



Des fourrages de qualité
pour des élevages
à hautes performances
économiques et environnementales

Journées AFPP 25-26 mars 2009 – Paris

La contamination des fourrages par les polluants d'origine routière (HAP et PGE) :

Etat des lieux et risques pour la chaîne alimentaire
fourrages-lait

Cécile Ducoulombier, Guido Rychen

URAFPA-INRA Usc 340-ENSAIA-INPL 54500 Vandoeuvre lès Nancy

Fourrages et circulation routière : quelles interactions?

- Une augmentation régulière du trafic routier
- Des routes présentes partout sur notre territoire
- Des émissions dues au fonctionnement des moteurs
- Des émissions de composés polluants

Quels risques pour les fourrages situés à proximité
des voies routières?

Partie 1 : Quels polluants ?

- Des polluants gazeux : CO, CO₂, NO_x, O₃, COV
- Des polluants particulaires :
 - Métalliques : Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Mg, Pd, Pt, Rh
 - Organiques : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- Des particules minérales : poussières, sels

- Les Eléments du Groupe des Platinoïdes (PGE)

- Caractéristiques :

- Métaux précieux

- Pt, Pd, Rh : propriétés physico-chimiques similaires

- Résistance à la corrosion et à l'oxydation

- Utilisation

- Catalyseurs pour la réduction des émissions gazeuses

-Une augmentation dans l'environnement

Présents naturellement à l'état de trace dans la croûte terrestre

Volume des émissions varie selon paramètres de conduite

Augmentation rapide des concentrations dans le sol

-46ng/g Pt	→	330ng/g Pt (en 2 ans)
-7ng/g Rh	→	45ng/g Rh (en 2 ans)

-Toxicité

Sous forme métallique : inerte

Sous formes composées : mutagène, cancérigène

Composés solubles : biodisponibilité pour les organismes

• Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP

-Caractéristiques

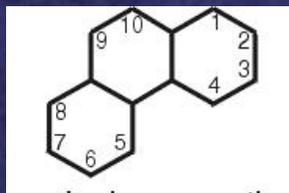
Groupe des Polluants Organiques Persistants

- Toxicité
- Lipophilie
- Volatilité
- Persistance dans l'environnement
- Effets nocifs perçus localement et à distance

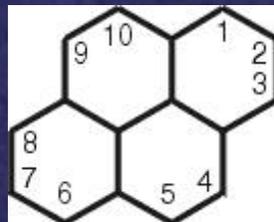
Molécules aromatiques constituées de cycles benzéniques

16 composés étudiés

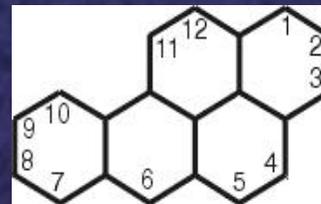
Propriétés physico-chimiques conditionnées par le nombre de cycles



Phénanthrène



Pyrène



Benzo[a]pyrène

-Origine

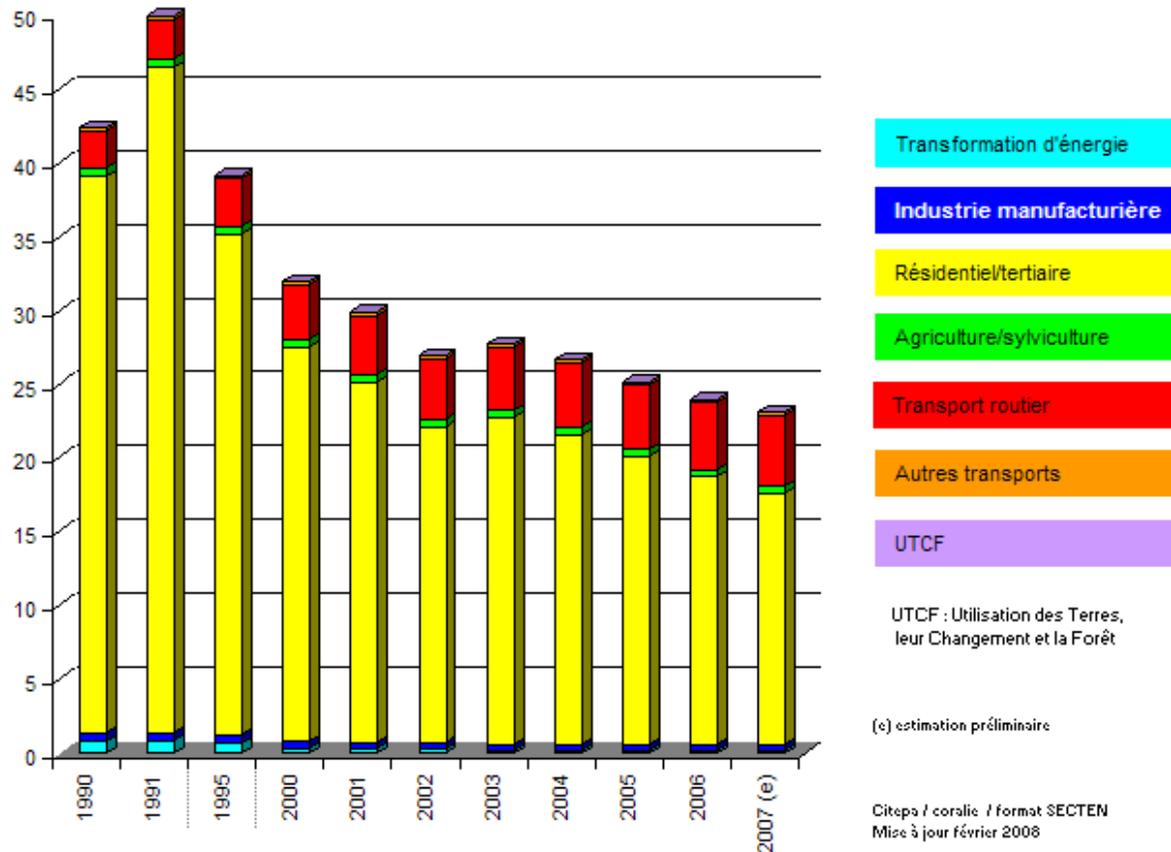
Combustion incomplète de matières organiques

Naturelle et anthropique

Sources identifiées

HAP

Emissions atmosphériques par secteur en France métropolitaine en t



Source principale

-Résidentiel/tertiaire

-Transport routier

-Dispersion dans l'environnement

Baisse globale des émissions

Augmentation de 70% des émissions dues au trafic routier

Distance de transport et de retombées variant selon le composé

Des valeurs nombreuses et fonction des sites

- 50ng/g MS dans herbe en zone rurale isolée

à

- 950ng/g MS dans herbe à proximité de routes

-Toxicité

Composés mutagènes

Composés cancérigènes

Partie 2 : Quelle contamination des fourrages?

HAP/PGE

Activités humaines
Origines naturelles

Inhalation
-
Contact



CHAINE ALIMENTAIRE

Retombées
atmosphériques
Phase gazeuse et
particulaire

Dépôts secs
(particules)

Dépôts humides
(particules+eau)

Volatilisation

Ingestion
de
fourrage

Ingestion de
viandes et de
produits laitiers



Ingestion
de terre

Ingestion
directe d'eau
-
Contact peau
-
Inhalation

SOL

Lessivage

Passage
dans la
solution du
sol -

Prélèvement
racinaire

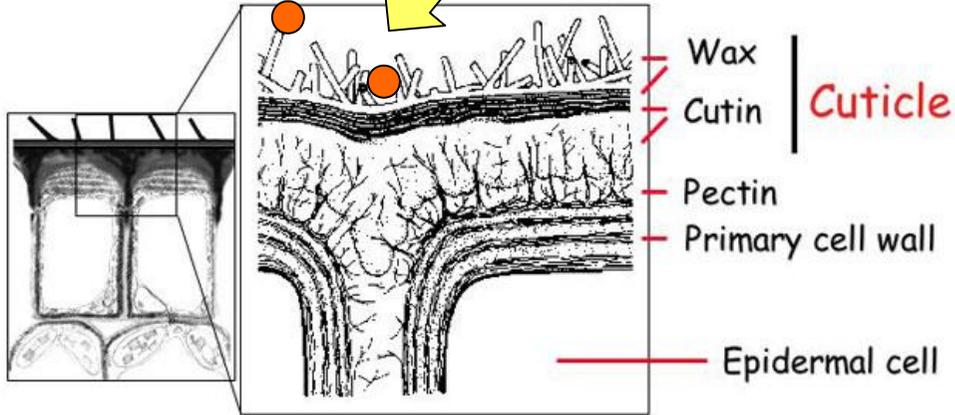
EAU
AQUEUSE

Journées AEPF 2009

- Une contamination variant avec :
 - les caractéristiques du végétal
 - l'environnement
 -
 - les caractéristiques des sites étudiés

Cires cuticulaires

Pilosité



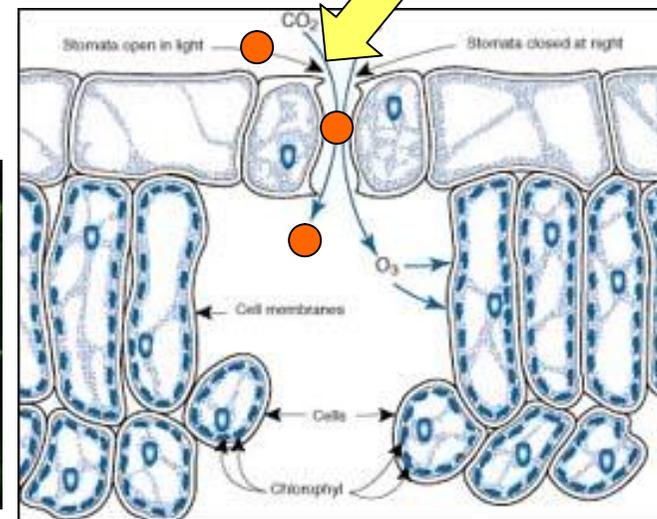
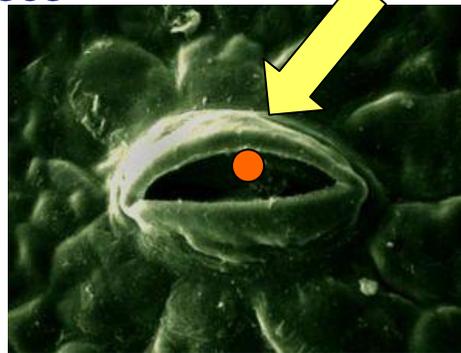
Rôle des caractéristiques du végétal

Pénétration

État physiologique

Pilosité

Taille et Propriétés des composés



Courtesy Gro Torsøe haugen

Rôle des caractéristiques de l'environnement

Température

Gaz ou Particules

Concentration dans les végétaux

Vent

Concentration dans l'atmosphère

Rayonnement solaire

Photo-oxydation différentielle (HAP)

Précipitations

Lessivage différentiel

Sensibilité des végétaux

Dépôts humides

Rôle des caractéristiques des sites étudiés

-Intensité et diversité des émissions polluantes

-Topographie locale

-Distance du prélèvement à la source

-Durée d'exposition du végétal

-Intensité du trafic routier

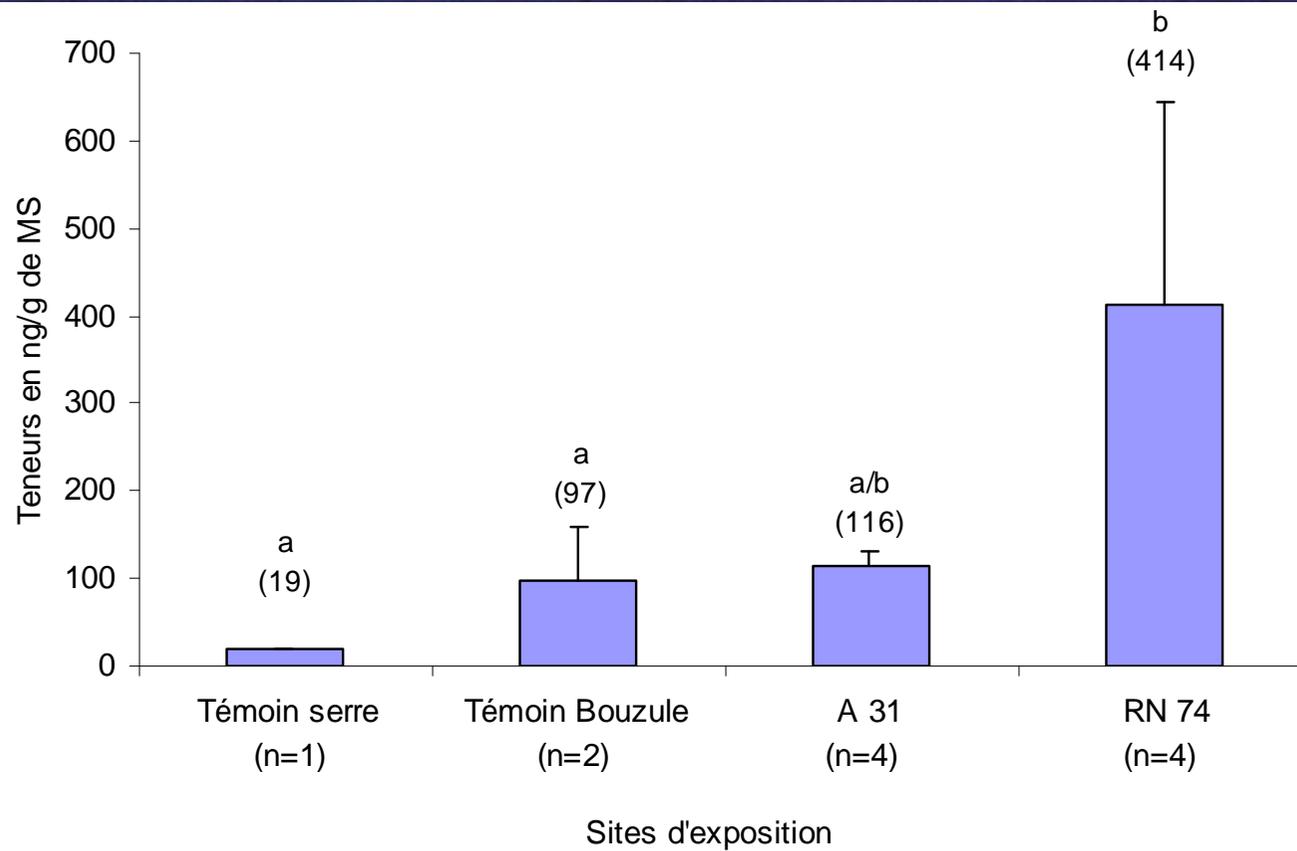
-Modes de conduite des véhicules



Déblai : limitation de la dispersion



Remblai : augmentation de la dispersion

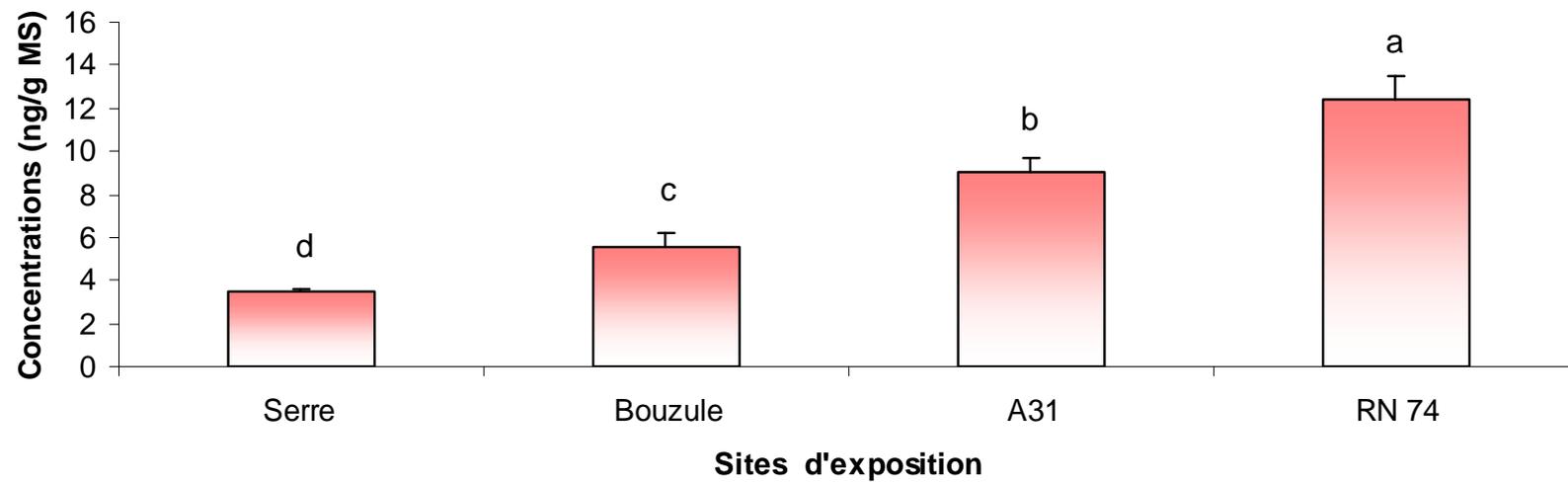


Teneurs en HAP totaux dans du ray-grass exposé
(route, autoroute) et non exposé (témoins)

(Ducoulombier et al, 2004)

©

Concentrations en Pd du ray-grass en fonction des différents sites d'exposition



(Ducoulombier et al, 2004)

Partie 3 : Quelles conséquences pour les élevages ?

- Conséquences pour le lait : transfert des HAP

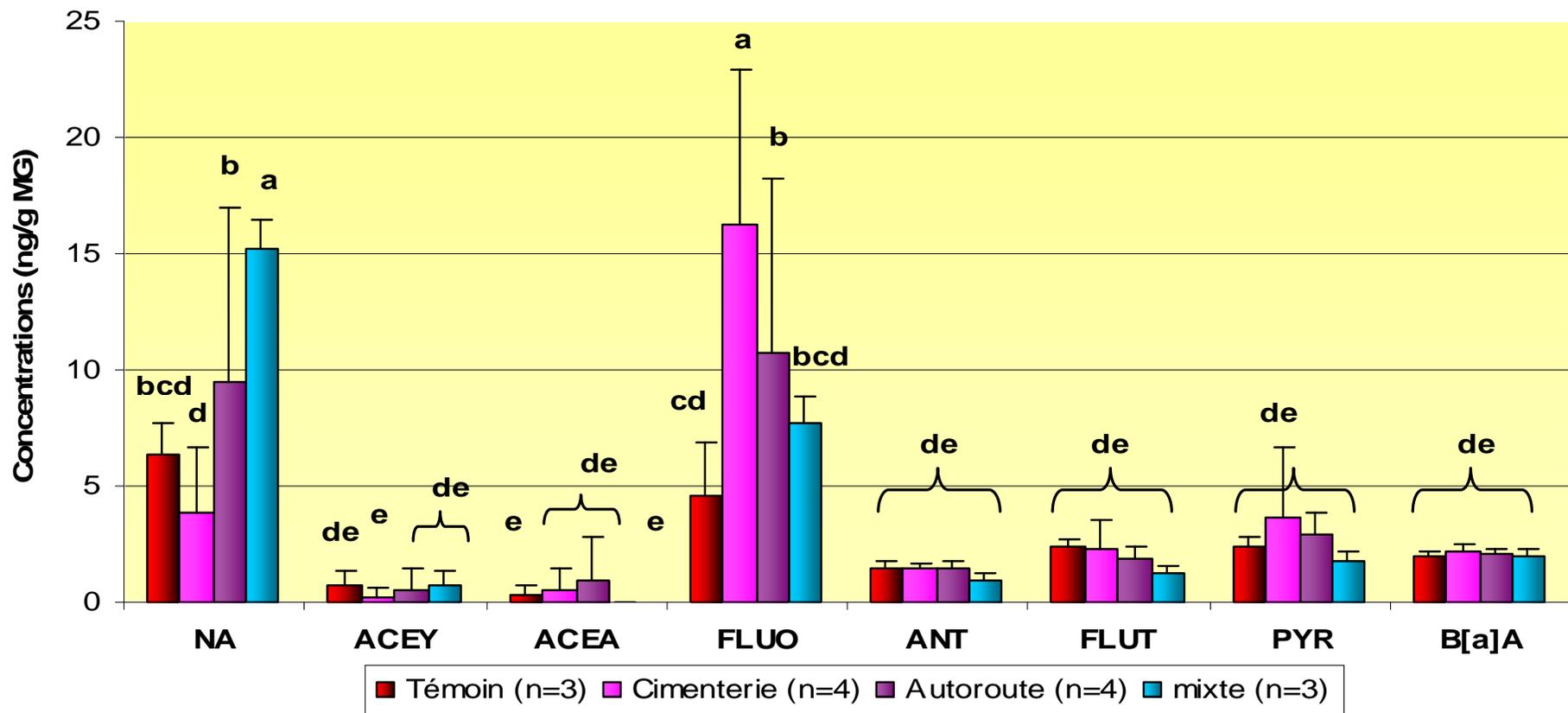
- 1er Résultat (terrain) :

- HAP détectés dans tous types de lait

- HAP à faible nombre de cycles aromatiques

- Valeurs faibles de concentrations

Teneurs en HAP dans le lait de tank collecté à proximité de sources potentiellement contaminantes (Grova et al, 2003)



Partie 3 : Quelles conséquences pour les élevages ?

- Conséquences pour le lait : transfert des HAP

- 1er Résultat (terrain) :

- HAP détectés dans tous types de lait

- HAP à faible nombre de cycles aromatiques

- Valeurs faibles de concentrations

- 2ème Résultat (laboratoire) :

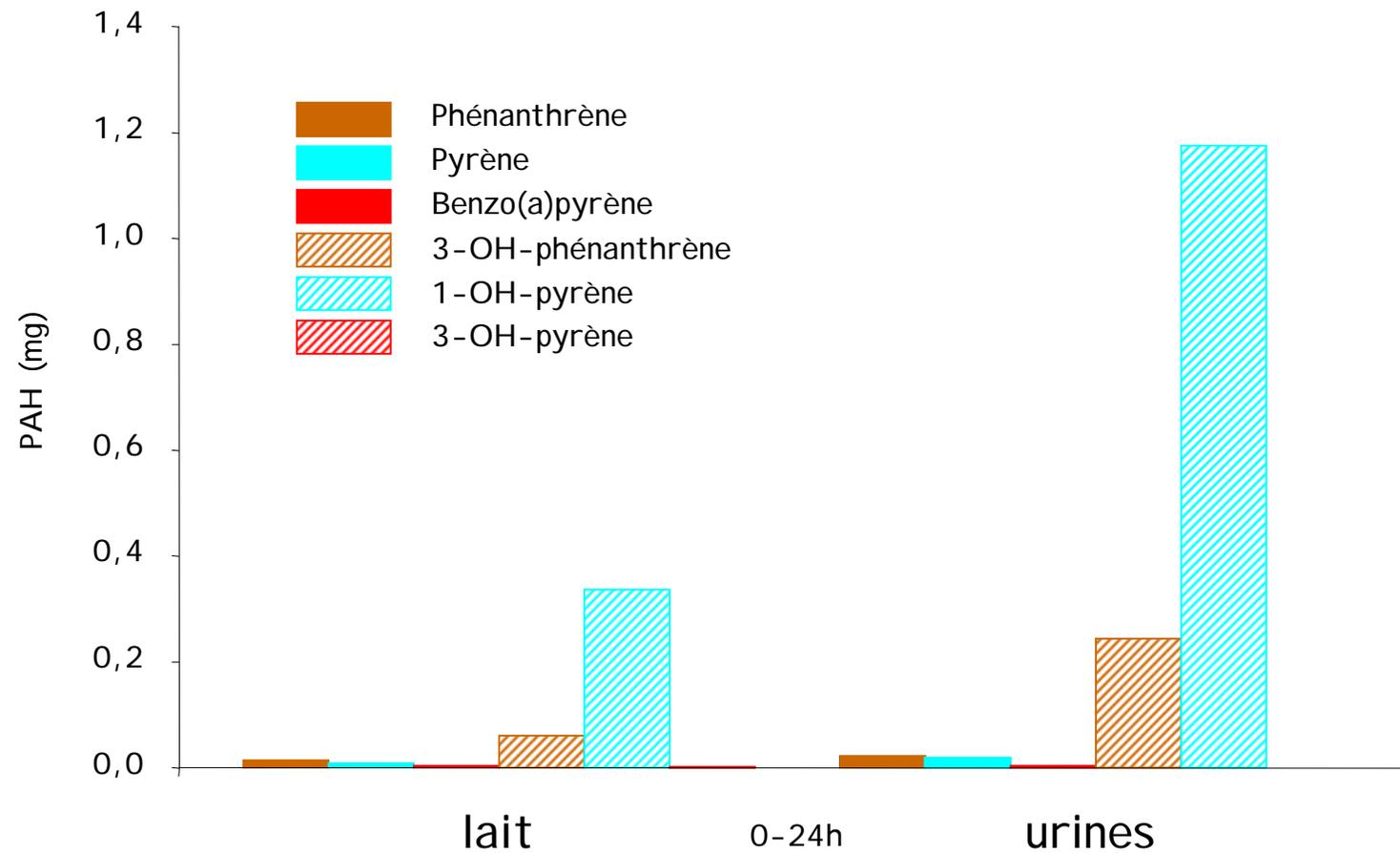
- HAP ingérés fortement métabolisés

- Plus de métabolites dans le lait que de molécules mères

- Taux de transfert faible (<0,5%)

- 1-OHPyrène marqueur de l'exposition

Excrétion des HAPs et leurs métabolites dans le lait et les urines 24h après ingestion d'une dose unique (Lapole et al, 2007)



- conséquences pour le lait : transfert des PGE

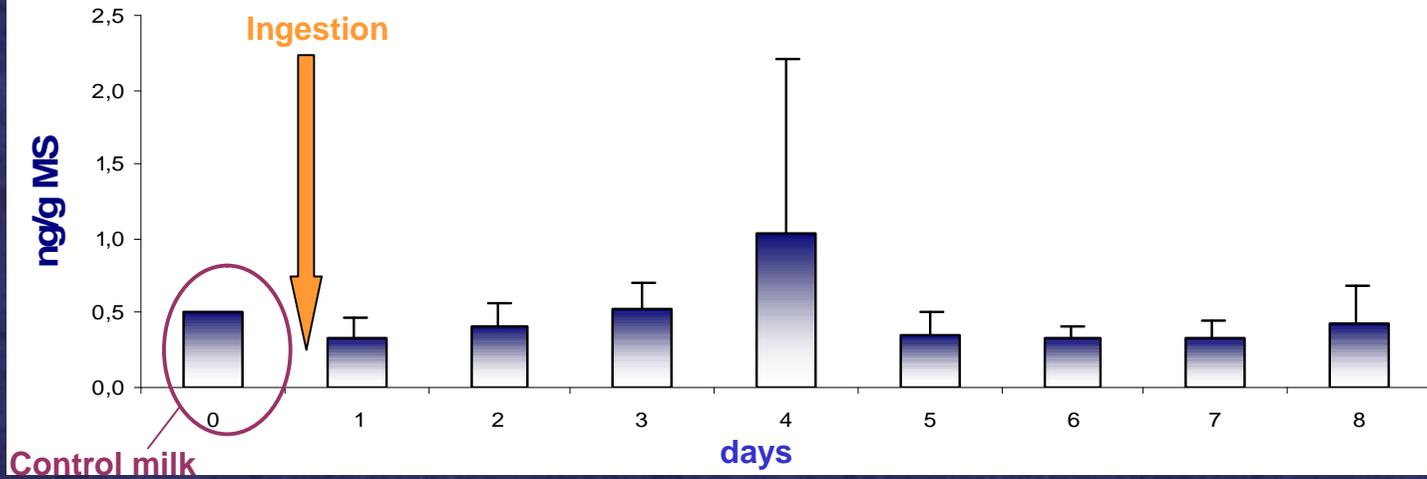
- 1er Résultat (laboratoire) :

- Platine sous forme $PtCl_2$ pas transféré

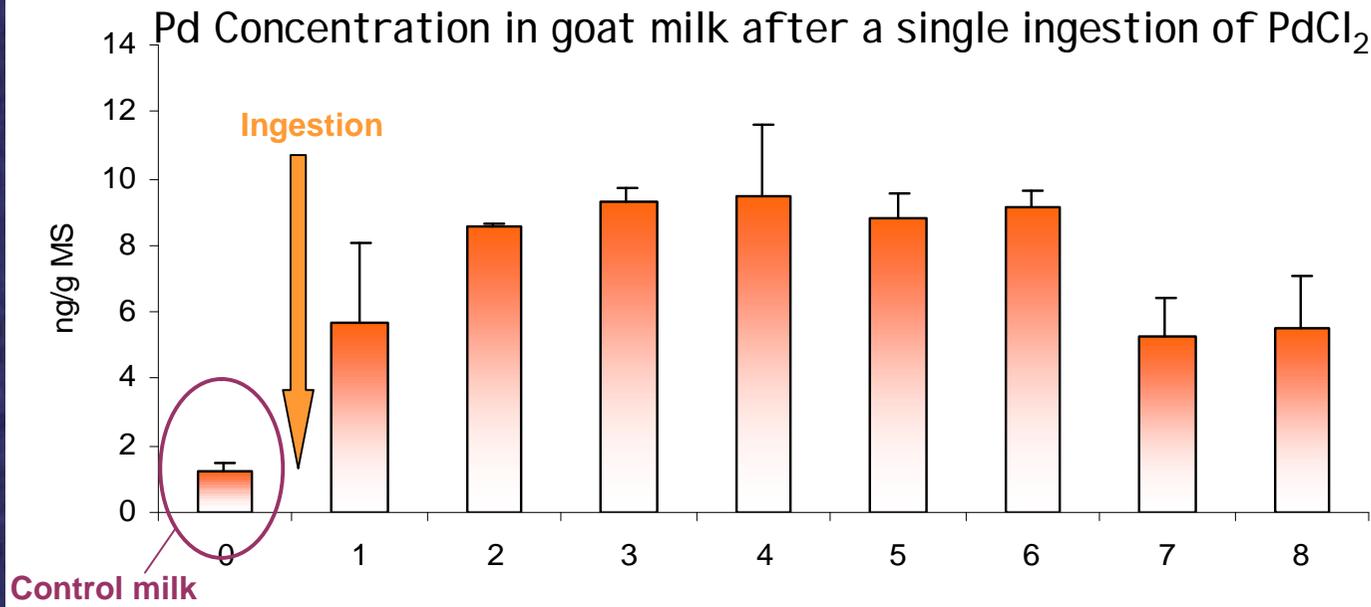
- Palladium sous forme $PdCl_2$ retrouvé dans le lait

- Comportement proche Cadmium-Palladium

Pt Concentration in goat milk after a single ingestion of PtCl₂



Pd Concentration in goat milk after a single ingestion of PdCl₂



- conséquences pour le lait : transfert des PGE

- 1er Résultat (laboratoire) :

- Platine sous forme $PtCl_2$ pas transféré

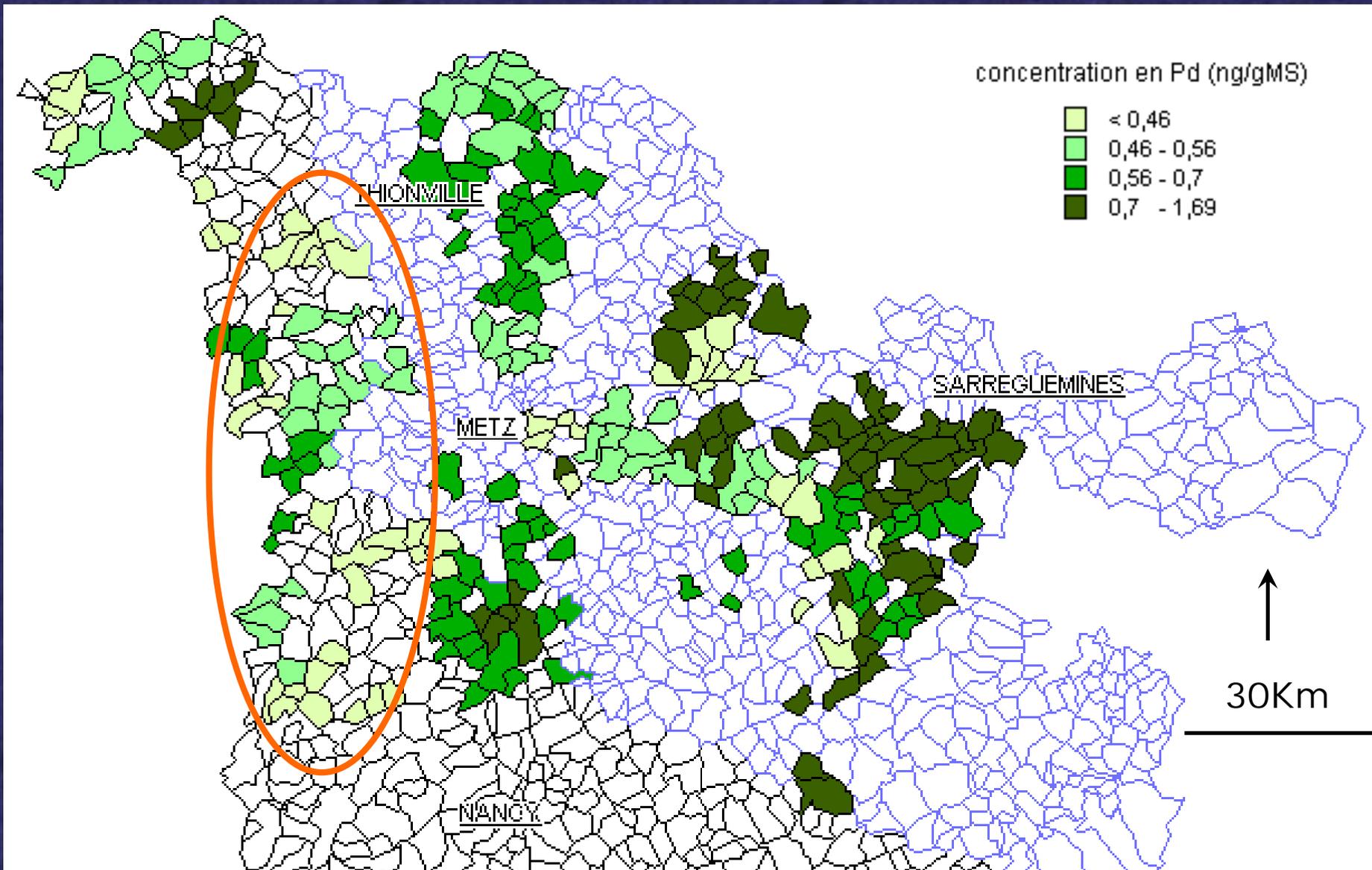
- Palladium sous forme $PdCl_2$ retrouvé dans le lait

- Comportement proche Cadmium-Palladium

- 2ème Résultat (terrain) :

- PGE détectés dans des laits de collecte (<2ng/g MS)

- Possibilité d'un effet site : agglomérations



Concentration en Palladium dans des laits de collecte (Desalme, 2007)

- Conséquences au pâturage et pour le fourrage

- Résultat (terrain)

- Réalisation d'une carte de répartition de la pollution

- évaluation des zones à risque

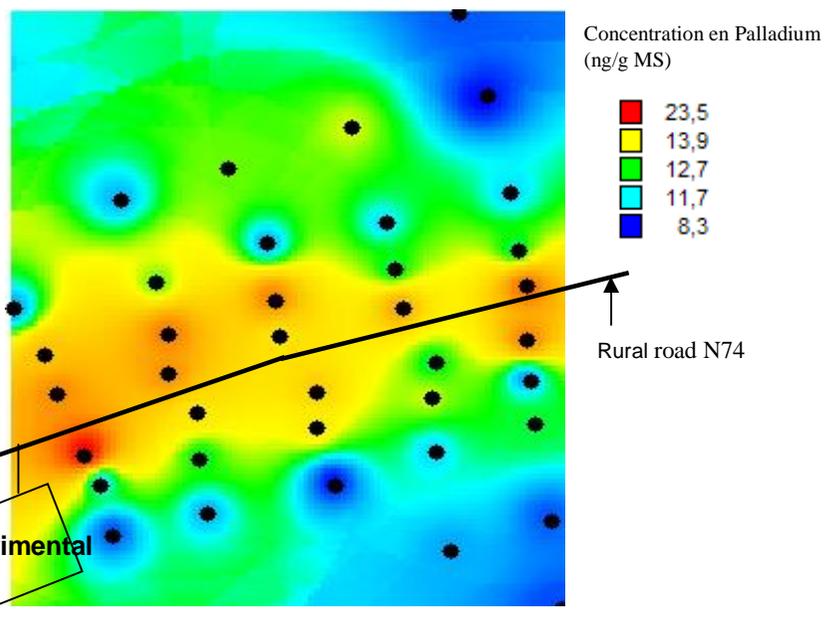
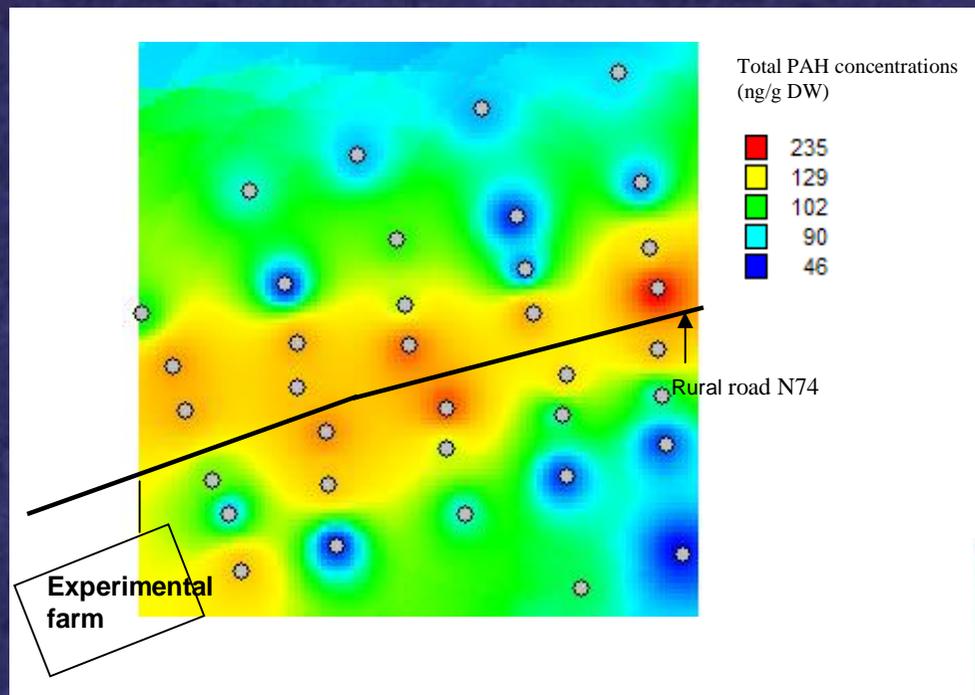
- Confirmation de l'effet route sur la dispersion des polluants

Effet de la route sur la répartition des HAP

Effet de la route sur la répartition du Palladium

Disparition de 60% des HAP à 50m

Disparition de 40% du Pd à 50m



Cartes de répartition de la pollution en HAP et Palladium (Tankari Dan-Badjo et al, 2008)

- Perspectives de recherche

- HAP :

- Mesure du rôle de la matrice sol dans la disponibilité des molécules

- Mesure de l'exposition du ruminant laitier par l'étude des métabolites dans le lait et les urines

- effet saison lié à la pratique d'alimentation

- effet site lié à la proximité de sources polluantes

- PGE :

- Etude du transfert Sol-Plante pour le Palladium et le Platine

- Mesure du risque de transfert de composés de Pt et Pd

- Etude de l'effet d'une ingestion chronique de PGE

Pour Conclure...

- PGE et HAP présents dans notre environnement par le trafic routier
- PGE et HAP détectés sur les parcelles agricoles
- Les ruminants laitiers sont exposés par l'alimentation
- Effet des pratiques d'élevage sur la disponibilité
- Pd et métabolites de HAP sont retrouvés dans le lait

- Les teneurs dans les fourrages sont avérées
- Les teneurs dans le lait sont faibles mais non nulles

Mais de nombreuses questions subsistent sur l'évolution des teneurs dans notre environnement et par conséquent sur les risques pour les élevages...