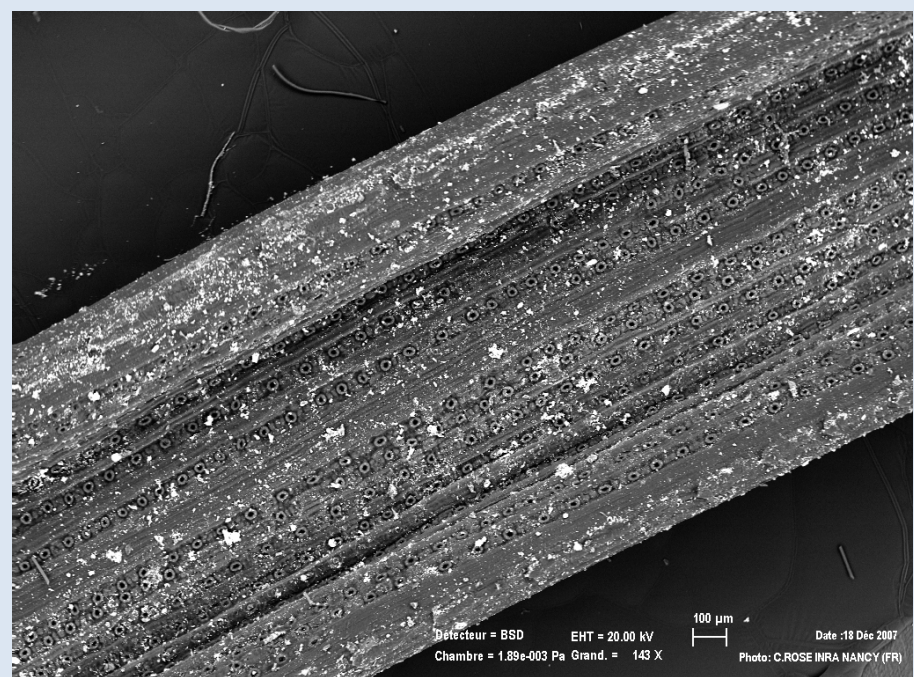
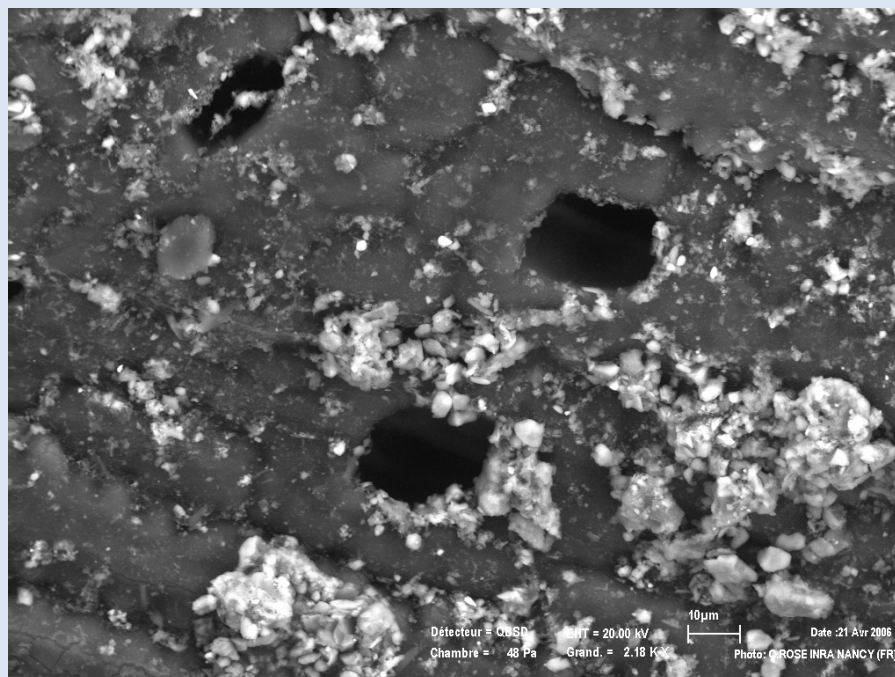
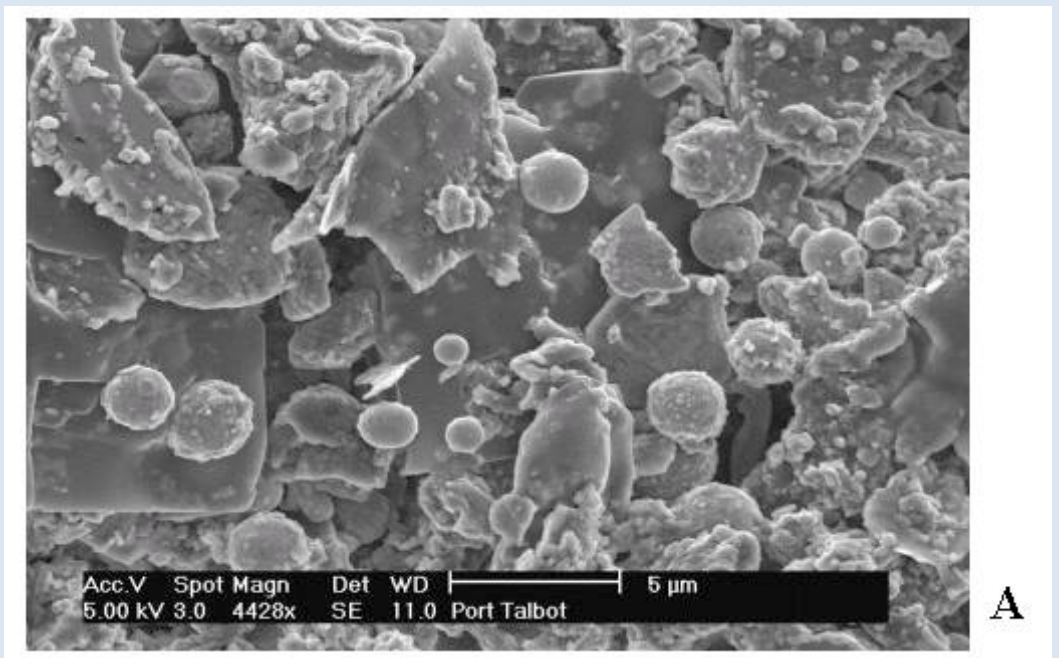
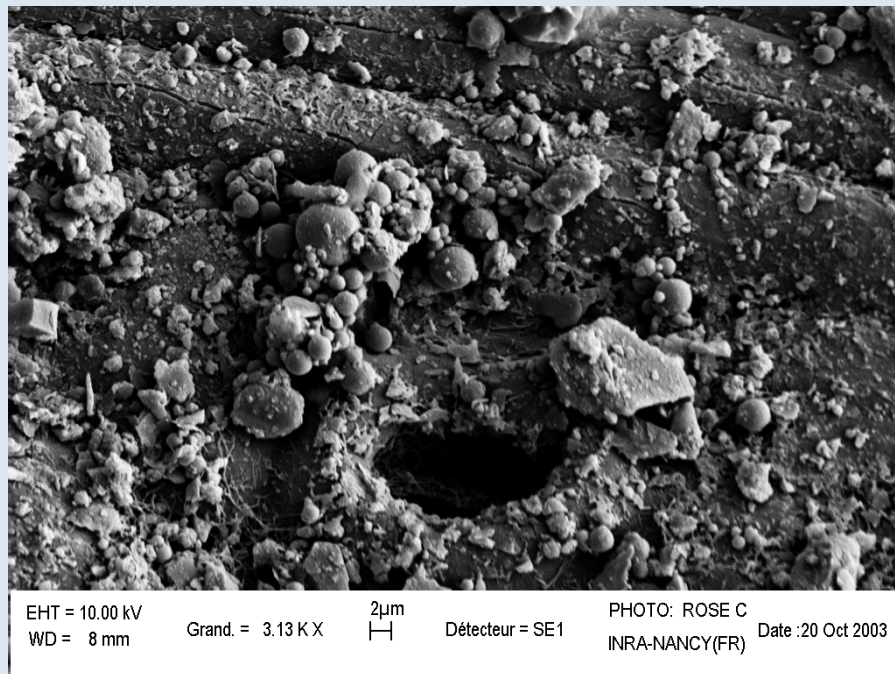
Agriculture/sylviculture

Transport routier

Autres transports

Les végétaux : capteurs naturels de la pollution atmosphérique particulaire

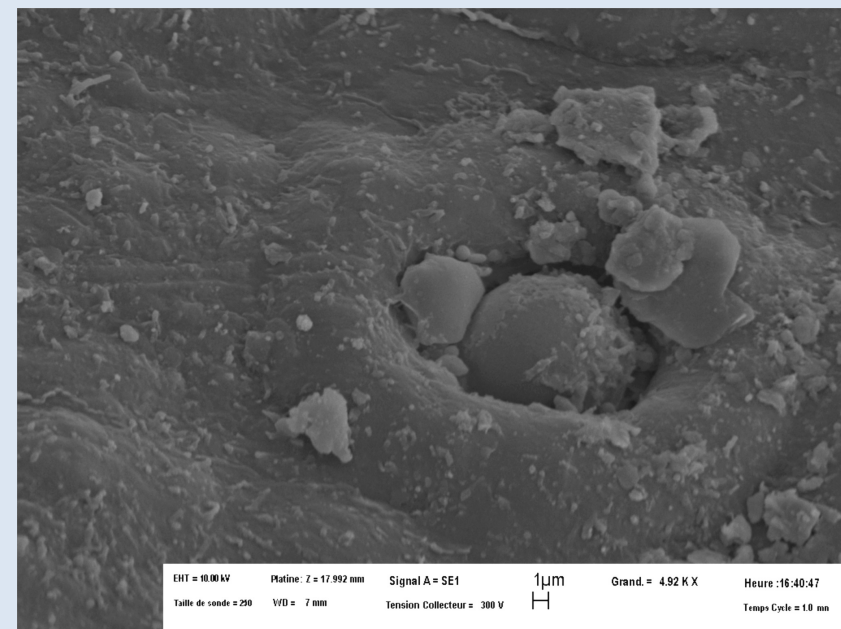
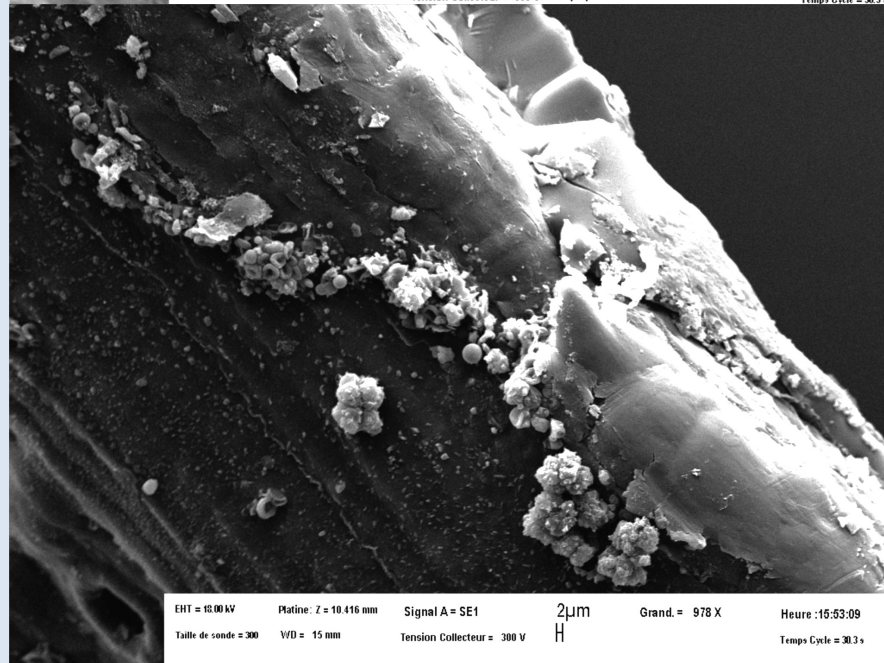
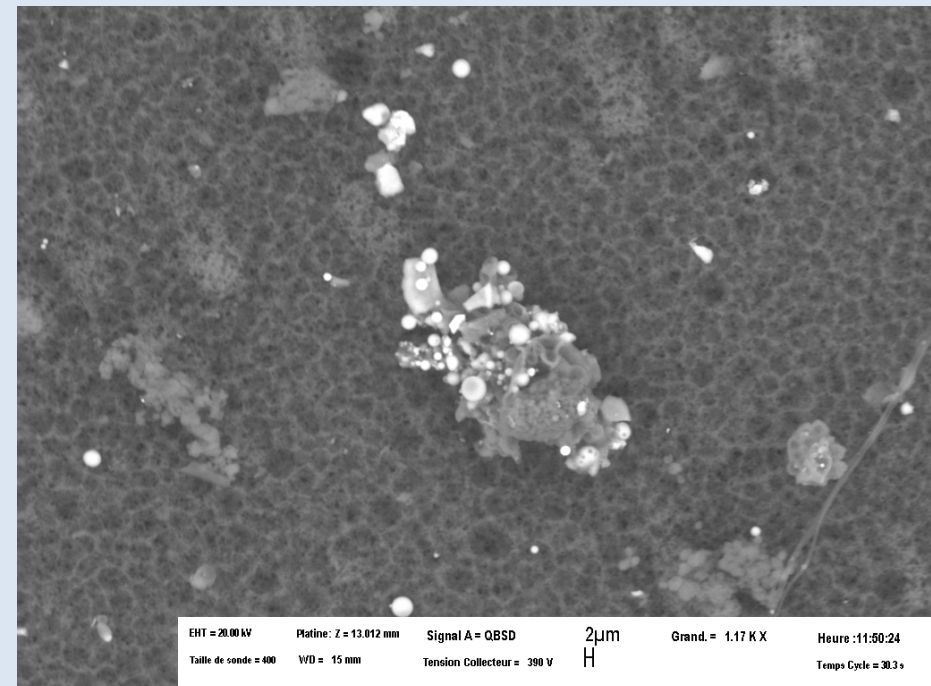
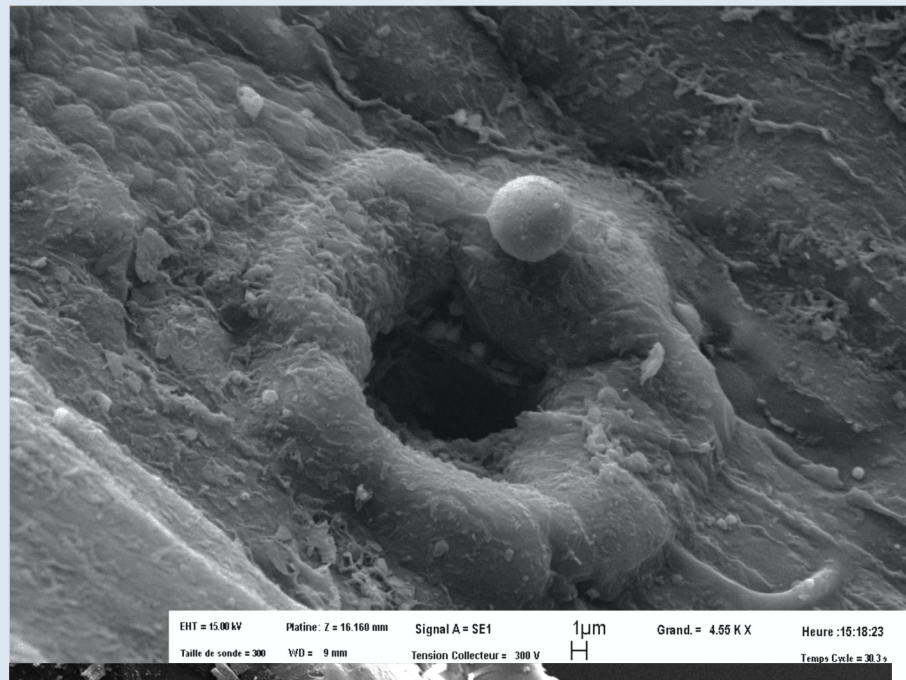




La chute de feuilles, les pluies font que, en définitive, toute la poussière se retrouve sur le sol

Autres exemples

dépérissement de pins aux abords du centre pétrochimique de Carling (57)



Fusée Ariane 5 : test sur les boosters



Acidité + Si + Al

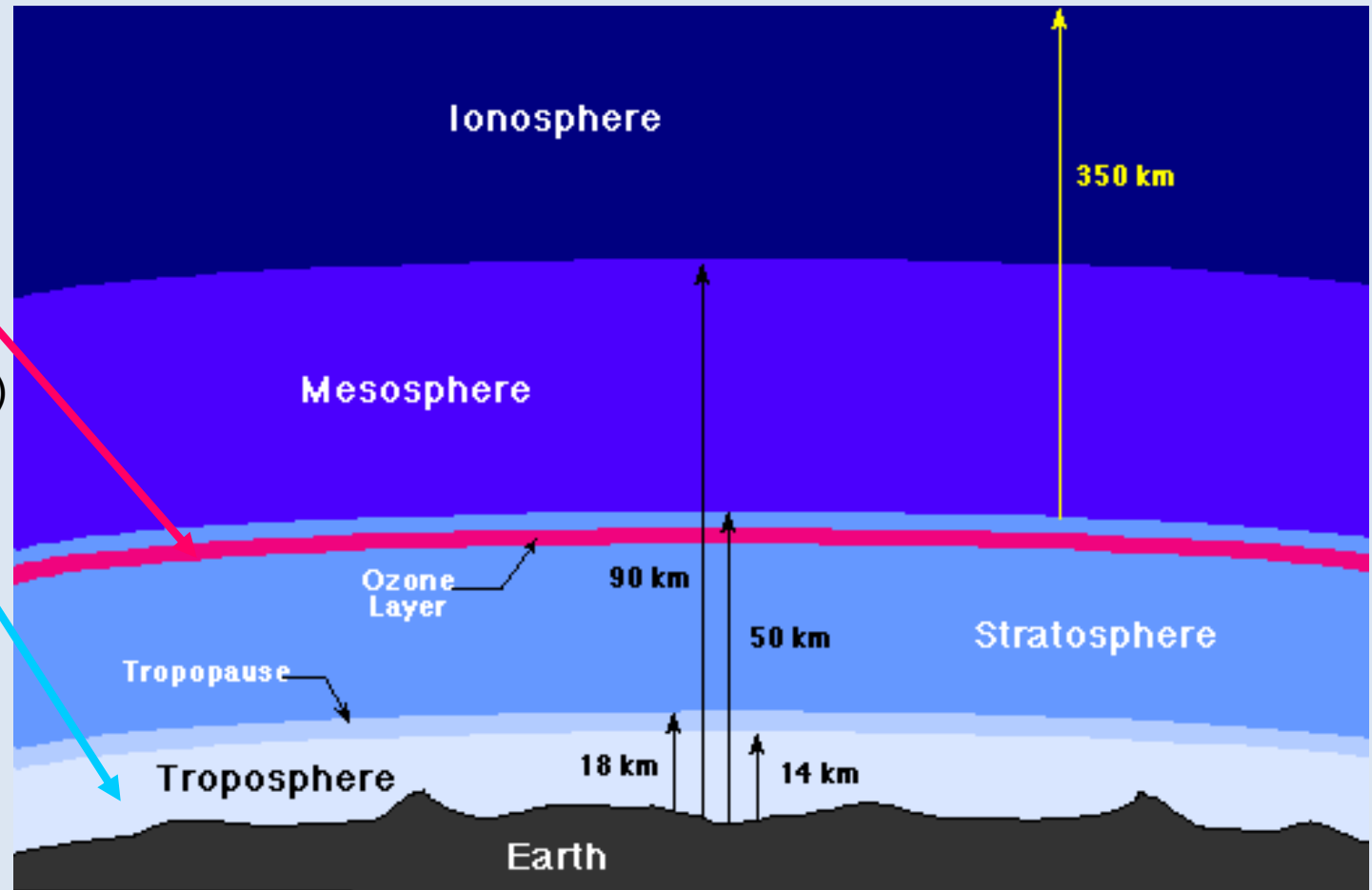
OZONE (O₃)

Stratospheric Ozone

= “good” ozone (90%)

Tropospheric ozone

= “bad” Ozone (10%)



SUR LA SANTE

L'O₃ est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires. Ses effets sont très variables selon les individus.

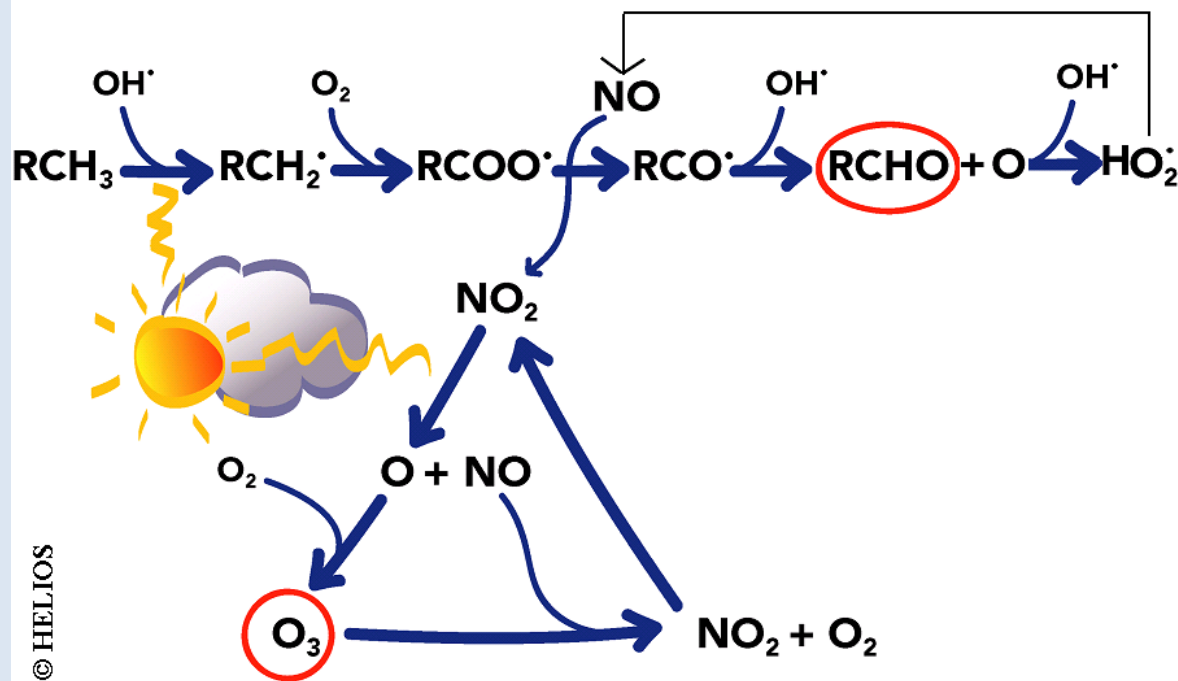
SUR L'ENVIRONNEMENT

L'O₃ a un effet néfaste sur la végétation (sur le rendement des cultures par exemple) et sur certains matériaux (caoutchouc...). Il contribue également à l'effet de serre.

OZONE (O₃)

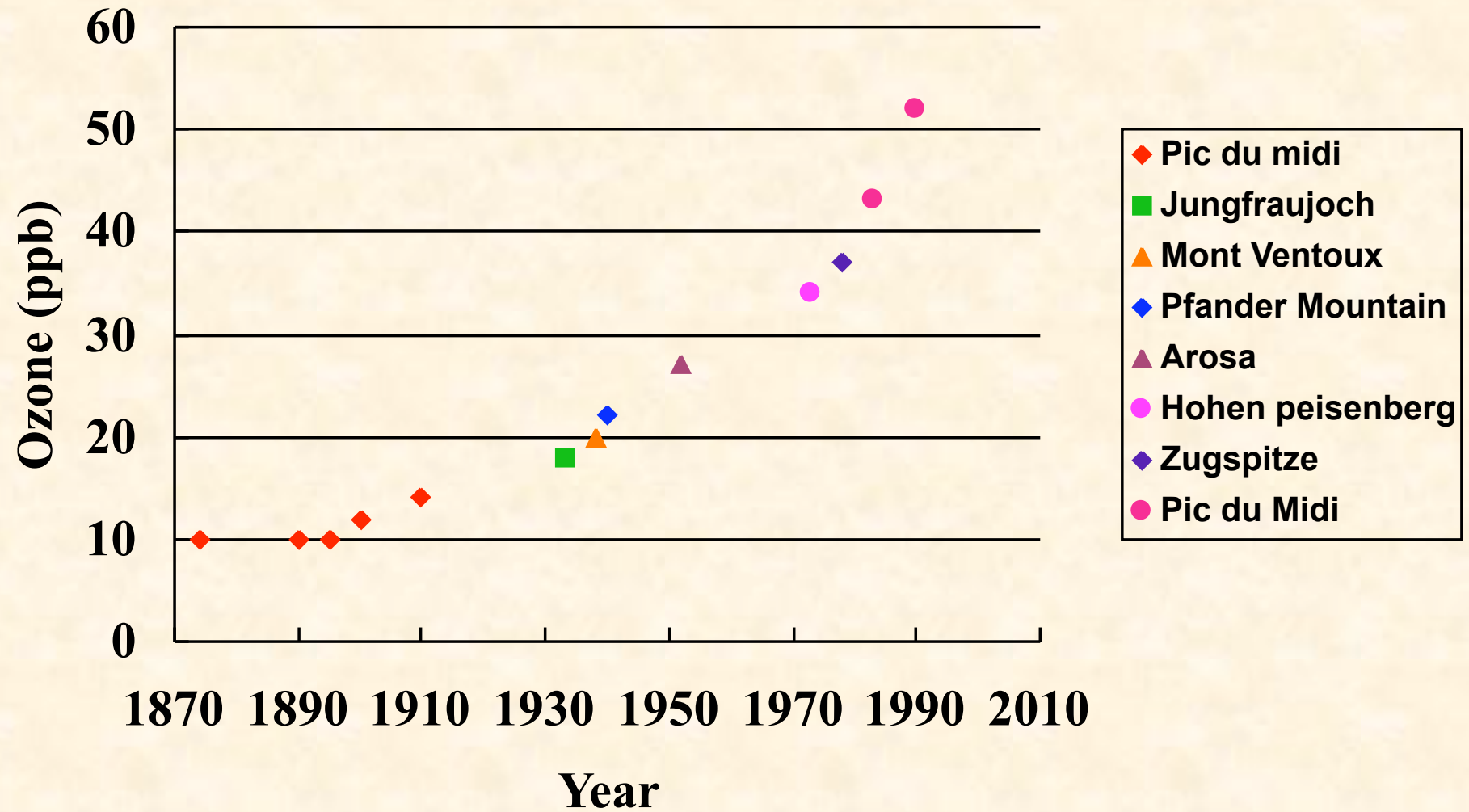
Origine

L'ozone est un polluant secondaire, produit dans la basse atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire lors de réactions chimiques complexes entre certains polluants dits primaires : les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (COV). On parle de **pollution photochimique**. Les variations constatées d'une année à l'autre sont dues essentiellement aux variations climatiques et en particulier à l'ensoleillement. L'ozone a une durée de vie de quelques jours dans les basses couches de l'atmosphère, de sorte qu'il peut être transporté loin de sa zone de production, tout comme ses précurseurs : cette pollution s'observe en général de manière plus intense en été dans les régions périurbaines et rurales sous le vent des agglomérations.



OZONE (O₃)

Evolution since 1870



OZONE (O₃)

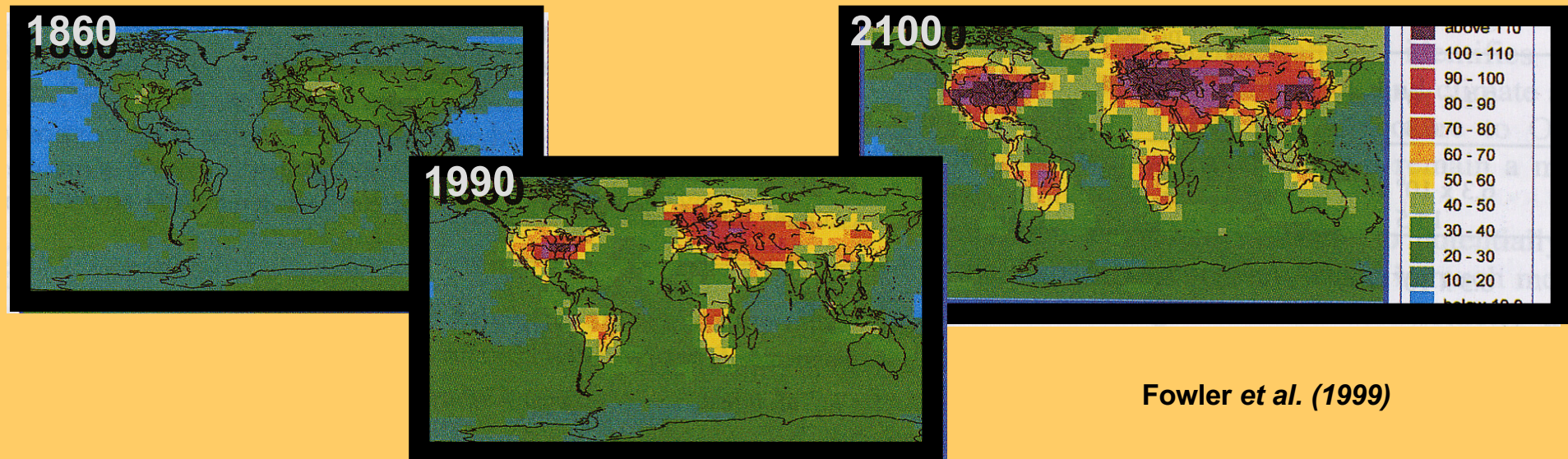
smog



OZONE (O₃)

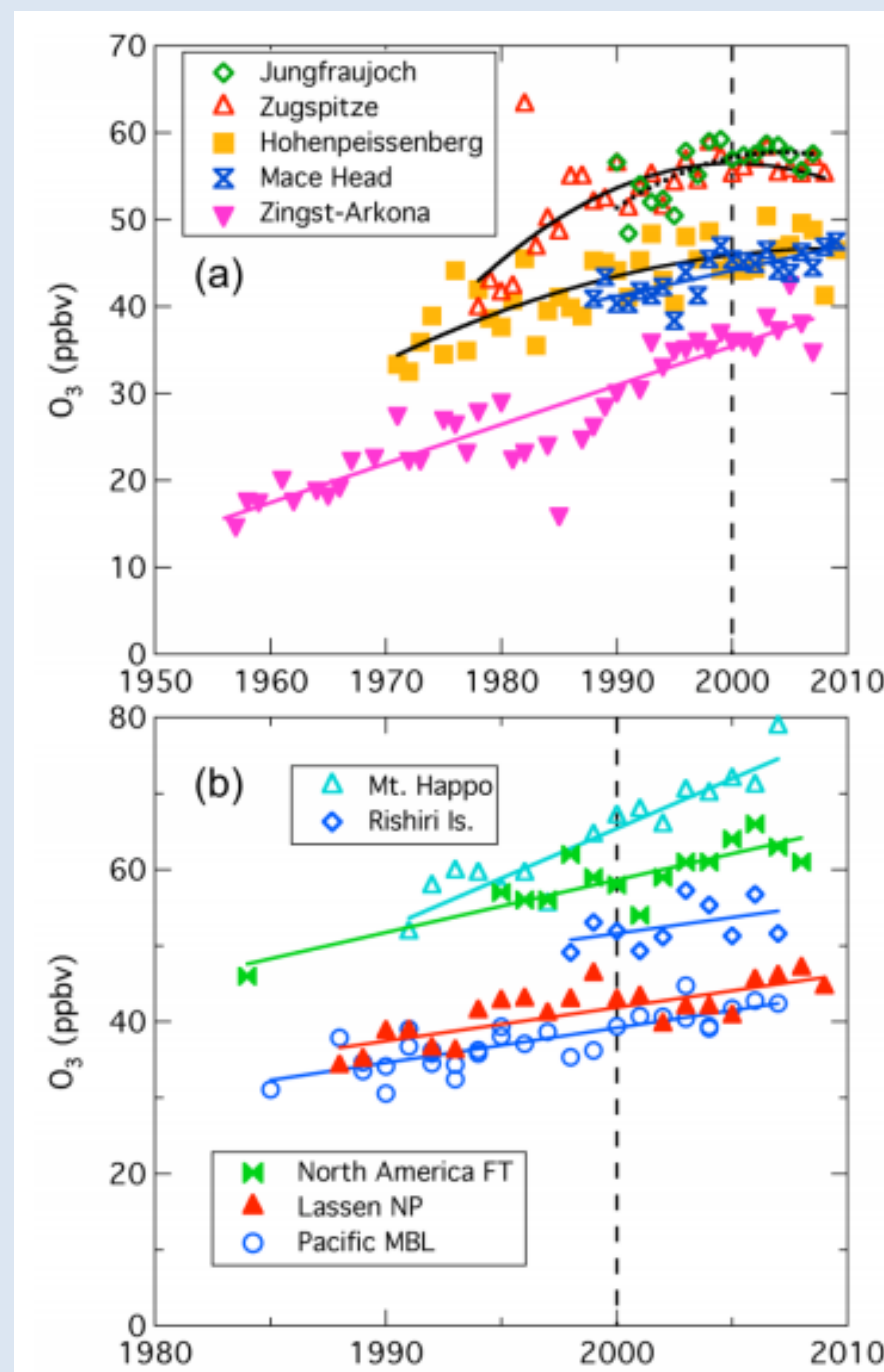
Prognoses for the 21st Century

ppb

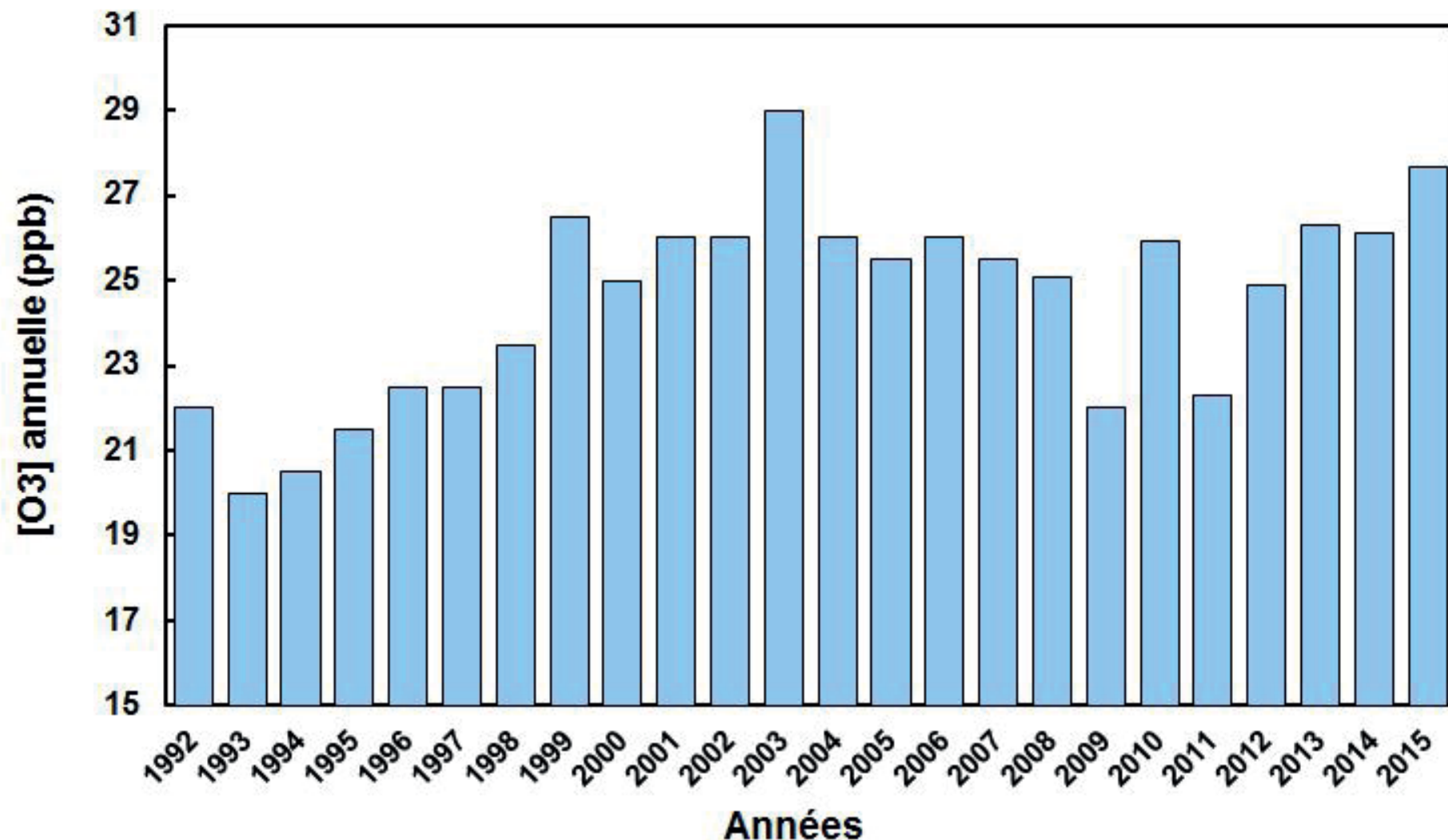


Fowler *et al.* (1999)

OZONE (O₃)



Law K., et al. *Observational Evidence: Ozone and Particulate Matter*,
EMEP SB, 2010



Concentrations moyennes annuelles d'ozone mesurées par les stations de mesure du réseau AIRPARIF situées dans les zones rurales d'Ile-de-France (données AIRPARIF). Si ces concentrations ont fortement augmenté entre 1992 et 2003, on observe depuis une stabilisation des valeurs moyennes.

OZONE (O₃)

Objectif de qualité pour la protection de la santé 120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures pendant une année civile

Objectif de qualité pour la protection de la végétation 6 000 µg/m³.h en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet

Valeur cible pour la protection de la santé humaine 120 µg/m³ maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile (en moyenne sur 3 ans)

Valeur cible pour la protection de la végétation 18 000 µg/m³.h en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet (en moyenne sur 5 ans)

Seuil de recommandation et d'information 180 µg/m³ en moyenne horaire

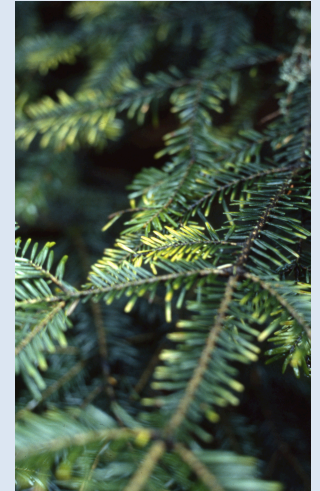
Seuil d'alerte 240 µg/m³ en moyenne horaire

Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence 1er seuil : 240 µg/m³ moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

2e seuil : 300 µg/m³ moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

3e seuil : 360 µg/m³ en moyenne horaire

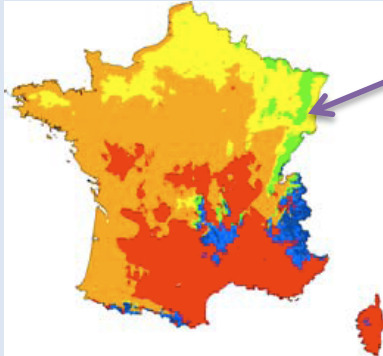
OZONE (O₃) Dépérissement forestier dans les années 1980s



OZONE (O_3)

Spruce experiment

Col du Donon 1



OZONE (O₃)

Col du Donon 2 : ozone + drought



Epicéa
Hêtre
Pin d'Alep
Chênes



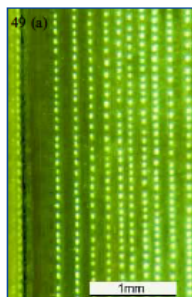
OZONE (O₃)

Epicéa : clone Istebna 25ppb
+ sécheresse



Epicéa : clone Istebna 50 ppb
+ sécheresse

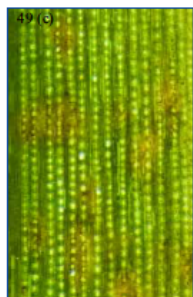




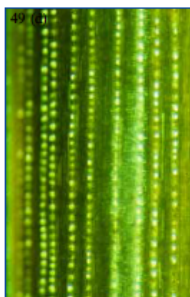
49 (a) *Pinus pinaster* PM 17, aiguille d'une année (C). La face intérieure (plane) est sans marbrure.



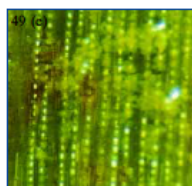
49 (b) Aiguille d'une année. La face extérieure (arrondie) est aussi sans marbrures.



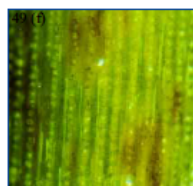
49 (c) Aiguille âgée de deux ans (C+1), face intérieure (plane) avec des taches brunes.



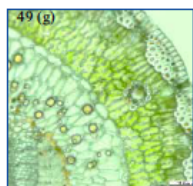
49 (d) Aiguille âgée de deux ans, face extérieure (arrondie) présentant une faible marbrure.



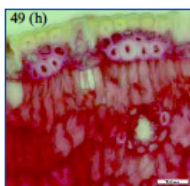
49 (e) *Pinus pinaster* PM 72, face intérieure (plane), âge : 3 ans (c+2), présentant des points nécrosés bruns.



49 (f) Face extérieure (arrondie), âge : 3 ans, présentant des points nécrosés.



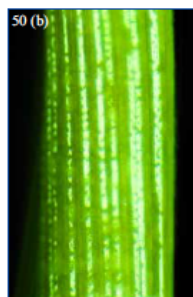
49 (g) *Pinus pinaster* PM 72, coupe sans coloration, d'âge C+1 présentant une décoloration (photo-bleaching) des cellules du mésophylle extérieur.



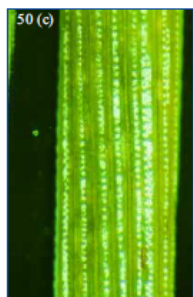
49 (h) *Pinus pinaster* PM 17, le contenu en OPCs (coloration rouge à la vanilline) est faible dans les cellules endommagées (taches brunes dues à l'ozone), voir photo 49c.



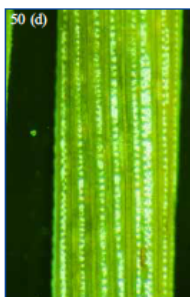
50 (a) *Pinus sylvestris* PS 76, aiguille de l'année (C), face intérieure (plane), sans marbrure.



50 (b) Aiguille de l'année, face extérieure (arrondie), marbrure naissante.

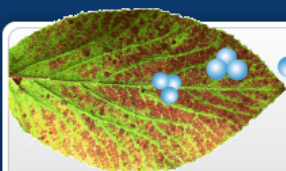


50 (c) *Pinus sylvestris* PS 67a, aiguille de deux ans (C+1), face intérieure (plane), sans marbrure.



50 (d) Aiguille de deux ans, face extérieure (arrondie), marbrure faible.

ULRICH E., DALSTEIN L., GUNTARDT-GOERG M.S., VOLLENWEIDER P., CECCHINI S., VAS N., SJ, BERG K, SKARMAN T., KARLSSON G.P., 2006 : RENECOFOR - Effets de l'ozone sur la végétation, concentrations d'ozone (2000-2002) et symptômes d'ozone sur la végétation forestière (2001-2003). Editeur : Office National des Forêts, Direction Technique, Département Recherche ISBN 2-84207-300-2, 126 p.



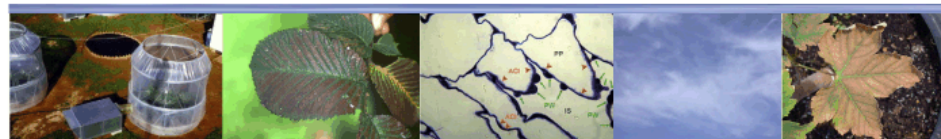
Ozone Injury in European Forest Species

Home

search...

Main Menu

- Home
- How to Recognize Ozone Symptoms
- Visible Injury - Photos
- Microscopic Injury - Photos
- Air Quality Manual - ICP Forests
- FUTMON-RESULTS
- Links
- Contact us
- Downloads



SEE PICTURES OF OZONE INJURY IN FOREST SPECIES

In Europe, ambient ozone levels are high enough to cause visible injury in native species. Assessment of visible injury is a feasible way to detect the impacts of this pollutant in forest plants and to identify potential risk areas. Ozone-induced visible injury has been incorporated in monitoring programmes, and it is surveyed at a pan-European scale under the protocols of ICP-Forests and FutMon (Life+) project.

SEE ALSO PICTURES OF OZONE INJURY IN CROPS

This Web Site is an initiative of Fundación CEAM, in connection with the activities of the Working Group on Ambient Air Quality of ICP-Forests and of the Spanish Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, to provide support for the recognition of ozone symptoms. It contains photodocumentation on ozone-induced visible and microscopic injury in forest plants. Symptoms have been either observed in the field or reproduced experimentally by fumigating plants with enhanced ozone levels in Open Top Chambers.

Suggested Citation: Sanz, M.J. and Calatayud, V. Ozone injury in European Forest Species. <http://www.ozoneinjury.org>.

Last Updated on Thursday, 17 February 2011 13:08

The ICP-Forests Methods for Assessing Ozone-Induced Visible Injury

Wednesday, 11 March 2009 00:07



About this Site

Wednesday, 11 March 2009 12:18



Information included in this Web Site is the result of

Sensibilité à l'ozone des principales espèces cultivées (d'après Mills et al. 2007 et ICP Vegetation, 2011, Ulrich et al. 2006)

Espèces sensibles à l'ozone	Espèces modérément sensibles à l'ozone	Espèces peu sensibles à l'ozone
Blé Soja Cotonnier Haricots, Pois, fèves Navet Oignon Laitue Tomate Pin noir Mélèze Pin sylvestre Pin maritime	Betterave Colza Pomme de terre Tabac Riz Vigne Chou Maïs Luzerne Chêne pédonculé Bouleau Platane	Orge Fraisier Seigle Brocoli Epicéa Hêtre Douglas Erable

Impacts de l'ozone sur le blé en Ile-de-France pour les années 2014 et 2015, estimés à partir des relations dose-impacts fondées sur les AOT40 calculés sur 3 mois, du 1^{er} avril au 30 juin ou du 15 avril au 15 juillet.

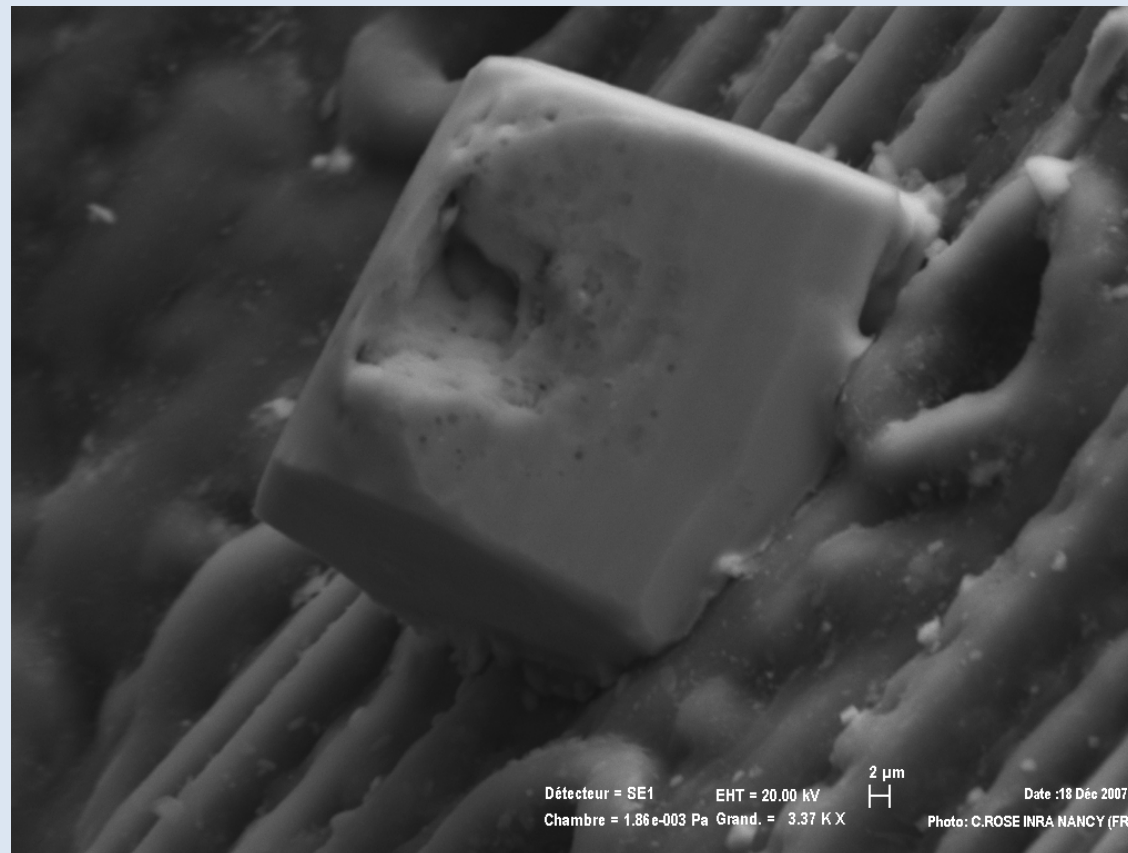
Année	département	Rendement moyen (qx/ha)	AOT40 Moyens (ppm.h)	Perte de rendement estimée (qx/ha)	Coût de la perte (€/ha)	Surface Cultivée en blé (ha)	Coût total (M €)
2014	Seine et Marne	88	3.51	5.9	88	139130	12.2
	Yvelines	83	3.11	5.0	75	38670	2.9
	Essonne	85	4.25	6.7	100	34300	3.4
	Seine St Denis	83	3.62	5.7	85	310	0.03
	Val de Marne	85	3.62	5.8	87	535	0.05
	Val d'Oise	83	3.63	5.7	85	25480	2.17
	Ensemble Région Ile-de-France	86	----	5.8	87	238425	20.7
2015	Seine et Marne	89	5.48	8.8	131	141010	18.5
	Yvelines	87	5.84	9.5	136	39220	5.3
	Essonne	83	6.93	10.1	151	34750	5.3
	Seine St Denis	91	6.05	9.8	147	320	0.05
	Val de Marne	83	5.23	7.8	117	540	0.06
	Val d'Oise	91	6.51	10.5	157	25770	4.04
	Ensemble Région Ile-de-France	88	----	9.2	138	241610	33.2

SOMMAIRE	
CONTENTS	
Les textes sont publiés sous l'entière responsabilité de leurs auteurs. La reproduction et la traduction d'articles ou d'extraits d'articles insérés dans la Revue <i>Pollution Atmosphérique</i> sont formellement interdites sans autorisation du directeur de la publication.	
Authors are entirely responsible for any texts published. Any reproduction or translation of articles or extracts published in the Journal <i>Pollution Atmosphérique</i> is expressly forbidden without permission from the Director of the Journal.	
ÉDITORIAL	
ADEME / MAAF / APCA	7
INTRODUCTION	
Agriculture, qualité de l'air et environnement : une mise en perspective globale	
Lionel CHARLES	9
LES ENJEUX SOCIÉTAUX	
Agriculture et environnement : entre attermoissements et régulations européennes. Cent fois donc sur le métier...	
<i>Agriculture and environment: between procrastination and European regulations. To try, try, try again...</i>	
Helga-Jane SCARWELL	29
Évolution des émissions, de la qualité de l'air et des dépôts atmosphériques dans les espaces ruraux, notamment forestiers	

Pollution par les sols

Problème sel de déneigement

Les arbres récupèrent aussi les métaux lourds :
concentration dans les sols et inversement
(phytoremédiation)



Allergénicité des pollens augmentée

La pollution atmosphérique accroît les effets des pollens :

- Elle rend les pollens plus allergènes.
- La sensibilité des individus aux pollens est accrue lors des épisodes de pollution.
- Elle peut contribuer à l'accroissement de la période de pollinisation



Conclusions

La pollution par les **particules fines** est certainement, avec l'**ozone**, le principal problème sur lequel la vigilance doit rester fortement mobilisée, du fait de leur impact sur la santé humaine mais aussi sur le bâti et les écosystèmes. La lutte contre cette forme de pollution est toutefois plus complexe du fait de la diversité des sources à considérer (sources directes comme les transports, l'industrie, la combustion du bois... mais aussi sources indirectes, les particules pouvant se former à partir de gaz émis dans l'atmosphère).