

# La pollution des sols et des végétaux à proximité des routes

## Les éléments traces métalliques (ETM)

Économie  
Environnement  
Conception

73

La multiplicité des sources de pollution pouvant contaminer les sols et les végétaux aux abords des infrastructures (pollution de proximité <500 m) et l'absence de normes françaises rendent difficile l'établissement des bilans de pollution aux abords des infrastructures.

Pourtant, ces bilans de pollution sont nécessaires à la réalisation des études d'impacts "sol" rendues obligatoires par le décret n°93-245 du 25 février 1993, qui précise la notion d'environnement et transpose en droit interne les prescriptions de la directive CEE n°85-337 du 27 juin 1985 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.

Cette note d'information a pour objectif de fournir des références et des éléments pour faciliter la réalisation des études d'impact "sol", et plus précisément, pour permettre la prise en compte de la pollution atmosphérique de proximité par les éléments traces métalliques, autrefois désignés **métaux lourds**.

Les études sur lesquelles cette note d'information s'appuie ont été réalisées sur des voies supportant des trafics de référence allant de 20 000 à 80 000 véhicules par jour.

### Sommaire

1. Les éléments traces métalliques . . . . .	2
2. Éléments pour la réalisation des études d'impacts sol . . . . .	3
3. Mesures envisageables. . . . .	11



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



ministère  
de l'Équipement  
des Transports  
de l'Aménagement  
du territoire  
du Tourisme et  
de la Mer

## 1. Les éléments traces métalliques

Les sources d'émissions d'Éléments Traces Métalliques (ETM), sont multiples : l'industrie, le chauffage, les transports mais également les pratiques agricoles, les boues et les composts urbains et l'altération de la roche mère.

La circulation automobile et les infrastructures routières constituent aussi des sources d'ETM mais la pollution par les ETM ne représente qu'une fraction de la pollution chronique provenant des véhicules en circulation et de l'usure des équipements de la route.

Provenance	Éléments Traces Métalliques
Carburant : anti-détonnant	Plomb (Pb) – Alkyles de Plomb
Lubrifiant : additifs	Molybdène, Zinc (Zn), Cadmium (Cd), Baryum, Cobalt
Pneumatiques : stabilisant des caoutchoucs	Cadmium, Zinc
Catalyseur	Platine, Palladium, Chrome, Nickel
Équipement de protection : glissière, clôture, usure de la chaussée	Zinc, Cadmium, Manganèse, Chrome (Cr)
Pièces d'usure des véhicules : freins	Zinc, Cadmium, Cuivre (Cu), Chrome, Manganèse

Tableau 1 : principales sources d'ETM engendrées par les véhicules et les voies de circulation.

Les ETM sont transportés sous forme particulaire ( $\text{Ø} > 100 \mu\text{m}$ ) associée aux aérosols ( $\text{Ø} < 100 \mu\text{m}$ ). Ces "poussières", générées par les véhicules et par l'infrastructure, sont dispersées par voie atmosphérique : une fraction (10 %) reste sur la chaussée et 90 % sont dispersés par voie aérienne.

Les ETM retombent plus ou moins rapidement au sol sous l'effet de la gravité. Ils participent alors à la pollution atmosphérique de proximité (<500m) de type chronique. La pollution atmosphérique de proximité par les ETM est un sujet de préoccupation récent, les travaux sur les facteurs d'émission et de dispersion sont peu nombreux ou peu diffusés.

### Quels sont les enjeux du suivi des ETM ?

Les enjeux soulevés par les émissions d'ETM sont principalement sanitaires et ils sont liés à leur persistance dans le milieu naturel, à leur caractère bioaccumulateur dans l'environnement et à leurs effets sur la santé.

En effet, si certains ETM indispensables à la vie (les oligo-éléments : le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le fer (Fe)) doivent être présents dans notre alimentation à petites doses, d'autres, comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd), sont toxiques même à très petites doses.

Les voies de pénétration des ETM dans l'organisme sont la respiration, sous forme de fines particules et d'aérosols enrichis en composés métalliques, et l'alimentation par la consommation de végétaux contaminés par des dépôts de poussières ou d'animaux ayant bio-accumulé des ETM. L'absorption d'eau de boisson contaminée par les ETM est une troisième voie de contamination, elle ne relève pas de la pollution atmosphérique de proximité et ne sera pas détaillée dans ce document, mais elle ne doit pas être ignorée.

En entrée de ville, les jardins familiaux, les potagers privés, les parcs et jardins privés ou publics, voire les terrains de jeux (risque d'ingestion de sol, contact cutané, inhalation de particules) situés aux abords des grands axes de circulation sont exposés à des flux d'ETM d'origines diverses et constituent des situations très sensibles.

Les situations à risques surgissent lorsque la voie est proche du terrain naturel (peu d'emprise) avec en bordure des cultures spécialisées (maraîchage, vergers, vignobles, tabacs), biologiques, industrielles sous contrat ou labellisées<sup>(\*)</sup>.

<sup>(\*)</sup> Certaines sociétés agroalimentaires et parfois la grande distribution imposent, en application du principe de précaution et pour l'image de marque, un recul des cultures de 400 à 1 000 m par rapport à la voie.

## Quels éléments considérer lors des études et pourquoi ?

### Le plomb (Pb)

C'est un polluant primaire persistant, sa durée de vie dans le sol est de 1 700 ans, il peut être bioaccumulé dans les chaînes alimentaires et il est toxique pour l'homme.

La généralisation des carburants sans plomb (depuis janvier 2000) entraîne une baisse significative de la pollution plombée. Mais, le plomb est encore présent dans les lubrifiants, les pneumatiques, freins, et les sels de déverglaçage (3,3 mg/kg de NaCl). Le plomb reste donc un traceur de la circulation et de l'étendue de l'aire sous influence routière : il ne doit pas être perdu de vue.

### Le cadmium (Cd)

Le Cd est un toxique très actif.

L'émission de cadmium est très faible en quantité mais elle se poursuivra en raison de l'utilisation de stéarate de cadmium comme stabilisant des caoutchoucs et d'additifs des lubrifiants. Le cadmium est également une impureté liée au zinc et les aciers zingués relarguent du cadmium.

### Le zinc (Zn)

Les émissions automobiles de zinc correspondent aux additifs utilisés dans les lubrifiants, mais la source la plus importante de zinc provient des glissières de sécurité et des clôtures. Le zinc est un indicateur des niveaux d'équipements de la route, c'est aussi un traceur de l'aire d'influence routière.

Toxique à dose élevée, il doit être suivi dans les évaluations d'impact.

La recherche des dérivés du platine, le vanadium, le palladium, le chrome, le nickel, le cobalt est à valider sur le plan méthodologique (recherche en cours) en raison de leur toxicité et de leur introduction récente dans l'environnement routier.

## 2. Éléments pour la réalisation des études d'impacts sol

L'article 19 de la loi sur l'air n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, dite loi LAURE, a apporté des compléments sur le contenu des études d'impact des projets d'infrastructures routières défini par la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature.

Aux termes de l'article 19 précité, tous les projets requérant une étude d'impact, doivent établir "une étude des effets du projet sur la santé" et présenter les mesures envisagées pour supprimer, réduire, et si possible compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement et "la santé".

Une modification de la note méthodologique et de l'annexe technique sur le volet "air" des études d'environnement dans les projets routiers, éditée en 2001 par le Certu et le Sétra, a été proposée à la Direction Générale de la Santé (DGS). Cette nouvelle note méthodologique inclut l'adaptation aux spécificités des projets d'infrastructures, des recommandations du guide méthodologique réalisé par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), relatif à l'analyse critique du volet sanitaire des études d'impact. Elle permettra de mieux réaliser l'évaluation des risques sanitaires (ERS) liés à la pollution de l'air engendrée par les projets.

Une méthodologie complémentaire est en cours d'élaboration pour le volet "sol" des études d'impact, elle devrait permettre une meilleure prise en compte de la déposition sur les sols de la pollution atmosphérique générée par le projet.

Certaines recommandations peuvent d'ores et déjà être prise en compte afin d'améliorer les volets "sol" des études d'impact, elles sont explicitées ci-après.

## Une étape importante : l'état initial

Lors d'un projet neuf ou lors la requalification d'une voie existante, il est primordial de réaliser un état initial de la pollution du sol, dès l'étude préliminaire et jusqu'au projet de définition, avec un niveau de précision grandissant.

Cet état initial permet d'identifier les sites exposés, de connaître la situation avant travaux, de fournir des informations lors des concertations et de réaliser les suivis et les bilans.

Les enjeux de la pollution atmosphérique de proximité ne s'exercent pas de la même manière selon que le projet s'inscrit dans un secteur de culture industrielle ou traverse des productions spécialisées. Les entrées de villes sont étudiées précisément (fort trafic, faible empreise, véhicules circulant moteur froid).

## Comment échantillonner ? : la méthode des transects

La méthode consiste, dans l'aire d'étude, à cartographier les zones homogènes (figure 1) en croisant des données telles que la pédologie, la climatologie (vent dominant) la topographie (qui renseigne sur l'importance des emprises), l'occupation des sols (grande culture, jardins, vergers, etc...) les sources de pollutions, fixes et mobiles. Ces éléments sont recherchés dans les études d'environnement.

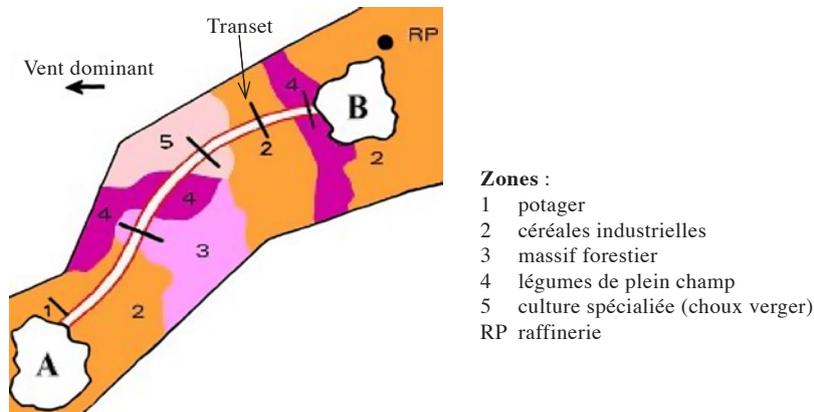


Figure 1 : exemple de cartographie d'une zone d'étude avec positionnement des transects

Dans chaque zone homogène sont implantés un ou plusieurs transects (figure 2) de manière à caractériser la zone lors des études, ou l'impact de l'aménagement lors du suivi :

- un demi transect est établi dans les jardins familiaux (zone 1) en périphérie de l'agglomération A ;
- un transect permet de caractériser les terrains à céréales (zone 2) proches de B que l'on considère comme représentatifs des mêmes zones de production céréalière proche de A ;
- un transect est prévu en forêt, un dans les vergers et deux dans les zones de productions de légumes de plein champ, pour distinguer les zones de production périphérique à la ville et à la raffinerie de celles situées en rase campagne.

### Composition d'un transect

Sur chaque transect (figure 2), des "stations" sont implantées à 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320, (témoin à 500 m).

En milieu urbain la longueur du transect est à adapter au cas par cas, et il faut veiller à multiplier le nombre de témoins. Le GPS permet un positionnement précis du transect.

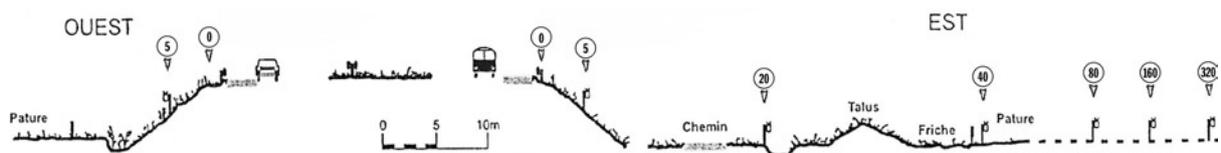


Figure 2 : exemple de composition d'un transect en fonction de la distance à la voie

## Station de prélèvement

Les charges en ETM peuvent être mesurées dans l'air à partir de collecteurs totaux ou jauges d'OWEN, dans les végétaux (bio indication végétale) sur des cultures standardisées (transplants ou ray-grass) ou sur des végétaux autochtones, et dans les sols de surface (0-10 cm).

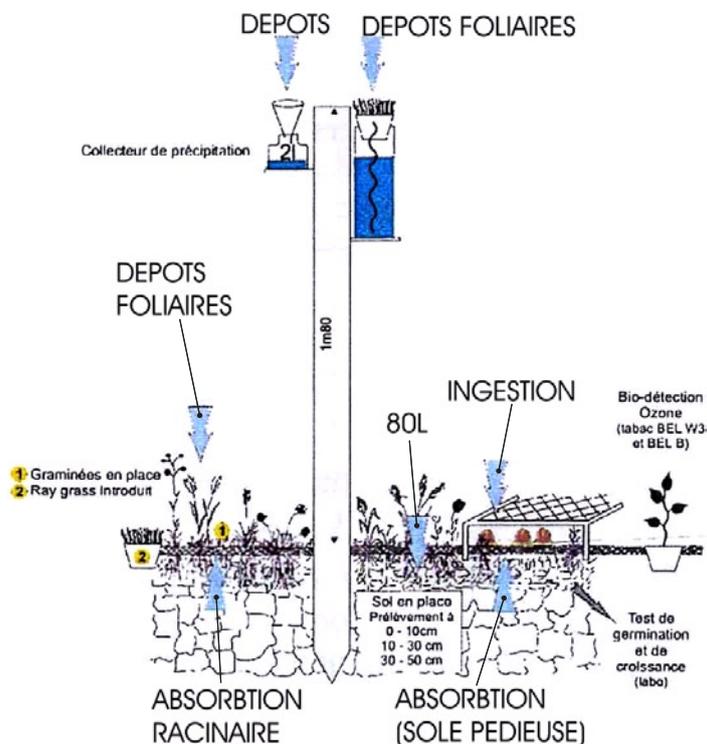


Figure 3 : exemple d'une station de prélèvement

Les moyennes des flux de déposition observées sont influencées par l'environnement de la voie. Ainsi, en milieu urbain il est difficile de faire la part entre la pollution d'origine routière et celle provenant d'autres sources de pollution.

## Recommandations

Le principe de précaution recommande d'écarter le projet des situations à risques, dans l'exemple figure 1 ce sont les zones 1, 5, 4.

Lorsqu'une situation à risque est identifiée, il est nécessaire de multiplier les investigations et de "serrer" les points de mesure (jardins familiaux ou publics, vignoble, vergers, zones Natura 2000). Une communication prudente doit être engagée avec les partenaires sur la base de données objectives.

Pour les sols et les végétaux les méthodes de prélèvement, d'échantillonnage, d'extraction jouent un rôle essentiel. Il est recommandé de travailler avec des laboratoires spécialisés (INRA, INERIS, BRGM, CNRS) ou privés ayant une expérience confirmée et, de se conformer à des méthodologies de référence telles que :

- teneurs totales en éléments métalliques dans ces sols – INRA 1997 [1] ;
- échantillonnage des sols pour caractérisation d'une pollution – BRGM 1993 [2] ;
- bio-surveillance végétale de la qualité de l'air – Ed. Techn. et Doc. Lavoisier 2002 [3].

En raison de la variabilité des résultats analytiques, deux campagnes d'analyses sont nécessaires pour caractériser une station. De plus, il faut s'assurer de la précision des méthodes d'analyses car les limites de quantification doivent permettre des comparaisons avec des valeurs réglementaires parfois très faibles.

## Que montrent les études antérieures ?

### L'influence prépondérante du trafic et de la distance à la voie

Les quantités de plomb recueillies sont directement liées à l'intensité du trafic durant l'exposition des échantillonneurs (figures 5 et 6). Les protocoles simplifiés d'observation des ETM ne confirment pas les variations des émissions saisonnières.

Les teneurs en ETM diminuent avec la distance à la route mesurés à partir de la BAU. Cette relation se vérifie pour tous les métaux présents dans l'air, le sol et les végétaux.

Les fortes teneurs observées affectent les 20 à 40 premiers mètres correspondant aux dépendances vertes (non cultivées). En rase campagne on admet que des emprises larges (20 à 40 m) retiennent une part très importante des émissions d'ETM.

#### En bref :

- le dépassement des valeurs guides(\*\*) survient dans les 5 à 20 premiers mètres dans les emprises ;
- la diminution est rapide dans les 20 à 40 premiers mètres, au delà l'abattement des charges est plus lent ;
- Le bruit de fond est généralement atteint entre 40 et 80 m, selon la nature des paramètres qui influencent la dispersion.

### L'influence de la météorologie du site

Le vent est le principal facteur de transport et de dispersion des ETM, sa direction détermine l'axe de transport maximum. A contrario, les précipitations réduisent les distances de transport et favorisent la déposition sur ou à proximité de la voie.

Mais le transport et la dispersion des ETM sont aussi influencés par la morphologie de la route : le profil en travers de la voie.

Une structure de voie en remblai favorise la dispersion. C'est le côté "sous le vent" qui reçoit le plus de charge en polluants.

Une morphologie de voie en déblai limite la dispersion (confinement), un "effet tunnel" est observé en sortie de déblais importants. C'est le côté "au vent" qui est le plus exposé à la pollution, la turbulence de l'air provoquée par les véhicules en mouvement favorise probablement la déposition sur la partie supérieure des déblais.



Figure 4 : influence de la direction du vent et du profil en travers sur les dépôts de plomb ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ )  
Somme des valeurs à 5, 20 40, 80 m sur des parties en remblais et en déblais. A31 Sud – 42 000 Véhl/j  
– Février 98.

De façon générale, les charges déposées sont plus importantes en remblai qu'en déblai parce que :

- en remblai, les glissières de sécurité relarguent du zinc qui contamine le sol par ruissellement,
- en déblai, du fait du confinement les particules peuvent être lessivées et évacuées pas le système d'assainissement.

D'autres facteurs secondaires peuvent aussi influencer sur le transport et la dispersion des ETM comme les caractéristiques de la chaussée (les chaussées poreuses peuvent piéger des ETM) et la présence de couvert végétal (la canopée peut intercepter une partie de la déposition).

(\*\*) Valeur indicative, seuil de référence (d'alerte), seuil d'anomalie (d'investigation), valeur limite, seuil d'intervention (dépollution).

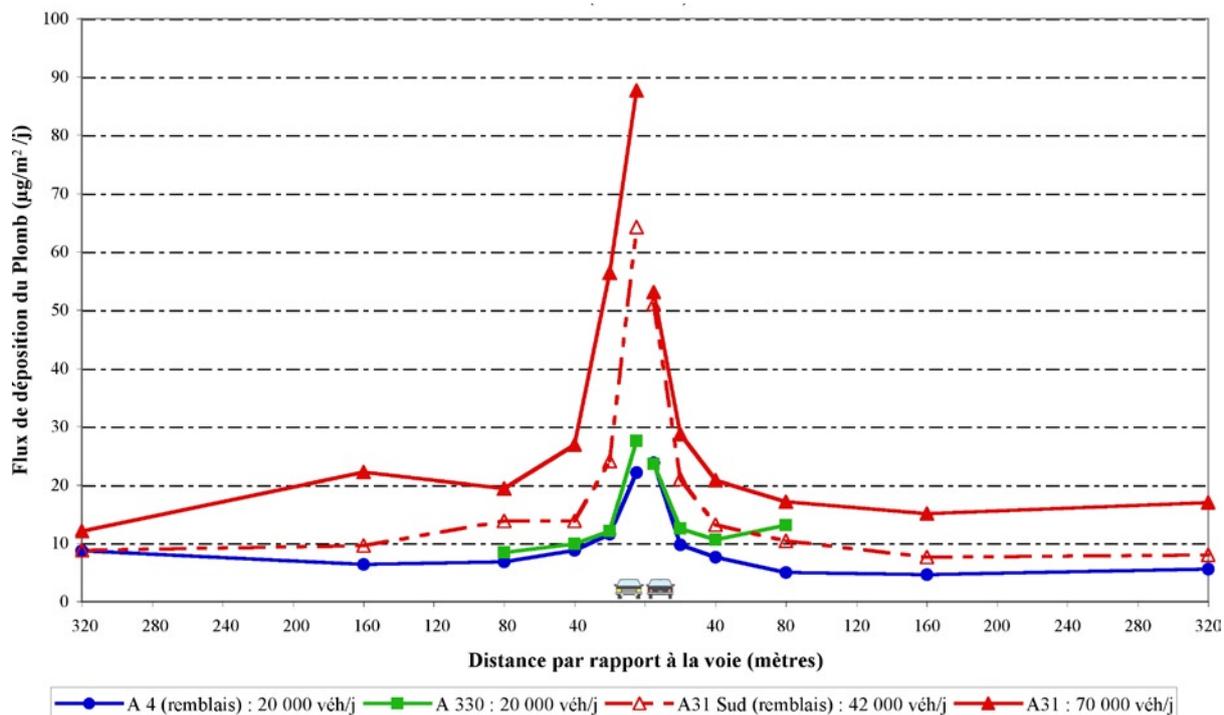


Figure 5 : évolution des charges de plomb déposées en fonction de la distance à la voie et des niveaux de trafic

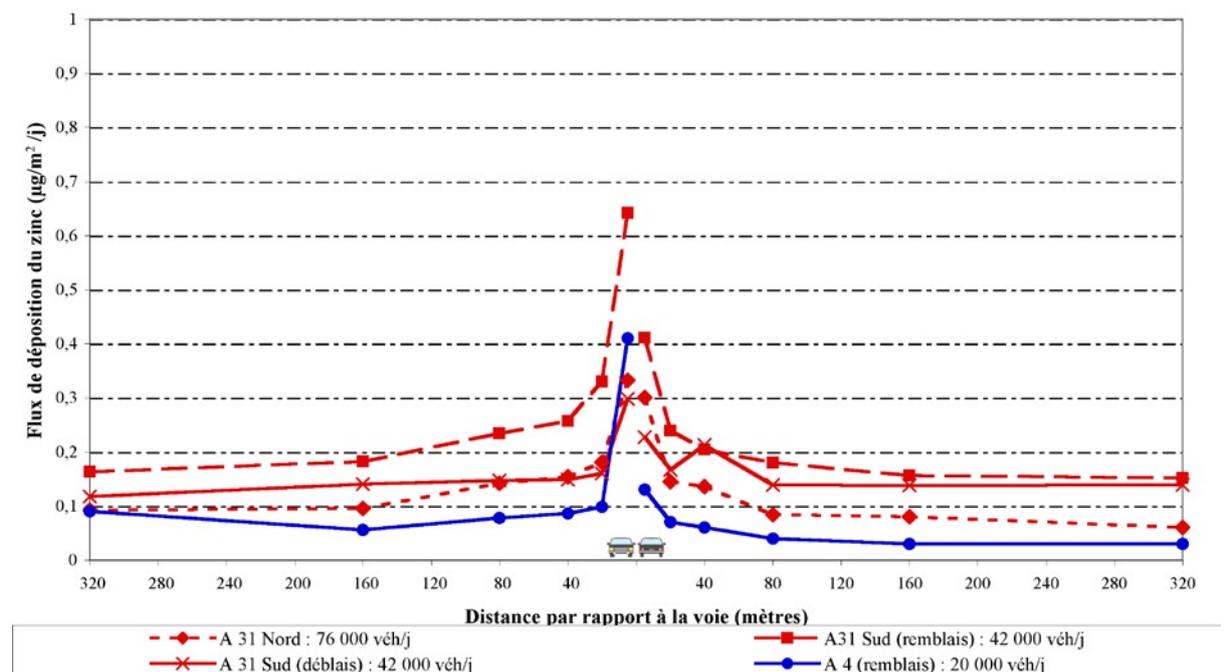


Figure 6 : évolution des charges de zinc déposées en fonction de la distance à la voie et des niveaux de trafic.

### Des flux de déposition importants en entrée de ville

L'essentiel de la déposition se réalise dans les 20 premiers mètres. Au delà, les flux de déposition continuent de décliner pour atteindre le bruit de fond de la région à des distances variables (20 à 320 m) selon l'élément trace, les caractéristiques du site et les trafics.

Les moyennes des flux de déposition observées sont, en rase campagne, inférieures aux valeurs limites suisses de la norme OPAIR pour le plomb et le cadmium.

À trafic égal les charges en plomb sont trois fois plus élevées en entrée de ville, les charges en zinc, cinq fois plus importantes. Les charges en cadmium sont très élevées.

Σ des valeurs observées à 5, 20, 40 et 80 m sur un côté de la voie	charges déposées (µg/m <sup>2</sup> /j)		
	Pb	Zn	Cd
<b>Autoroutes</b>			
A31 (rase campagne) 76 000 véh/j	119	802	1,98
A31 (entrée de ville) 80 000 véh/j	322	2 970	40,00
A4 (entrée de ville) 70 000 véh/j	348	4 590	43,60
Norme Suisse OPAIR (1985)	100	400	2

Tableau 2 : comparaison entre les charges déposées en rase campagne et en entrée de ville.

### Références disponibles

L'ordonnance sur la protection de l'air en Suisse adoptée le 16 décembre 1985 (OPAIR) prévoit en son article 2 (5<sup>ème</sup> alinéa) des valeurs limites d'immission dans l'atmosphère, c'est-à-dire une charge polluante admissible dans l'air (<http://www.admin.ch/ch/f/rs/8/814.318.142.1.fr.pdf>).

### Une possible bioaccumulation dans les végétaux à surveiller étroitement

L'évaluation des dépôts dans le compartiment végétal renseigne sur la qualité de l'alimentation humaine (fruit, légumes) ou animale (fourrage). Elle utilise la capacité de certains végétaux (mousses, graminées, feuilles des arbres, choux, salades...) à accumuler en surface ou dans l'organisme des substances qui se retrouvent ainsi à des concentrations supérieures à celles de l'air ou du sol (bio-accumulation). Les modes de contaminations varient selon l'élément : le plomb contamine le végétal en surface, le zinc est assimilé, le cadmium est absorbé par les racines. L'absorption est favorisée par les pluies acides qui solubilisent les ETM.

Comme pour les dépôts de l'air, les teneurs en ETM diminuent avec la distance à la voie (figures 7 et 8).

Les concentrations des graminées autochtones sont deux à quatre fois plus faibles que celles des transplants. Ce résultat suggère des mécanismes d'autorégulation.

Les normes allemandes pour les fourrages ne sont pas atteintes en rase campagne (ni en termes de moyenne, ni en termes de pic). En France, la valeur limite de l'arrêté du 16 mars 1989 qui réglemente la vente des fourrages n'est jamais atteinte.

### Références disponibles

	Norme allemande pour les fourrages Bundesrepublik Deutschland, Futtermittelverordnung 1992	Arrêté du 16 mars 1989 pour les fourrages
Teneurs limites	mg / kg	mg / kg
Pb	10	45
Cd	0,5	1,13

Tableau 3 : teneurs limites dans les fourrages

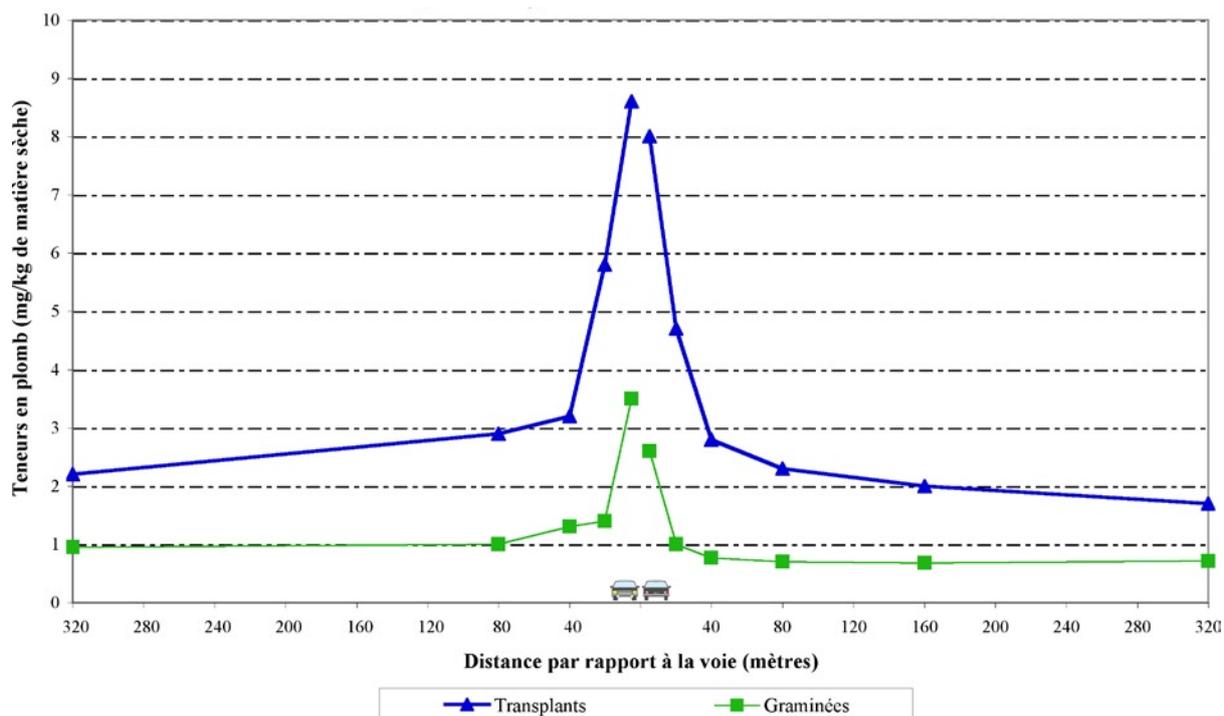


Figure 7 : comparaison des teneurs en plomb dans les transplants et les graminées autochtones de la A31 - en fonction de la distance à la voie.

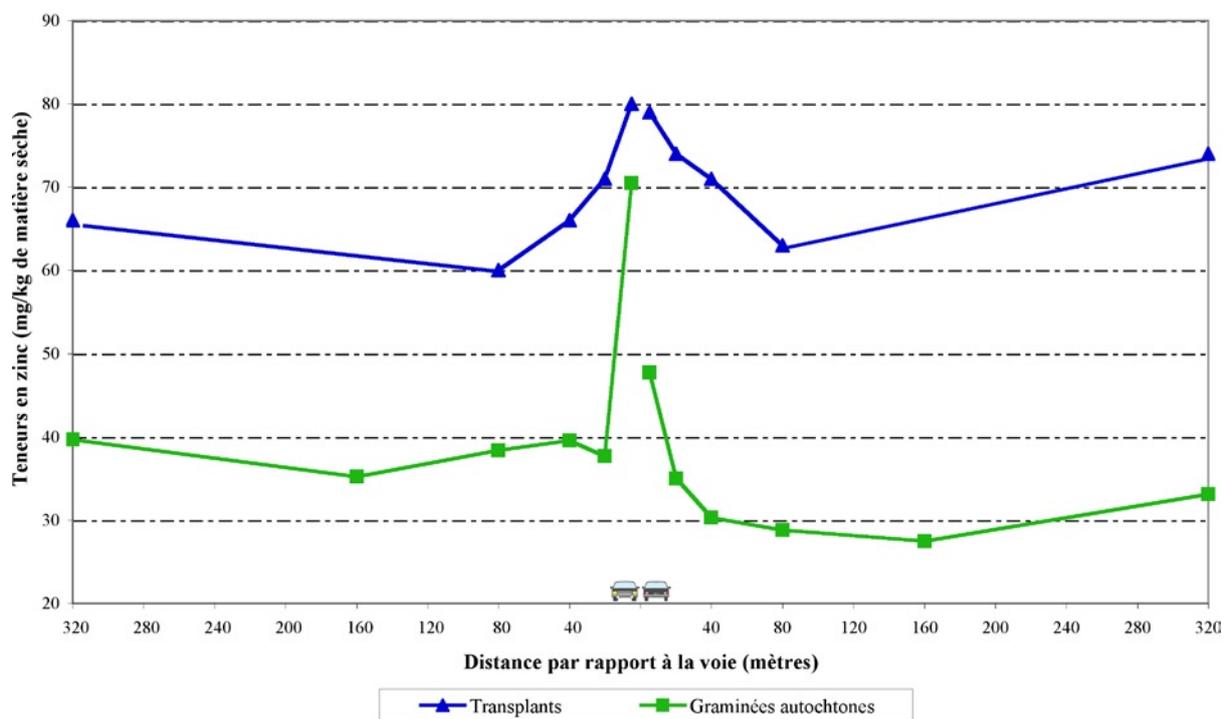


Figure 8 : comparaison des teneurs en zinc dans les transplants et les graminées autochtones de la A31 - en fonction de la distance à la voie.

### Une pollution caractérisée dans les 10 premiers centimètres du sol

L'analyse des sols de surface (contamination historique) est complémentaire de l'analyse des végétaux (contamination récente). En absence de contamination, les sols se caractérisent par leurs teneurs naturelles en éléments traces ou "fond" géochimique.

Une évaluation des teneurs moyennes en métaux lourds des sols communément rencontrés en France est disponible sur le site du programme INRA-ASPITET (<http://etm.orleans.inra.fr/webetm2.htm>).

C'est dans le sol, au niveau des emprises (0 – 20 m), qu'une pollution caractérisée s'observe dans les dix premiers centimètres et que les teneurs en plomb et zinc dépassent le plus souvent les valeurs guides les plus sévères (y compris en valeurs moyennes). La corrélation avec la distance à la voie est établie jusqu'à 80 – 160 m.

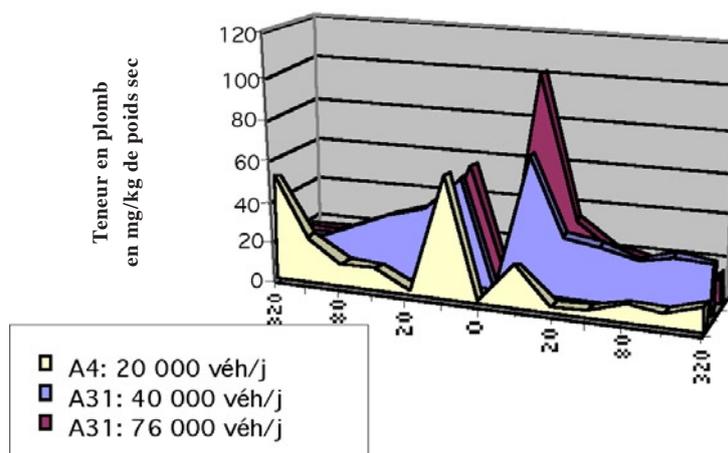


Figure 9 : évolution des charges de plomb déposées en fonction de la distance à la voie et des niveaux de trafic.

En rase campagne, les teneurs supérieures aux normes s'observent dans les emprises (rarement au delà). En entrée de ville, l'arrêté du 08 janvier 1998, concernant les sols agricoles recevant des boues, est dépassé de manière constante de 5 à 90 m pour le plomb (valeurs en plomb comprises entre 110 et 242 mg/kg de poids sec).

	A31(entrée de ville)	A31(rase campagne)	A31(rase campagne)	A4(rase campagne)
Trafic	80 000	42 000	76 000	20 000
5 m	110	847	33	709
10 m	205	157	53	89
20 m	180	36	50	49

Tableau 4 : teneurs en plomb dans les sols (0 – 10 cm) en mg/kg de poids sec

### Références disponibles

En France, l'arrêté du 8 janvier 1998 fixe des valeurs limites de concentration en ETM dans les sols à vocation agricole. Cet arrêté est le seul texte de référence Français sur lequel s'appuyer pour vérifier s'il existe ou non un dépassement des valeurs limites de concentration de métaux lourds dans les sols.

En Suisse, l'ordonnance sur les atteintes portées au sol (O.sol : ordonnance du 1<sup>er</sup> juillet 1998 - [http://www.admin.ch/ch/f/rs/814\\_12/app1.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/814_12/app1.html)) fixe des valeurs indicatives, des seuils d'investigation et des valeurs d'assainissement qui, lorsqu'ils sont dépassés entraînent différentes mesures qui peuvent aller de l'interdiction de l'usage à une dépollution du site.

Valeur limite	Arrêté du 8.01.98 en mg/kg de matière sèche
Pb	100
Zn	300
Cd	2

Tableau 5 : valeurs limites de concentration en éléments-traces dans le sol (Arrêté du 8 janvier 1998, Annexe I, tableau 2).

Valeur indicative	Teneurs totales	Teneurs solubles
Cadmium	0,8	0,02
Plomb	50	-
Zinc	150	0,5

Tableau 6 : norme Suisse O.sol, valeurs indicatives calculées dans un échantillon des 20 premiers centimètres du sol. unités du tableau en fonction du pourcentage de matière organique contenu dans le sol :  
 – jusqu'à 15 % : mg/kg de matière sèche;  
 – au-dessus de 15 % : mg/dm<sup>3</sup> de matière sèche

### Comment prévoir les impacts de cette pollution ?

Actuellement, il est très difficile de prévoir les impacts de cette pollution à proximité des voies. Des travaux sont poursuivis pour mieux les préciser et perfectionner les méthodes d'évaluations du risque environnemental puis ultérieurement du risque sanitaire. Ce sont la généralisation des mesures et la valorisation des résultats qui amélioreront la connaissance et les outils méthodologiques.

La seule alternative est la comparaison entre les données recueillies et des situations ou des normes existantes. La création d'une base de données regroupant les résultats des études déjà réalisées serait un outil très utile pour estimer les niveaux de pollution prévisibles par comparaison et extrapolation.

A cette fin, rappelons qu'il est obligatoire d'engager des études de pollution de proximité sur tous les projets neufs quels que soient les trafics car, même à faible trafic, la circulation émet des substances chimiques persistantes non biodégradables et bio-accumulables dans l'environnement et les chaînes alimentaires.

Le Sétra souhaite collecter rapidement des données fiables et diversifiées qui alimenteront cette base de données et permettront la réalisation d'abaques.

## 3. Mesures envisageables

Elles sont peu nombreuses. La plus efficace est de s'éloigner des zones à risque (mesure d'évitement).

Les mesures de réductions consistent à :

- réaliser des écrans (végétaux et/ou acoustique), des merlons plantés ;
- augmenter la profondeur des dépendances vertes et créer des zones tampons faisant office de pièges à poussières ;
- imposer des marges de recul minimales (20 à 40 m de la bande d'arrêt d'urgence) ;
- accompagner financièrement les exploitants au titre des changements de productions à proximité des infrastructures.

## Bibliographie

- [1] Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols : références et stratégies d'interprétation – Denis Baize, INRA éditions 1997.
- [2] Échantillonnage des sols pour caractérisation d'une pollution : guide méthodologique – M. Pellet. & L. Laville-Timsit, BRGM 1993 - RR-37865-FR.
- [3] Bio surveillance végétale de la qualité de l'air – J.P.Garrec & Van Haluwyn, C. Tec & Doc, 2002.
- [4] Pollution des sols aux abords des infrastructures routières – P. Charbonnier. BRGM, octobre 1997.
- [5] Autoroute A31 : Évaluation de la pollution de proximité par les métaux traces et les hydrocarbures aromatiques polycycliques – B. Claveri, Biomonitor, février 1999.
- [6] La pollution en bordure d'autoroute et son impact sur la végétation – N. Malbreil, INPL/Université Nancy I, septembre 1997.
- [7] Jardins familiaux et pollution atmosphérique de proximité d'origine routière – O. Massounie, ENSAIA, 2001.
- [8] Contribution à l'étude de la pollution atmosphérique autoroutière – S. Promeprat-Quotbi, Université de Metz, octobre 2001.
- [9] Caractérisation de la contamination des sols et des végétaux par les métaux lourds et les hydrocarbures – J.P. Boudot, CNRS Centre de Pédologie Biologique Nancy (Non daté).
- [10] Note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers, volet "Air" et son annexe – Sétra/Certu, juin 2001.

### Rédacteurs

- Jean **Carsignol** – CETE de l'Est – téléphone : 33 (0)3 87 20 46 14 - télécopie : 33 (0)3 87 20 46 49  
mél : [jean.carsignol@equipement.gouv.fr](mailto:jean.carsignol@equipement.gouv.fr)
- Laurence **Calovi** – Sétra

### Renseignements techniques

- Jean **Carsignol** – CETE de l'Est – téléphone : 33 (0)3 87 20 46 14 - télécopie : 33 (0)3 87 20 46 49  
mél : [jean.carsignol@equipement.gouv.fr](mailto:jean.carsignol@equipement.gouv.fr)
- Laurence **Calovi** – Sétra – téléphone : 33 (0)1 46 11 35 06 - télécopie : 33 (0)1 46 11 34 00  
mél : [laurence.calovi@equipement.gouv.fr](mailto:laurence.calovi@equipement.gouv.fr)

### Document imprimé par téléchargement à partir des sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.equipement.gouv.fr>
- I<sup>2</sup> (réseau intranet du ministère de l'Équipement) : <http://intra.setra.i2>

Directeur de la publication : Jean-Claude **Pauc** – Directeur du Sétra

Conception graphique - mise en page : Sétra

L'autorisation du Sétra est indispensable pour la reproduction même partielle de ce document.

Dépôt légal : 4<sup>ème</sup> trimestre 2004 – référence : 0429w – ISSN : 1250-8675

### AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

Le Sétra appartient  
au Réseau Scientifique  
et Technique  
de l'Équipement

