

Les polluants agricoles du sol

Christian MOUGIN *et coll.*

**Equipe Xénobiotiques et Environnement
INRA de Versailles-Grignon**

<http://www-phyto.versailles.inra.fr>

Mél : mougin@versailles.inra.fr

Les missions de l'agriculture

- **Activité de production, en conciliant protection de l'environnement et qualité des produits**
 - **plantes**
 - **animaux**
- **Activité de service et de développement rural**
 - **déchets organiques**

Qu'est ce qu'un polluant ?

**Toute substance naturelle ou d'origine
strictement anthropogénique que l'homme introduit
dans un biotope donné dont elle était absente ou
dont il modifie et augmente la teneur lorsqu'elle
y est spontanément présente**

polluant ≠ nuisance ≠ toxique

Les pollutions

Ponctuelles

rejets **localisés**, \pm **abondants**, faciles à identifier
chroniques ou accidentelles

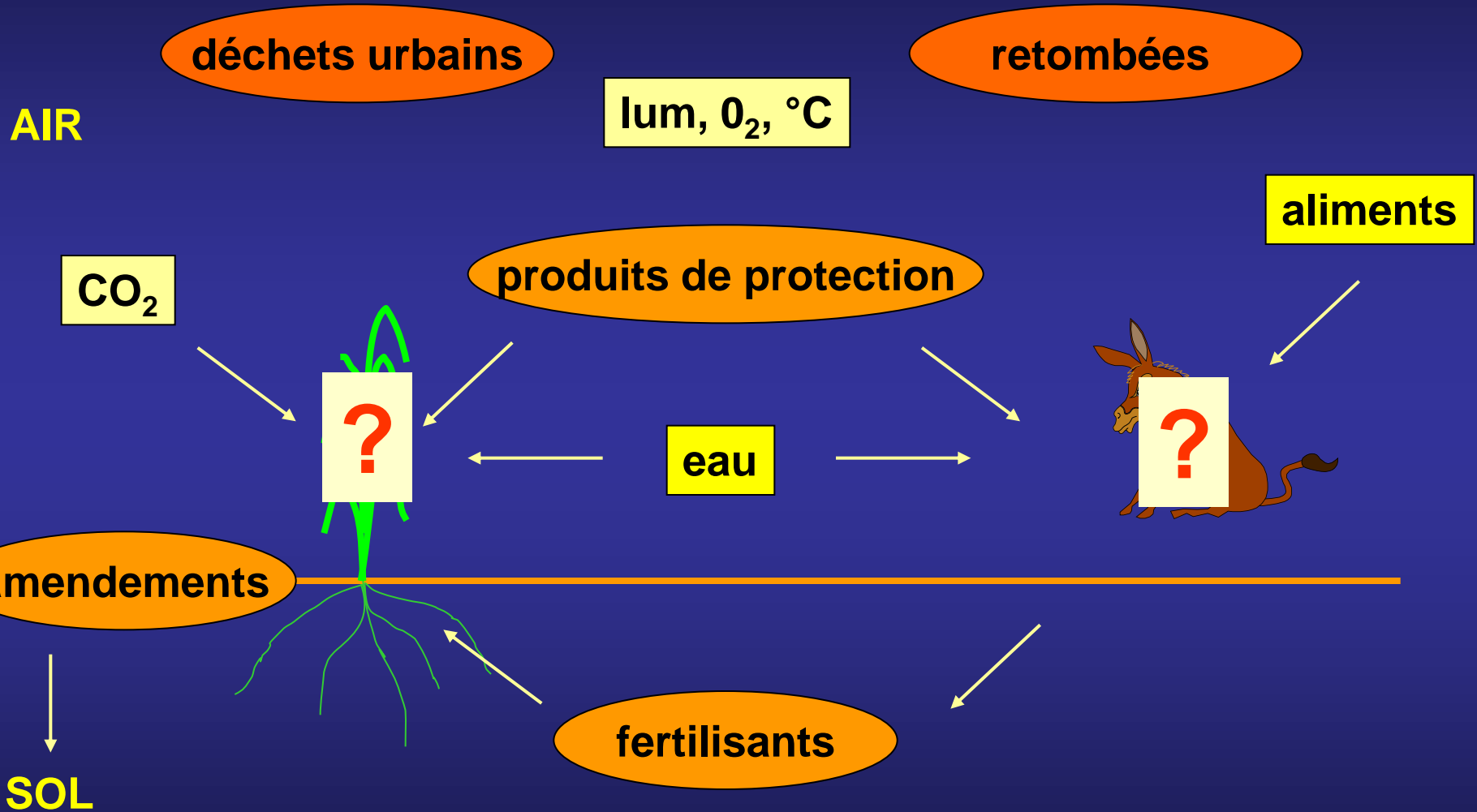
déversements domestiques, industriels, agricoles, urbains
→ **contention à la source, dépollution**

Diffuses

dépôts directs ou atmosphériques, lessivage et érosion des sols,
grandes surfaces, faibles quantités de polluants
 \pm faciles à identifier

agricoles, combustions
→ **difficiles à maîtriser**

Des besoins aux polluants



La production de blé en France

- Avant 1900, environ 700 à 800 kg (0,8 t) par hectare
- Vers 1940, 2.000 à 3.000 kg (3 t) par hectare
- Aujourd'hui, 10.000 kg (10 t) par hectare.

Jusqu'au 19^{ème} siècle, la France ne pouvait pas nourrir plus de 20 millions d'habitants (/38)

La dernière grande famine date de 1750, mais depuis des carences

L'autosuffisance alimentaire date de 1975

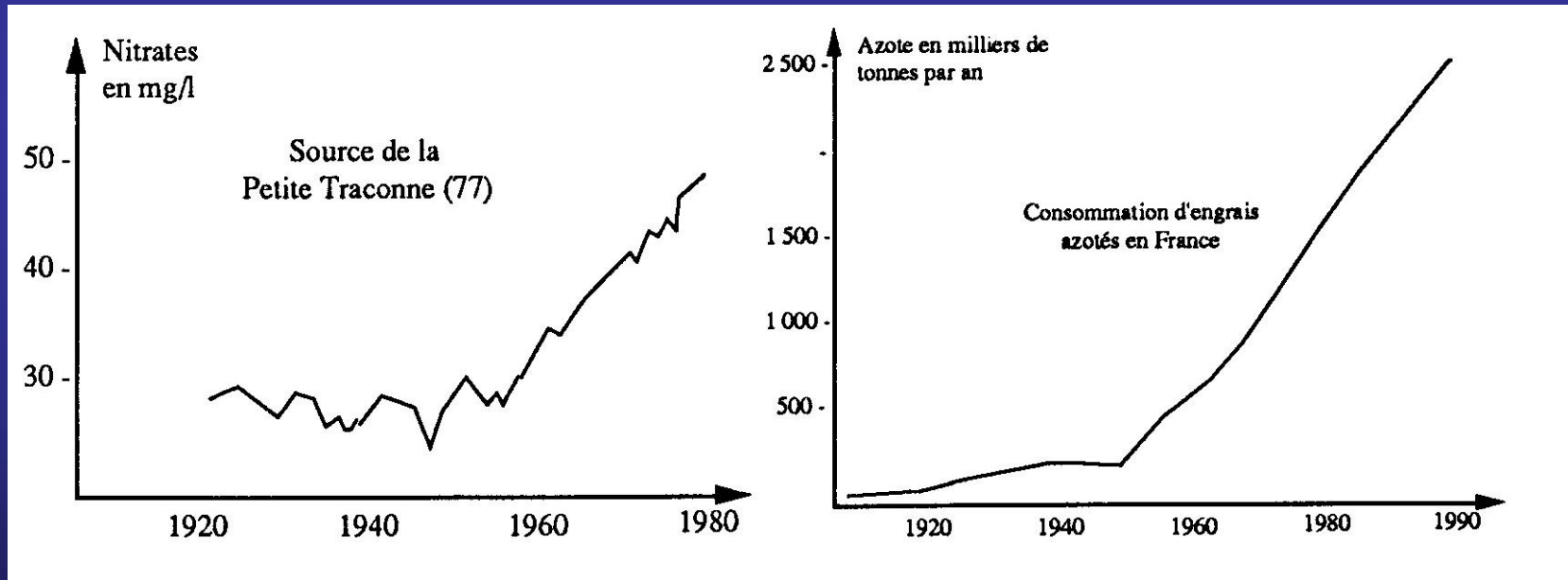
Les pollutions agricoles du sol

Polluants Origines	chimiques			biologiques
	azote phosphore	métaux	organiques	
Fertilisants	X	X		
(Phyto)-sanitaires		X	X	X
Résidus d'élevage	X	X	X	X
Boues/composts	X	X	X	X
Productions				X

Azote (Ménard, 1992)

Constituant des protéines (16%)
méthémoglobinémie, cyanose

Contamination des eaux par les nitrates, eutrophisation
Engrais synthétiques, boues et effluents d'élevage



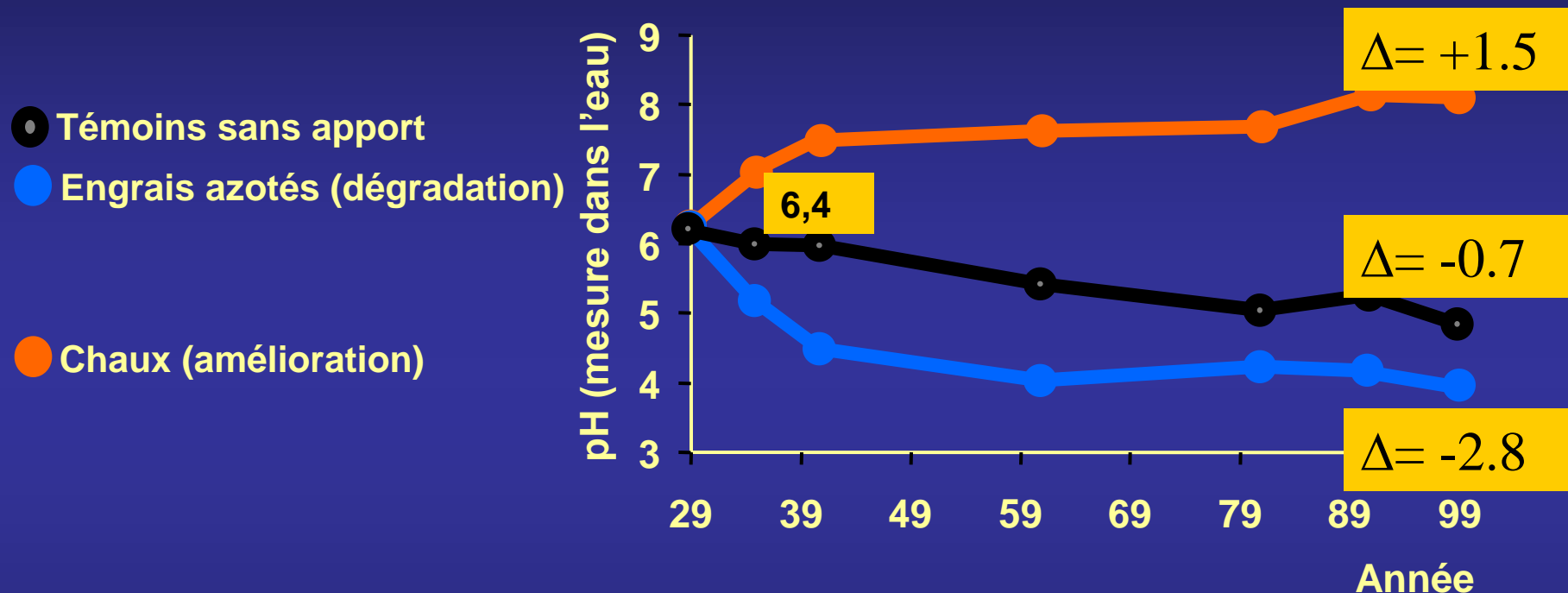
Phosphore (Académie d'Agriculture, 1990)

Élément constitutif des cellules, énergie

Contamination des eaux par les phosphates, eutrophisation

Apports à l'eau	X 10 ³ T P ₂ O ₅	%
Rejets domestiques		
-métabolisme	90	24
-détergents	80	21 ↘
Rejets industriels	90	24
Rejets agricoles (cultures et élevage)	115	31 ↘
Total	375	100

L'acidification des sols (Pernes & Tessier, 2004)



- Les sols d'aujourd'hui ne sont plus les mêmes qu'il y a 70 ans
- Les pluies acidifient les sols (voitures, chauffage)
- L'homme peut dégrader ou améliorer les sols

Les éléments minéraux

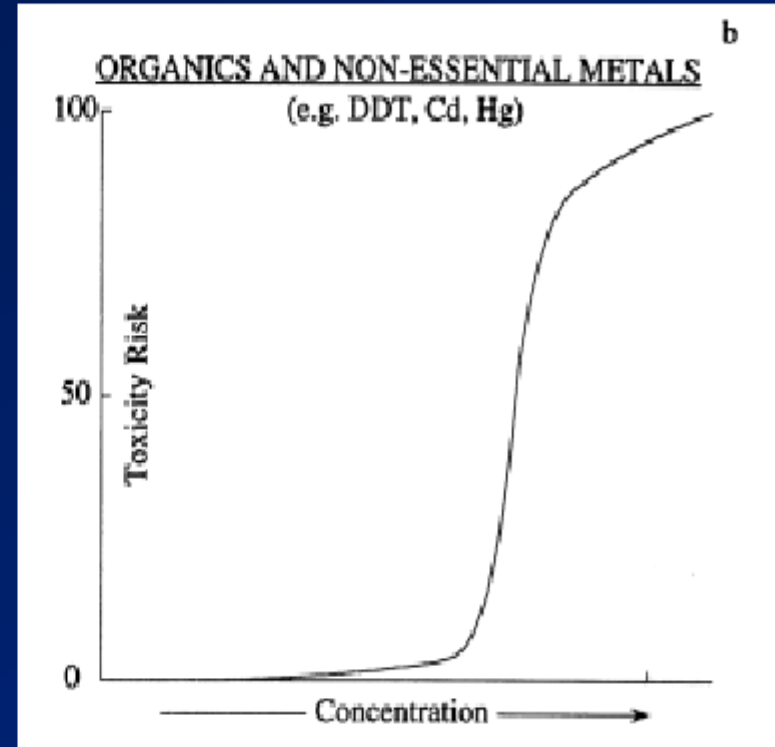
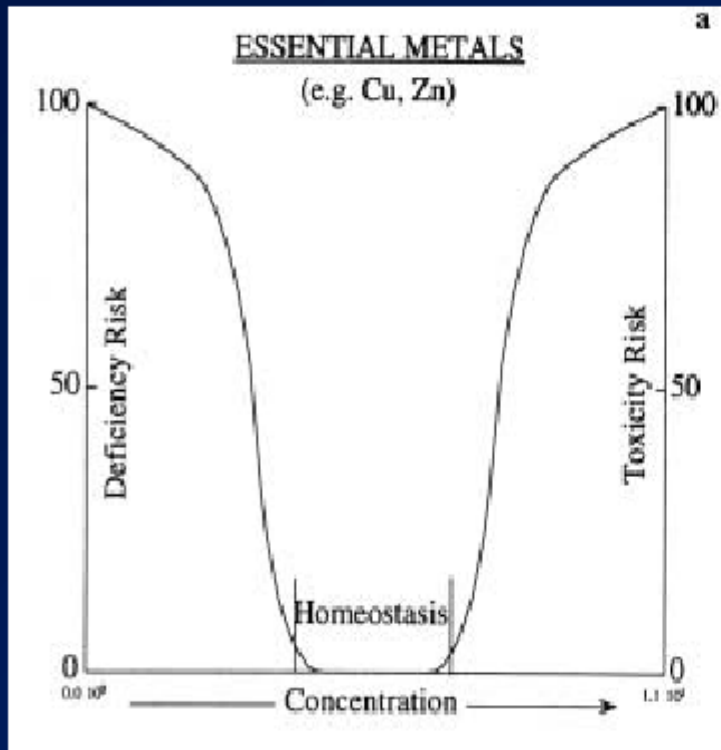
- ▶ fonds géochimique
- ▶ dépôts atmosphériques, industrie
- ▶ agriculture

macro-éléments : N, P, S, K, Ca, Mg, K

micro-(oligo)-éléments : Fe, Mn, Zn, Bo, Cu, Cl, Na

métaux lourds : Cd, Pb, Hg, Ni

Eléments essentiels ou toxiques ?



Besoins en éléments traces

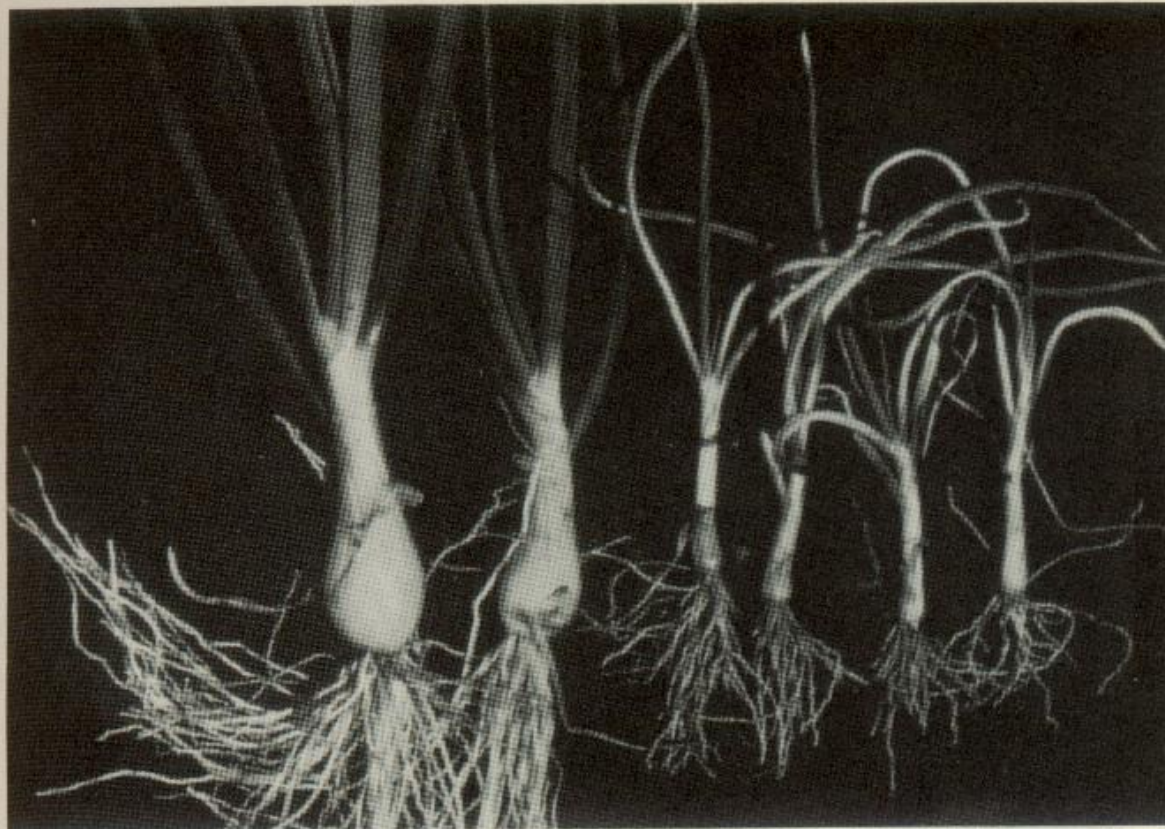


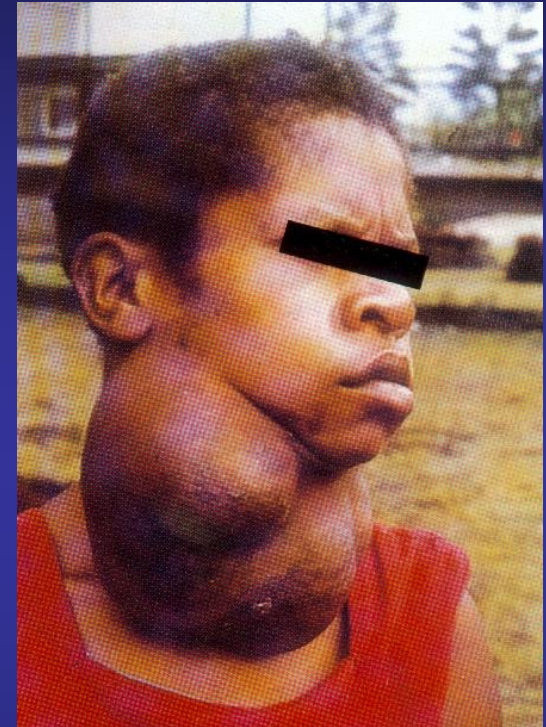
Figure 1-2. Zinc-deficient onions on the right. [Reprinted with permission from Viets, F. G., 1966. Zinc deficiency in the soil-plant system, in *Zinc Metabolism* (A. S. Prasad, ed.), Thomas, Springfield, Ill., p. 90.]

Besoins en éléments traces

Lésions cutanées liées
à une carence en zinc
(Afrique du Sud)



Rôle antioxydant : Se



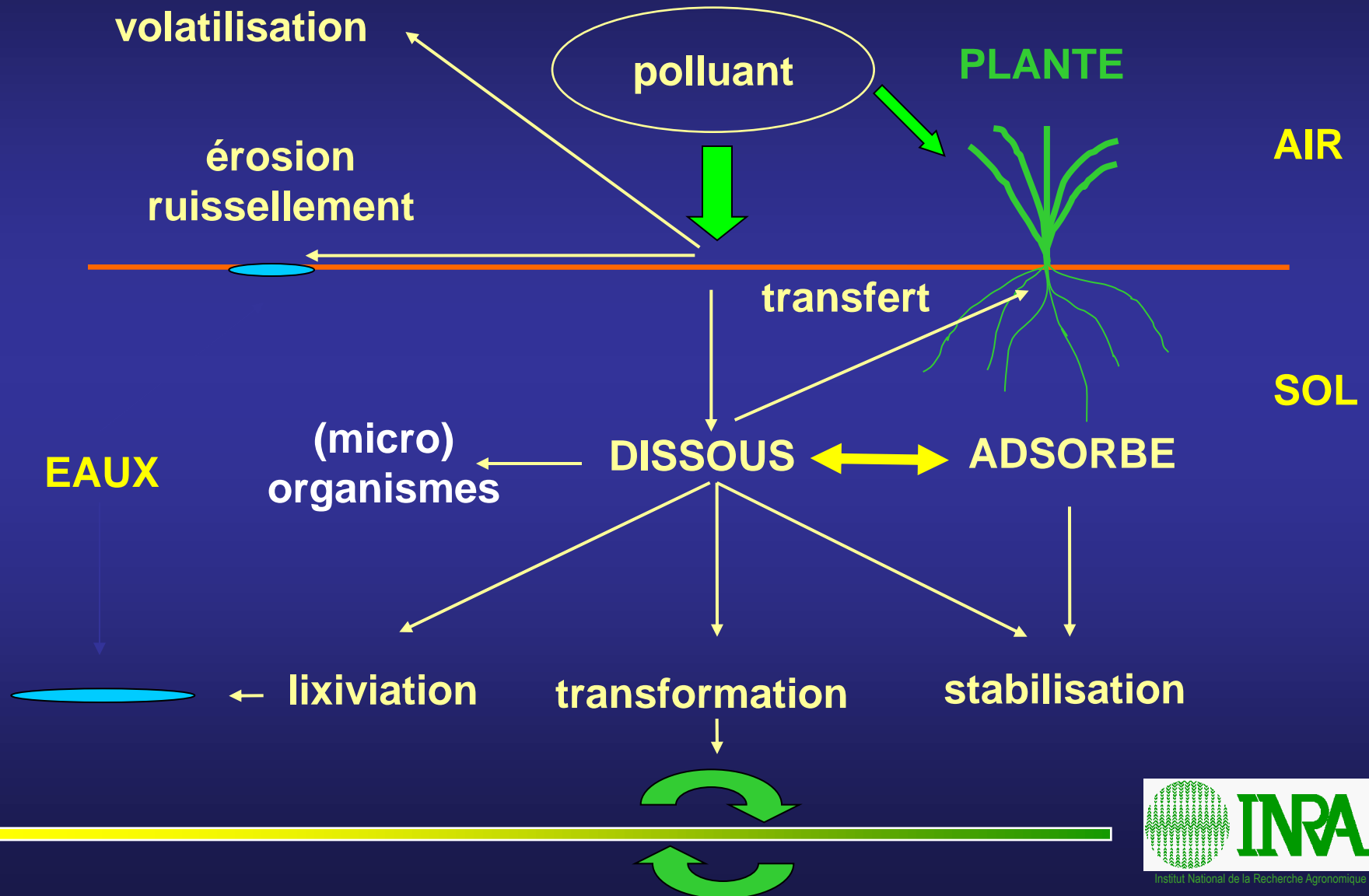
Goître du à une
carence en iode
(Papouasie N^{lle} Guinée)

Vers une gestion intégrée des nutriments ...

Des règles de base :

- N'ajouter que ce qui est nécessaire
- Ne pas perdre ce qu'on a apporté
- Recycler ce qui peut l'être (résidus, nitrates)

Devenir des PO dans l'écosystème sol



Les pesticides en France (UIPP, 2002)

Protection des cultures contre les agresseurs et compétiteurs

1^{er} consommateur européen (30%), 1869 M€, 3^{ème} rand mondial

61200 T MA de synthèse + 21300 T Cu, S (\approx 3 kg/ha)

800 MA + 6000 préparations autorisées

% du CA	herbicides :	40,5	% du Tonnage	fongicides :	55,9
	fongicides :	36,4		herbicides :	34,3
	insecticides :	11,2		insecticides :	4,3
	divers :	11,9		divers :	5,5

► Mais aussi industrie, collectivités, particuliers

Les usages non agricoles

Diuron (AMOC) herbicide	colle, mastic, joints couleurs , vernis, peintures durcisseur liquides hydrauliques, freins lubrifiants
Carbendazime (Impact RX) fongicide	colle, mastic, joints couleurs , vernis, peintures liquides hydrauliques, freins parfums d'ambiance antirouille

L'homologation : une préoccupation nationale ancienne...

loi du 2 novembre 1943

dossier efficacité + réglementation de la vente des pesticides

loi 72-1137 du 22 décembre 1972

inocuité à l'égard de l'homme, sa santé et son environnement
dossier efficacité + **dossier écotoxicologie**

décret 74-682 du 1^{er} aout 1974

- Commission des Toxiques

évalue les risques toxicologiques et écotoxicologiques des produits soumis à l'homologation

- Comité d'Homologation

examine l'intérêt des produits pour les usages demandés et propose des mesures de gestion des risques évalués par la Commission des Toxiques
effectue les propositions au ministère de l'Agriculture

...devenue européenne

L'unité d'Appui Scientifique à l'Evaluation du Risque des Pesticides,
une réponse à la directive 91/414 CEE...

Coordination scientifique (expertise)

Physico-chimie / Toxicologie / Résidus / Ecotoxicologie / Environnement

Logistique / Informatique / Documentation / Secrétariat

...pour réaliser une évaluation du risque concernant :

- les **substances actives** : nouvelles substances (obligatoire) et anciennes substances (ré-évaluation progressive)
- les **préparations** : au niveau national, puis progressivement reconnaissance mutuelle

Principales données demandées

- **Etudes toxicologiques: évaluation des risques pour l'applicateur, pour la santé des animaux domestiques, pour le consommateur des produits récoltés (résidus et modification du goût)**
 - **Etudes environnementales: pollution des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines**
 - **Etudes écotoxicologiques: risques pour la faune et la flore terrestre et aquatique**
 - **Impact sur les auxiliaires: prédateurs, parasitoïdes, abeilles et pollinisateurs**
 - **Risques de résistance des ravageurs**
- ▶ **Le coût de ces études représente environ 70 % du coût global de mise sur le marché d'une nouvelle molécule**

Une évolution positive

- Produits moins persistants dans le sol
années ► semaines
- Réductions de doses d'emploi
3 kg/ha en 1970 ► 100 g/ha
- Diminution de la toxicité
herbicide : DL_{50} : 25 mg/kg ► 4 g/kg
- Modes d'action sélectifs
respiration ► synthèse d'acides aminés
- 350 substances / préparations retirées en 2003

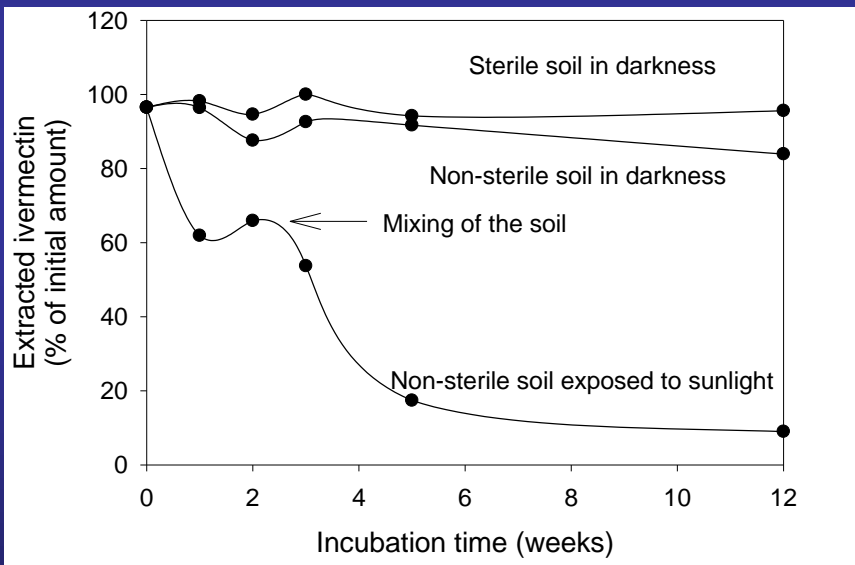
Emission de polluants par l'élevage

Métabolisme animal et déjections (porcins, volailles)

- Azote, phosphore
- Gaz à effet de serre : NH_3 , CH_4 , NO
- Métaux (additifs alimentaires) : Zn, Cu
- **Médicaments, antiparasitaires, antibiotiques (règlementations)**
 - Consommation en Europe (1997) : 10493 T
 - thérapie humaine : 5400 T (52%)
 - usage animal
 - thérapeutique : 3494 T (33%)
 - additif alimentaire : 1599 T (15%)
- **Gènes de résistance, parasites, ATNC?**

L'ivermectine

Antiparasitaire produit par un actinomycète
Bolus : 1,72 g / bovin, relargage pendant 6 mois
Concentration dans les fèces : 1 mg/kg



Forte persistance dans le sol

Peu d'effet sur les micro-organismes

Forte toxicité sur les coprophages

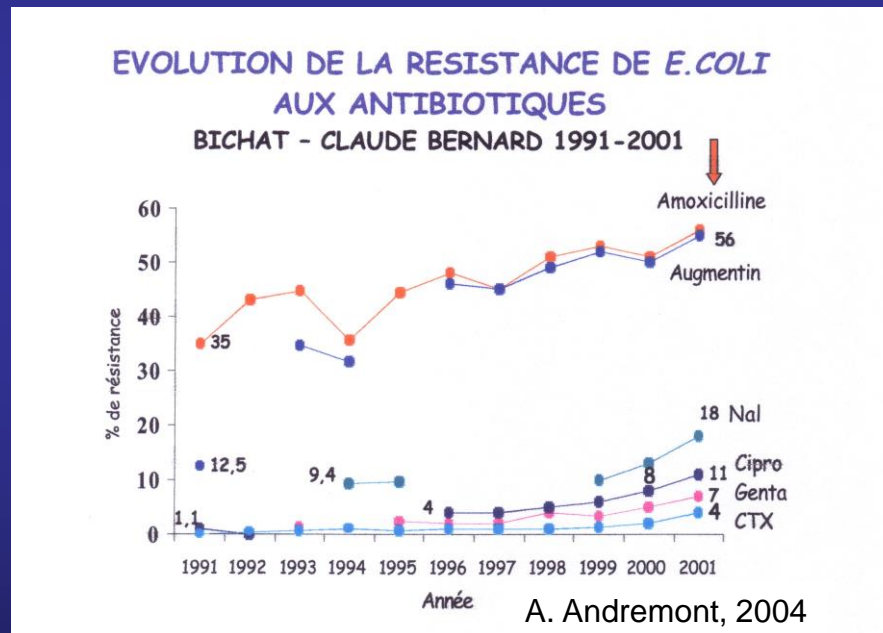
Forte toxicité sur les mollusques

La résistance bactérienne aux antibiotiques

Emission massive : de résidus de matière active et de métabolites actifs de bactéries/gènes de résistance

Des bases génétiques : flexibilité génétique infinie des bactéries

Des échanges : bactéries environnementales/commensales/pathogènes



► un phénomène en progression constante

La biodégradation accélérée

Un problème agronomique :
la perte d'efficacité des produits phytopharmaceutiques

L'origine :
des phénomènes microbiologiques, 2 hypothèses

- adaptation de la cible aux traitements
- dégradation plus rapide après quelques années d'application

Les mécanismes :
il faut des conditions particulières

- des facteurs environnementaux
- des microorganismes capables de proliférer aux dépens du pesticide

► encore mal connus

Epandage de déchets urbains

Les boues de STEP

1 habitant de Paris produit 350 litres d'eaux usées/jour, 9 litres de boues brutes, 73 grammes de MS (100000 hab → 20 T boues)

	Nombre de STEP	Production T MS	Valorisation agricole
1995	12000	850000	510000 (60%)
2005	>13000	1500000	?

Les composts

1 habitant produit 20 kg de déchets putrescibles/an (5% des OM)
40 kg de déchets végétaux/an

→ amendements, mais polluants métalliques, organiques et biologiques

Boues d'épuration

- Biosolides
- Marge étroite
- Soucis:
 - Santé humaine (qualité des produits alimentaires)
 - Pérennité agricole

Éléments Traces	Critères de qualité des sols	Concentrations maximales permises dans les biosolides (Québec)
		(mg/kg matériau sec)
As	20	75
Cd	3	10
Co	40	150
Cr	750	1060
Cu	150	757
Hg	0.8	5
Mo	5	20
Ni	150	180
Pb	375	500
Se	2	14
Zn	600	1850

► De nouveaux textes européens (organiques)

Circulation atmosphérique

- ◆ Tout composé peut potentiellement passer dans l'air :
 - Gaz : passage direct
 - Liquides : passage sous forme d'aérosols
 - Solides : passage sous forme de fines particules
- ◆ Constituants naturels :
 - Air = azote (78%), oxygène (21%) mais 1% gaz toxiques, poussières et micro-organismes
 - Augmentation : CO₂, SO₂, oxydes d'azote (NO_x)

Quelques exemples de toxicités

DL ₅₀ orale, rat (mg/kg)	Produits naturels	Insecticides	Herbicides	Fongicides	Divers
DL ₅₀ = 0 Substances très toxiques	Tox. A bot : 0.0014 Solanine : 5	Paraoxon : 0.6 Aldicarbe : 0.9 Parathion : 13			TCDD : 0.1 Strychnine : 2
DL ₅₀ = 5 Substances toxiques	Aflatoxine B ₁ : 7 Nicotine : 50	Azinphos-méth : 16 Méthidathion : 34	DNOC : 25		Arsenic : 5-100 Cyanure : 6.4
DL ₅₀ = 50 Substances nocives	Monocrotaline : 71 Roténone : 135 Caféine : 233	Lindane : 88 Fipronil : 97 DDT : 113 Diméthoate : 320 Imidaclopride 430	Alifonil : 110 Paraquat : 150	PCP : 210	B[a]P : 100 CuSO ₄ : 300
DL ₅₀ = 500 Substances très peu toxiques aux doses d'emploi	Vanilline : 1580 Vitamine A : 2000 Sel : 3750	Carbaryl : 850 Malathion : 2800	2,4-D-Na : 700 Gluphosinate : 2000 Atrazine : 3080 Glyphosate : 4320	Thirame : 865 Cyfluthrin : 1400 Zinco : 5200 Azoxystrobine : >5000	Choroforme : 800 Aspirine : 1200 Benzène : 3800 W.-spirit : 5000 Eau javel : 8910
DL ₅₀ > 10000	Sucrose : 29700		Urées : 3600-11000	Benomyl : 10000	PCB : 4000-19000 Ethanol : 16500

Danger ≠ risque

danger

Propriété d'une substance à exercer des effets négatifs sur le milieu et les espèces vivantes



risque

Probabilité d'apparition d'effet toxique après exposition d'un organisme à une substance dangereuse

Vers un changement des pratiques et mentalités

Changement d'état du sol : ressource vulnérable

Prise de conscience du lien environnement-santé

Pratiques agricoles de substitution

Passage nutrition > préservation/gestion de l'environnement

▶ Réduction des pollutions à la source

La situation “parfaite” n’existe pas : balance bénéfice / risque

- **Les pesticides**

un facteur important des progrès de l’agriculture et de l’autosuffisance alimentaire

2002, rapport CEE : 50% des fruits et légumes en France contiennent des résidus de pesticides

2003, étude IFEN : eaux de surface : 73 % des stations

eaux souterraines : 57 %

- **Le cas du DDT**

synthétisé au début du XX^{ème} siècle

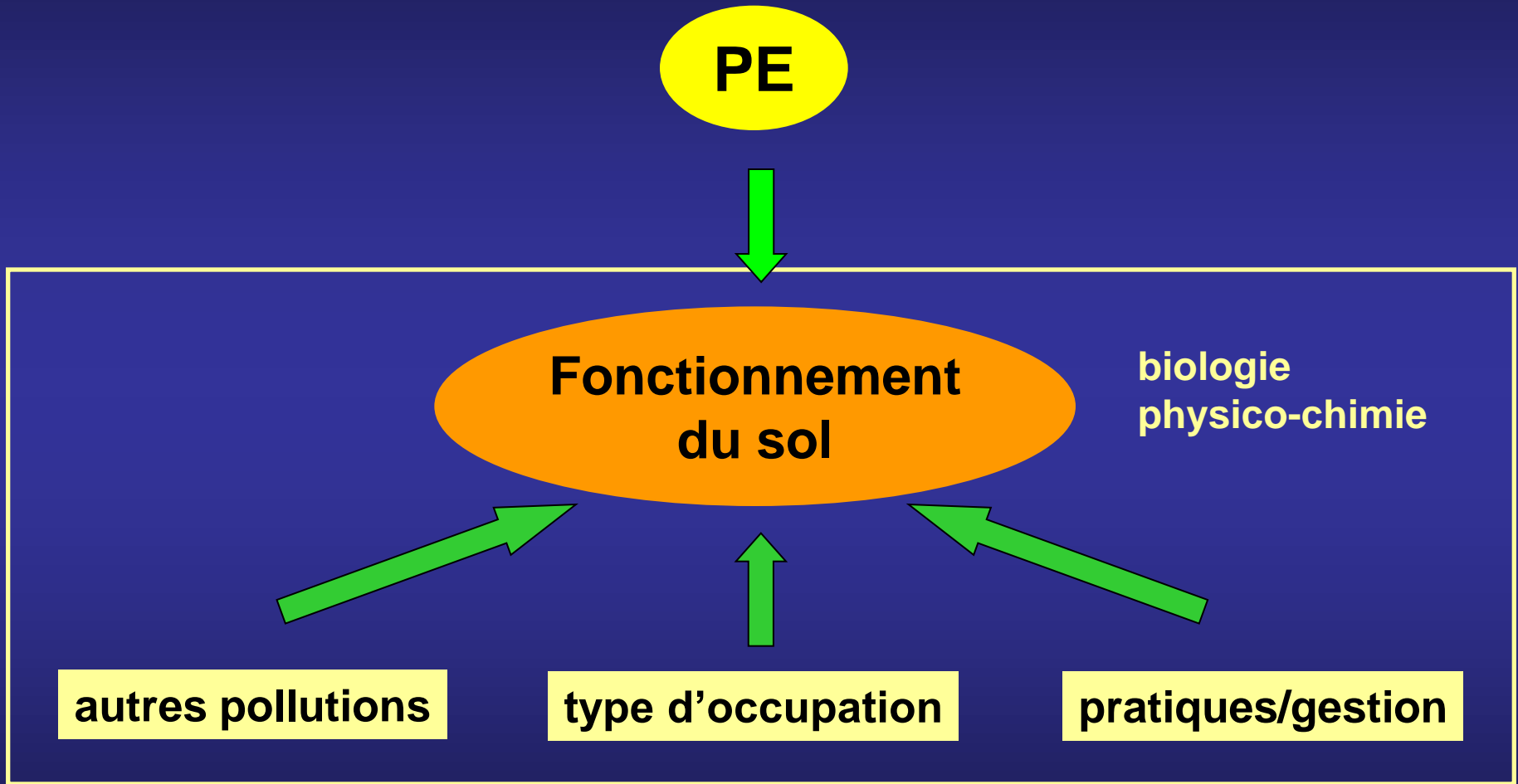
1948 : découverte des propriétés insecticides par Müller (prix Nobel de Médecine)

1962 : “le printemps silencieux”

1973 : interdiction française

2004 : contamination des eaux et denrées alimentaires

En guise de conclusion...



FIN



**Merci pour votre
attention**