



RENNES BRETAGNE  
> de Janvier à mars 2015



## Les fourmis, biodiversité et pollution

**ALAIN LENOIR**, biologiste, Institut de recherche sur la biologie de l'insecte  
(Université François-Rabelais, Tours)



On trouve des fourmis partout. Elles sont de bons indicateurs de biodiversité et de l'état des écosystèmes. Elles sont une véritable usine chimique qui permet une communication complexe et leur permet par exemple de se reconnaître à leur odeur grâce à des substances qui sont sur leur cuticule. Mais cette cuticule piège aussi des polluants comme les phtalates qui sont des perturbateurs endocriniens qui perturbent l'activité hormonale chez l'homme mais agissent aussi sur les fourmis.

> En lien avec l'exposition  
*Mille milliards de fourmis*  
(voir p. 9)

# Les fourmis, biodiversité et pollution

**Alain Lenoir, Professeur émérite  
Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte  
Université de Tours**

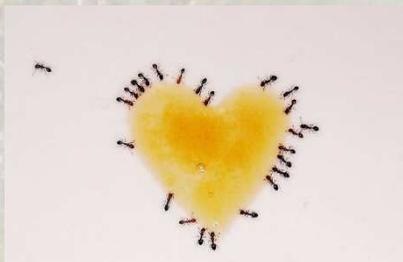


Photo Thibaud Monnin

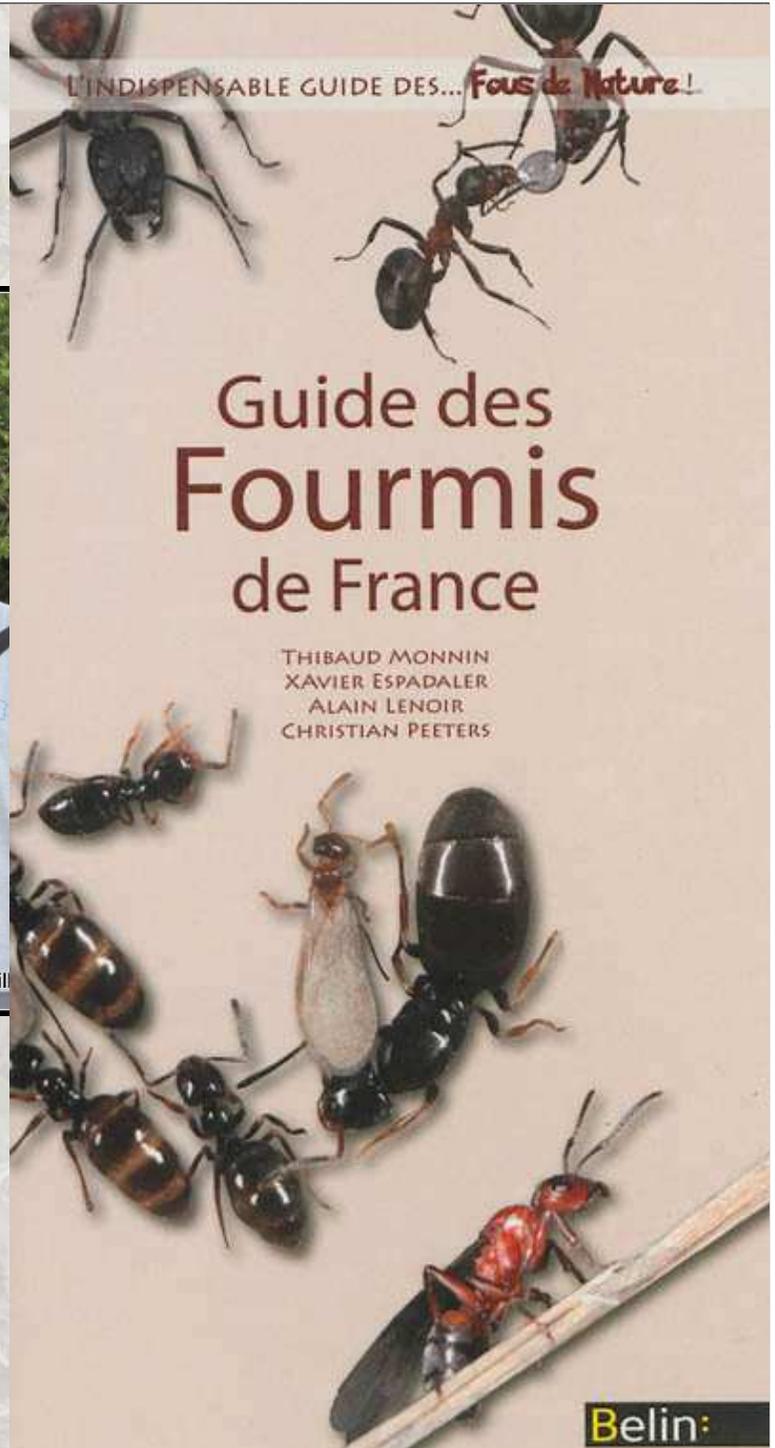




**Christian Peeters**  
**Pourquoi les fourmis ont réussi**

Conférence animée par Maëtte Chantrel

LES MARCHÉS DE L'ESPACE DES SCIENCES



# À Rennes depuis 2001



# Pourquoi les fourmis ont réussi ?

HORS-SÉRIE

**SCIENCES**  
ET  
**AVENIR**

RENCONTRE AVEC PIERRE-HENRI GOUYON

« Ah ! Si nous étions capables des  
prouesses des fourmis ! »

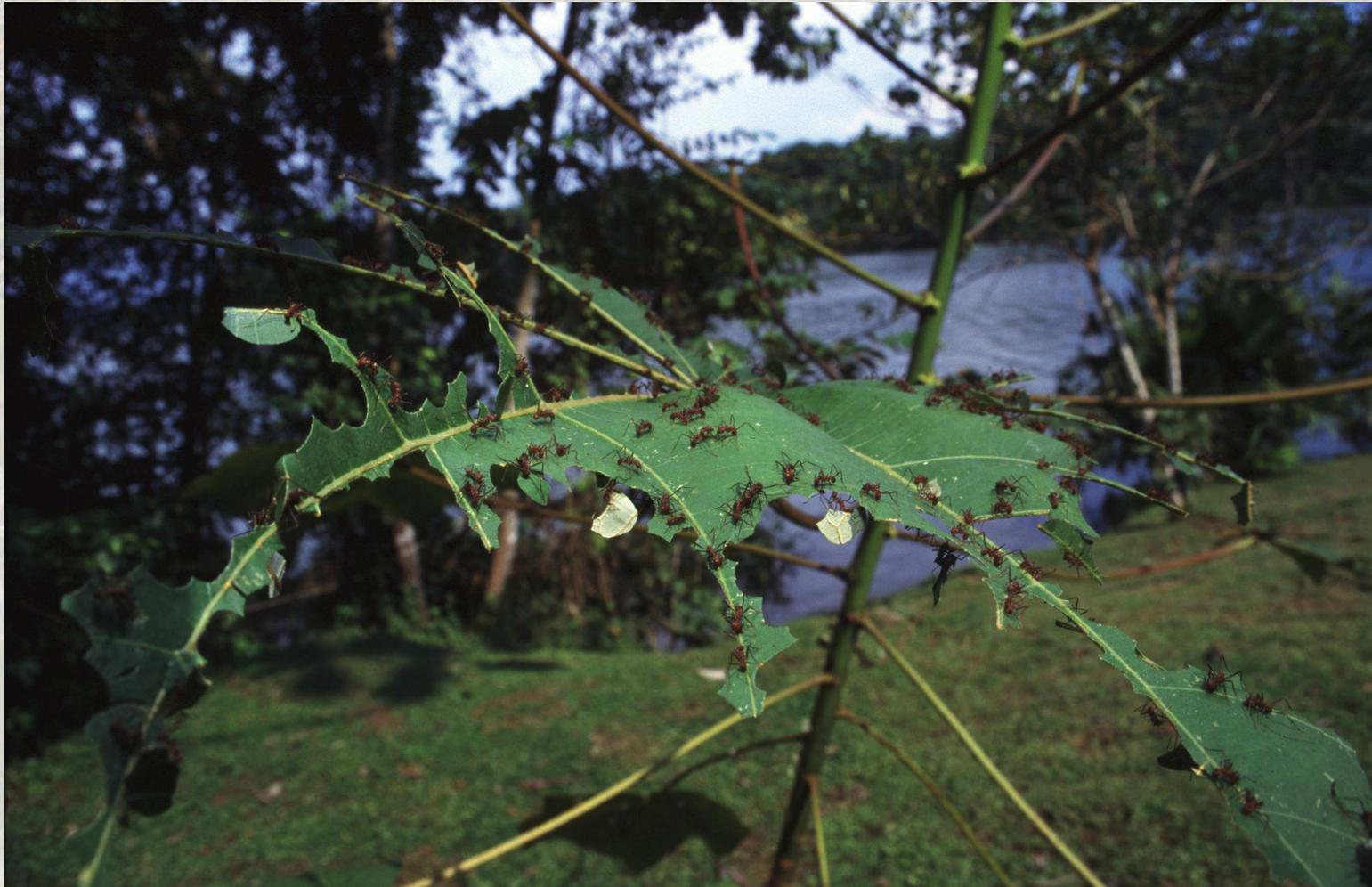


- **Invention de l'élevage (pucerons, cochenilles) et de l'agriculture (champignons)**
- Prédatrices, protection des forêts, de la savane
- Ingénieurs des écosystèmes
- Equilibre des écosystèmes

# Elevage



# Fourmis coupe-feuilles champignonnistes



# les fourmis champignonnistes

Ce sont de très  
bonnes cultivatrices.



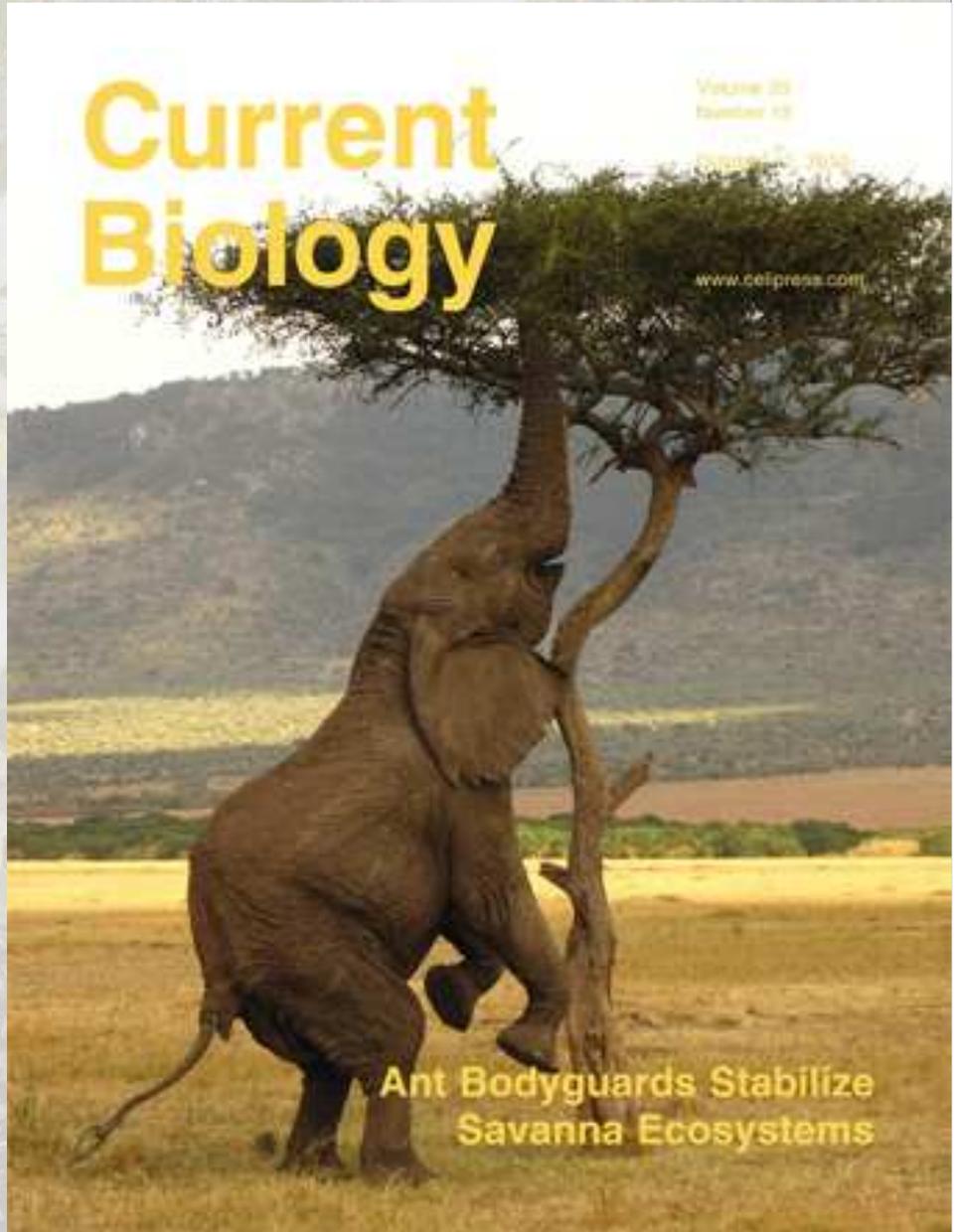
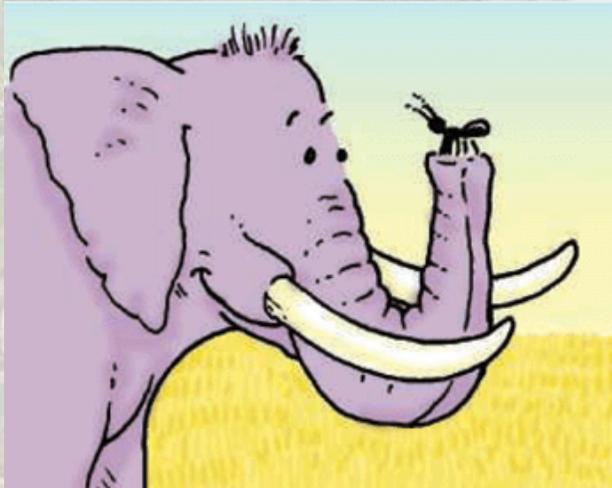
# Pourquoi les fourmis ont réussi ?

- Invention de l'élevage (pucerons, cochenilles) et de l'agriculture (champignons)
- **Prédatrices, protection des forêts, de la savane**
- Ingénieurs des écosystèmes
- Equilibre des écosystèmes

# Fourmis rousses des bois



# Éléphants et Acacias dans savanes africaines





# Pourquoi les fourmis ont réussi ?

- Invention de l'élevage (pucerons, cochenilles) et de l'agriculture (champignons)
- Prédatrices, protection des forêts, de la savane
- **Ingénieurs des écosystèmes (avec termites)**
- Equilibre des écosystèmes

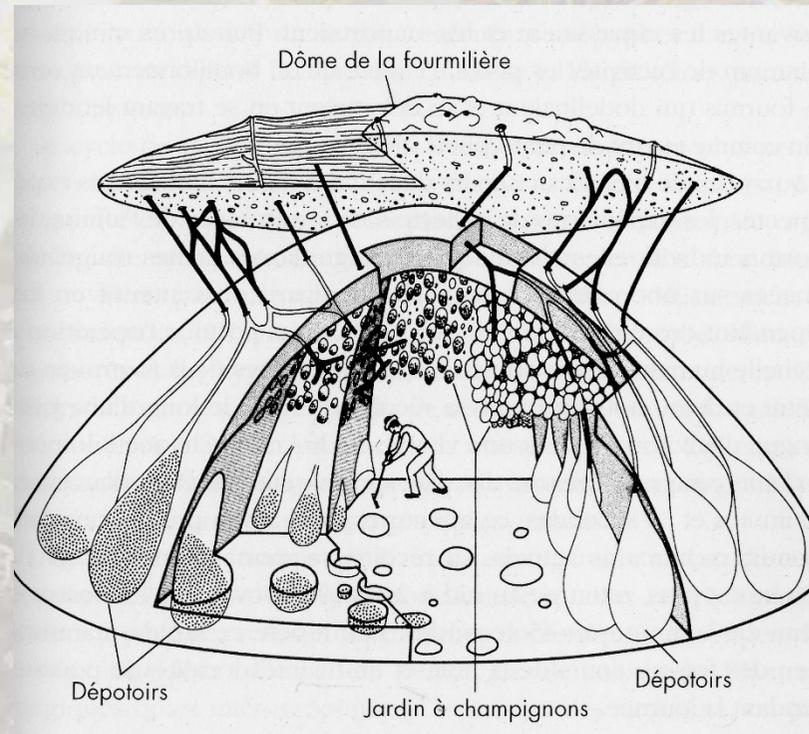
# Ingénieurs des écosystèmes

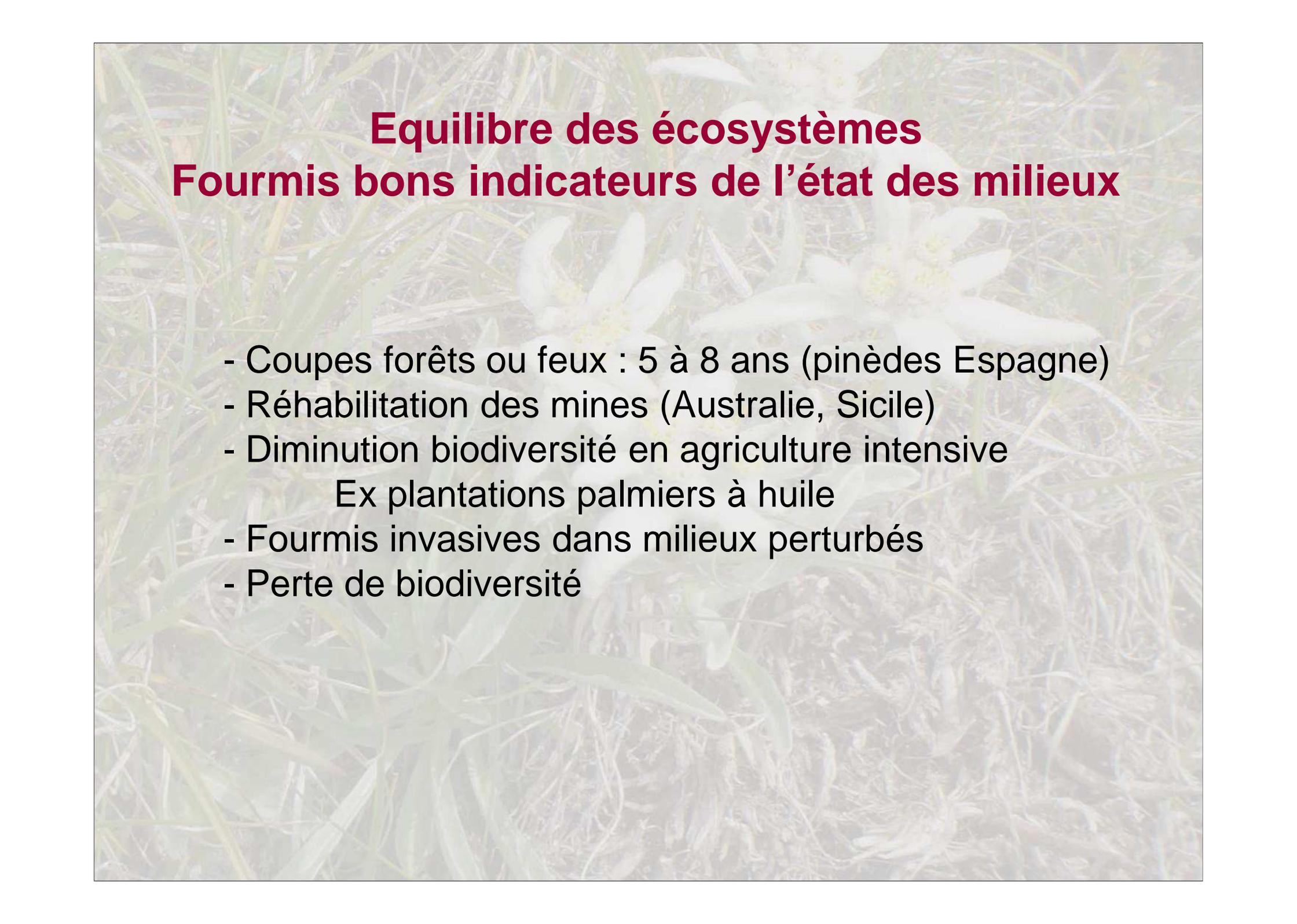


Afrique : termites



Argentine : 2 000 kg terre retournée / ha par fourmis (après vers de terre)





## Equilibre des écosystèmes

### Fourmis bons indicateurs de l'état des milieux

- Coupes forêts ou feux : 5 à 8 ans (pinèdes Espagne)
- Réhabilitation des mines (Australie, Sicile)
- Diminution biodiversité en agriculture intensive
  - Ex plantations palmiers à huile
- Fourmis invasives dans milieux perturbés
- Perte de biodiversité

# Moisson inédite dans la steppe de Crau

INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE | Dans une plaine provençale polluée par du pétrole, des fourmis ont été introduites pour aider à la reconstitution de la végétation originelle

PIERRE LE HIR

Saint-Martin-de-Crau  
(Bouches-du-Rhône)  
Envoyé spécial

**P**récautionneusement, le chercheur soulève un galet. Le temps d'entrevoir, dans la cavité de terre rouge, une grappe de fourmis aux mandibules chargées de minuscules œufs laiteux. L'homme referme la cache, tout sourire. La greffe a pris ! Trois ans après la réintroduction de près de deux cents reines fécondées, la moitié des nids ont survécu. Dans quelques années, chacun comptera entre 8000 et 20000 ouvrières, dont la mission sera d'aider au retour de la végétation originelle. « Une première, encore tentée nulle part ailleurs », dit Thierry Dutoit, direc-



Fourmi moissonneuse transportant une graine.

RENAUD JAUNÂTRE/CNRS-IMBE

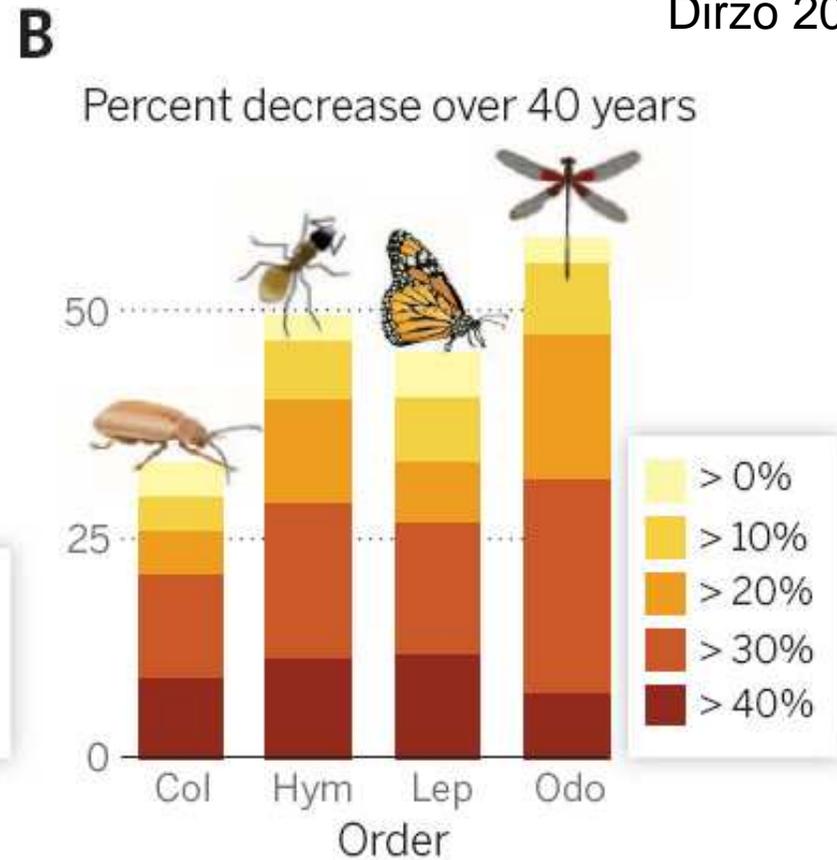
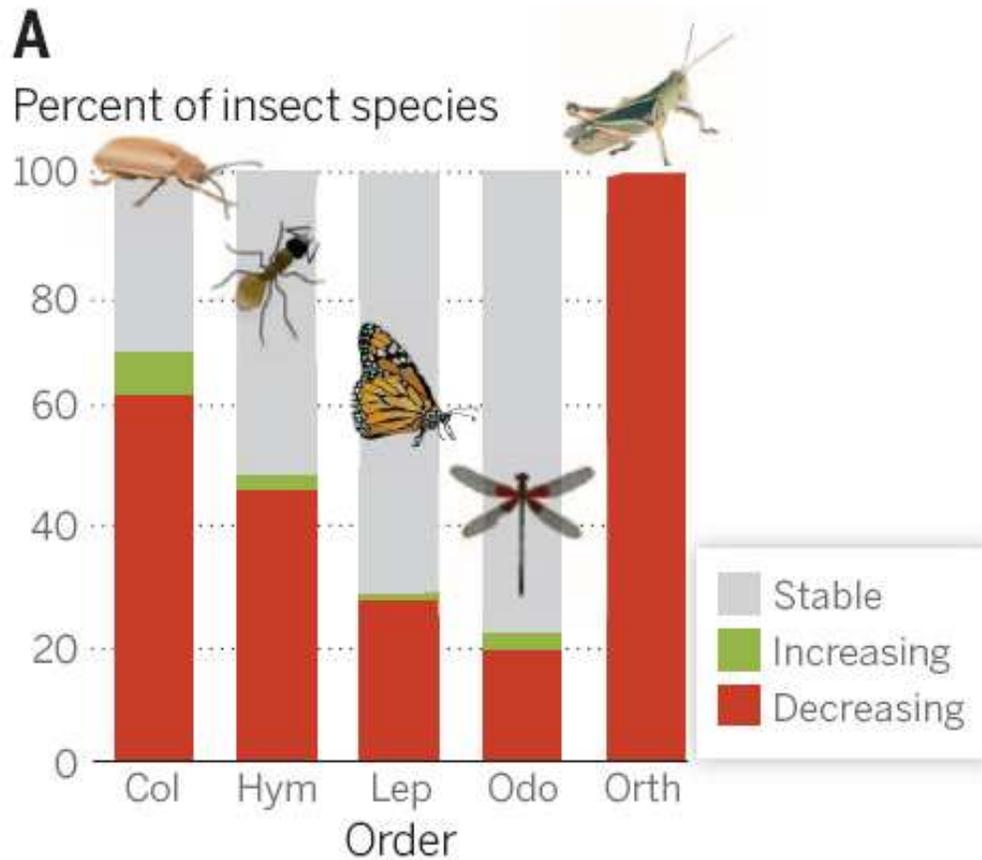
et les bonnes couleurs, pas encore le dessin ni la patine du temps. »

C'est la tâche assignée aux fourmis moissonneuses (*Messor barbarus*), dont 169 reines ont été disséminées sur le site, à l'automne 2011, dans des niches obturées par un galet les préservant des prédateurs et régulant la température du nid. Il s'agit, cette fois, d'ingénierie écologique, consistant à « agir pour et par la biodiversité », explique le biologiste : « Plutôt que de faire appel aux ingénieurs des Mines ou des Ponts et Chaussées, utilisons les ingénieurs des écosystèmes ! »

Ces insectes granivores, qui peuvent parcourir près de 40 mètres, plusieurs fois par jour, pour chercher leur subsistance et nourrir la colonie, laissent en effet en chemin des graines, qui s'accumulent aussi dans les greniers et les dépotoirs des fourmilières. On y trouve notamment les

# Azuré des mouillères avec fourmi hôte *Myrmica*





IUCN 40% des espèces d'hyménoptères en décroissance et 100% des orthoptères

Grande-Bretagne

Anthropocène → 6<sup>ème</sup> extinction ?

# Divers

- Fourmis comestibles
- Hygiène chez les fourmis
- « Personnalité » des fourmis ?



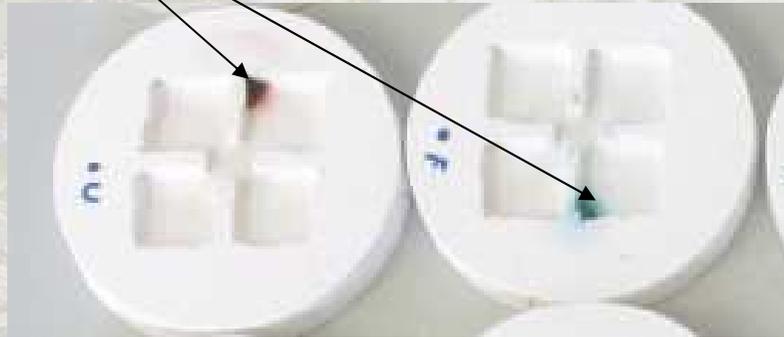
Oecophylles (fourmis fileuses)



*Polyrachis dives* (Chine)  
Reins et anti-inflammatoire

# Hygiène dans le nid

Fèces dans le nid



Cimetières de fourmis ?

Fourmis malades sortent du nid pour mourir

Fourmis champignonnistes avec bactéries pour  
lutter contre champignons parasites

# Personnalité des fourmis ?

Division du travail : inactives, élites

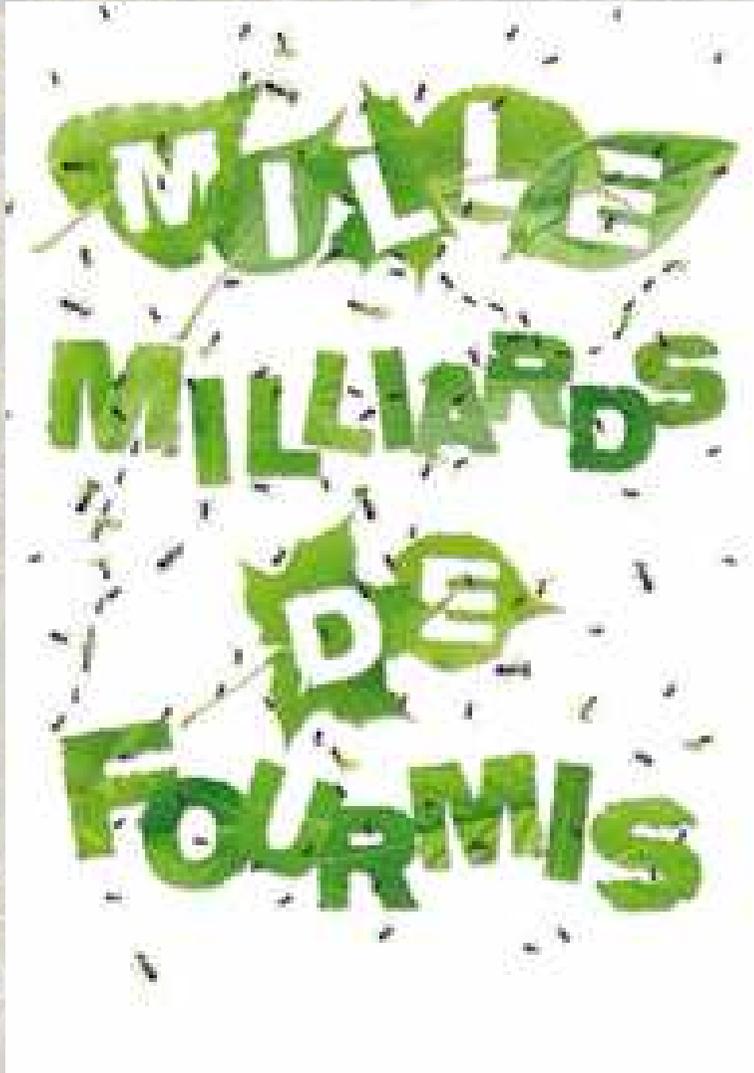
Altruisme :

- reconnaissance coloniale
- comportement de secours

Empathie ?



Allez voir l'expo



# Mes recherches sur les fourmis

Reconnaissance coloniale et spécifique avec produits cuticulaires :

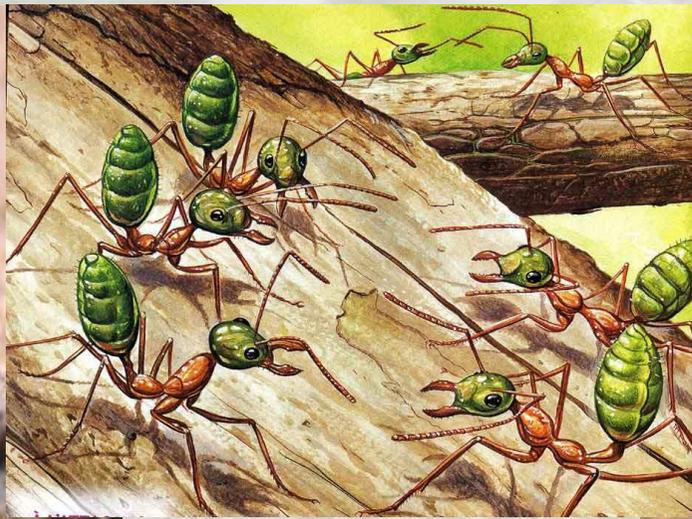
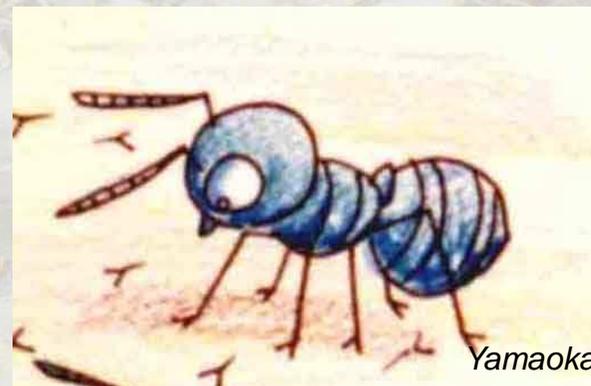


# Reconnaissance coloniale

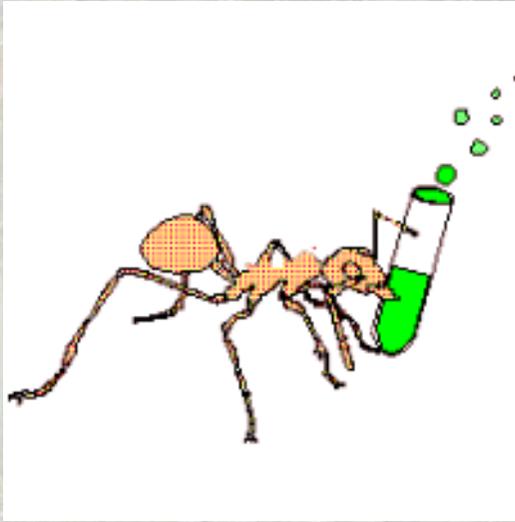


Odeurs

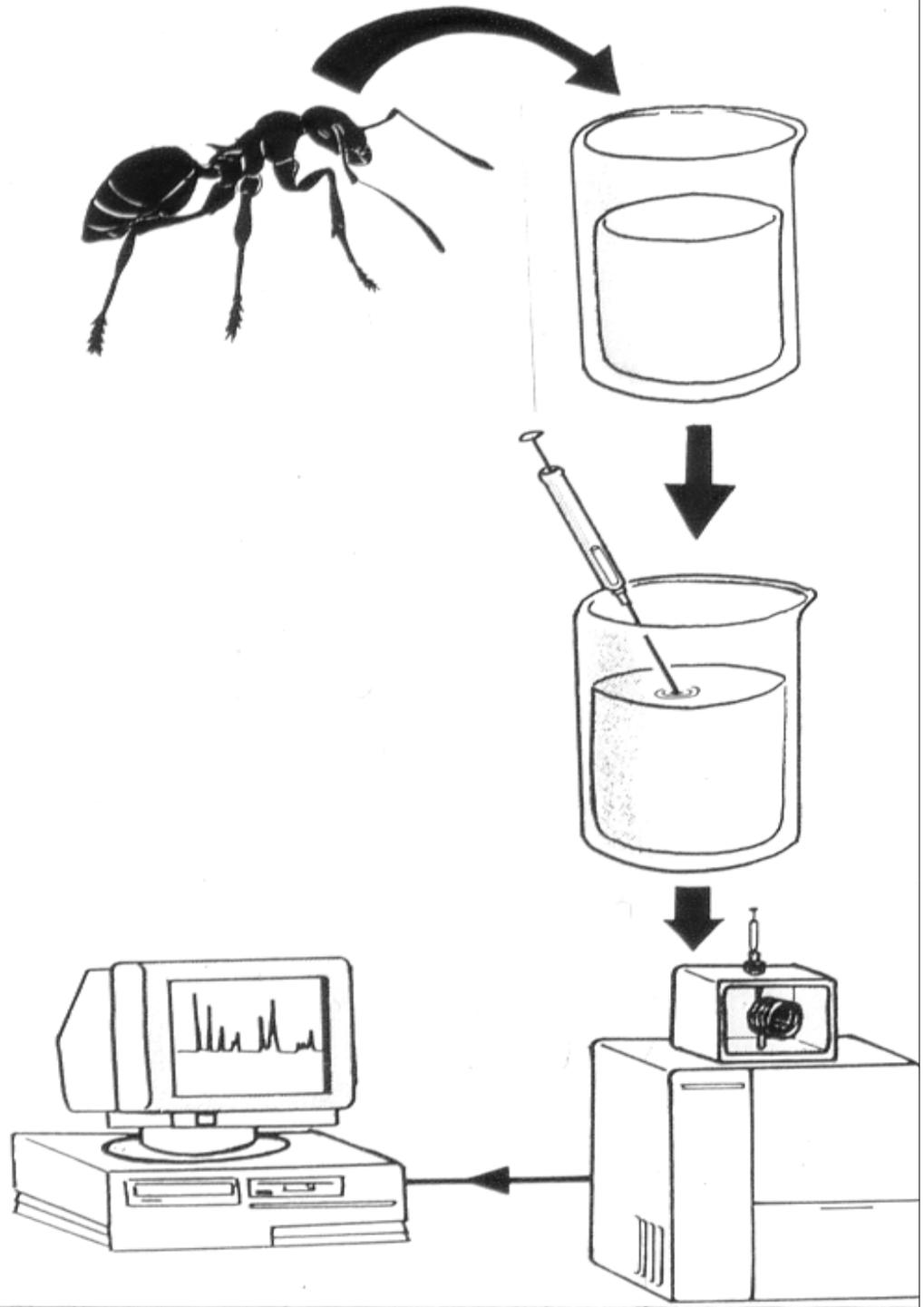
?



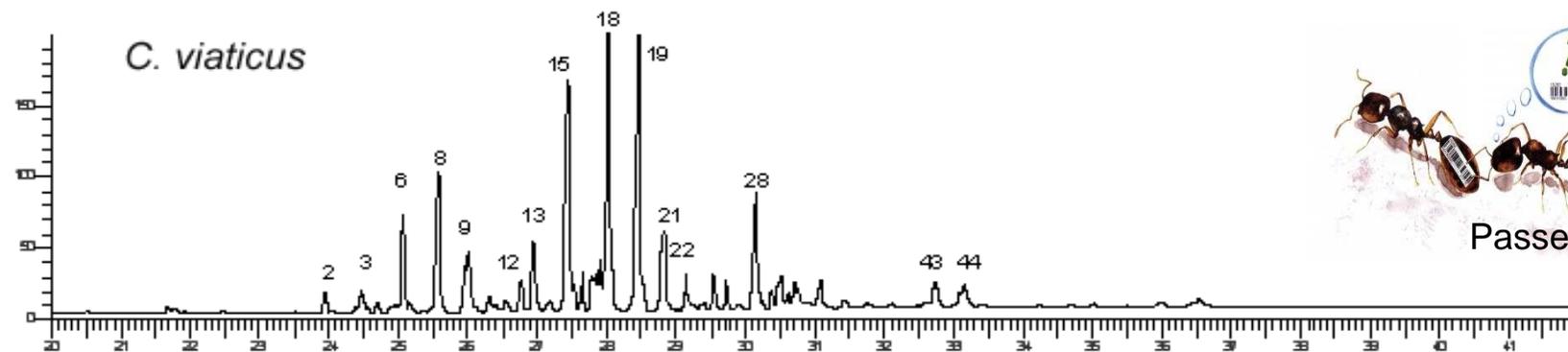
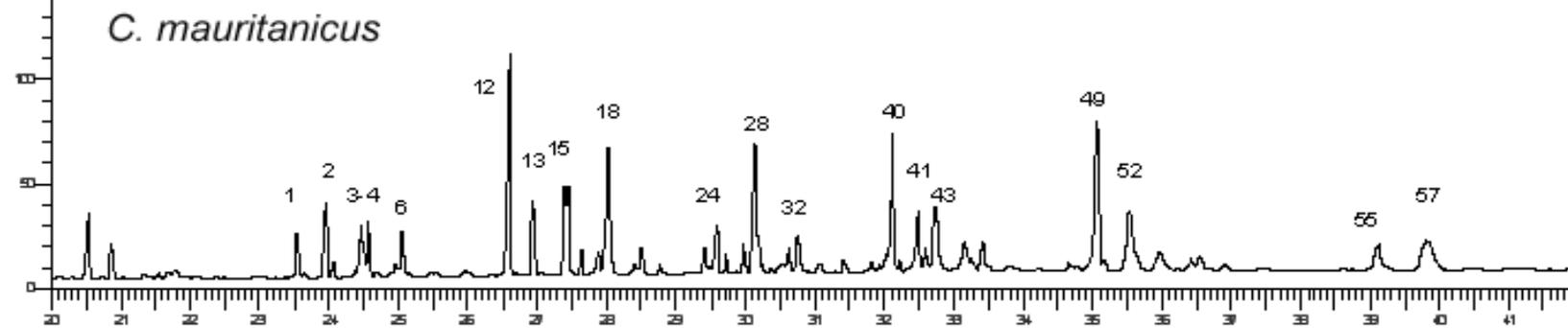
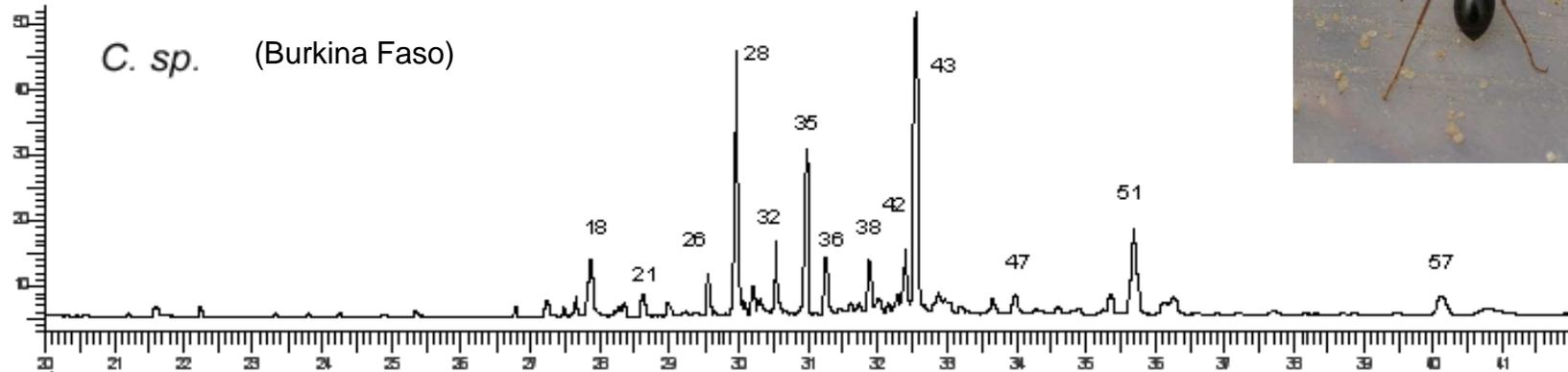
Guerres de fourmis



**Chromatographie en  
phase gazeuse +  
spectrométrie de  
masse**



# Diverses espèces de fourmis *Cataglyphis*



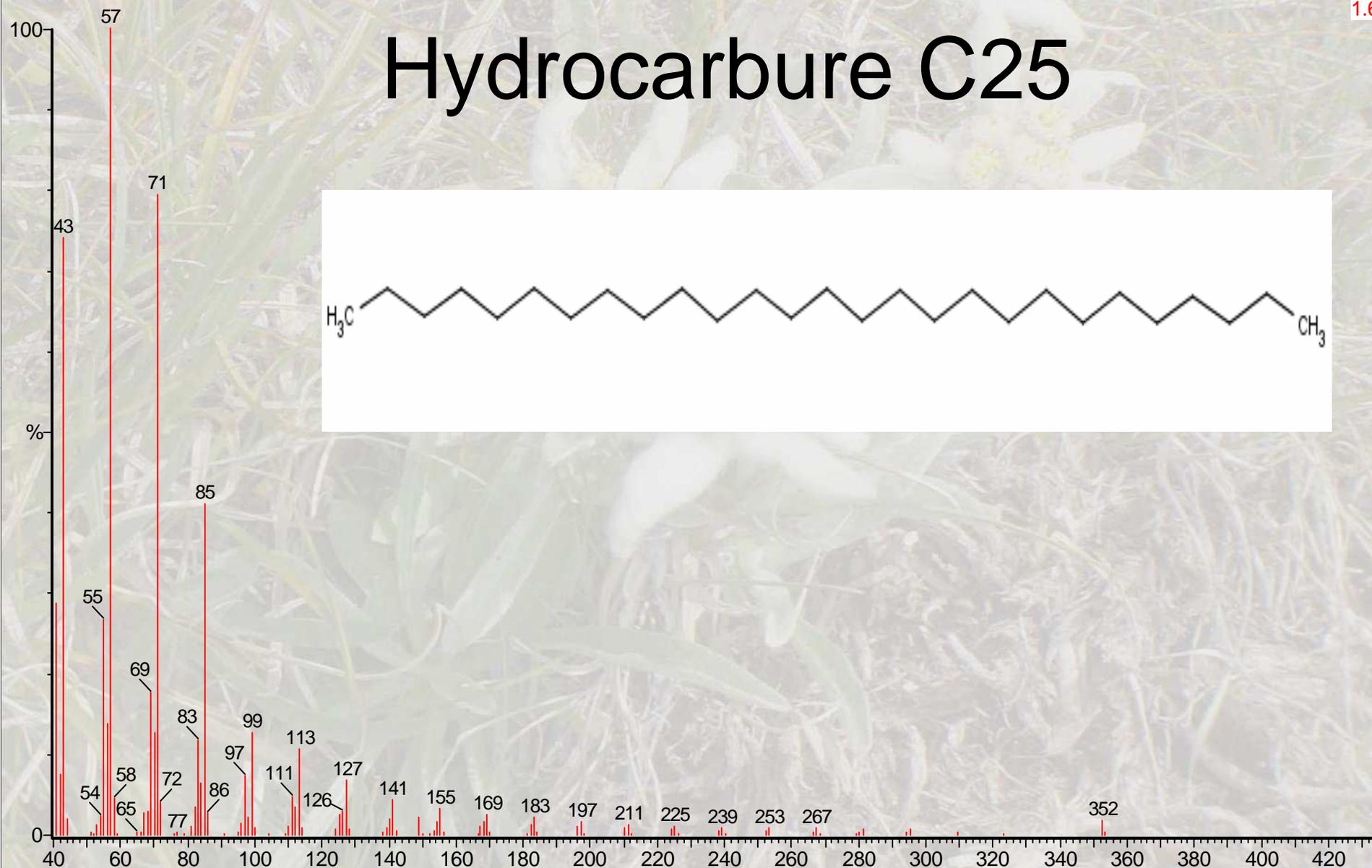
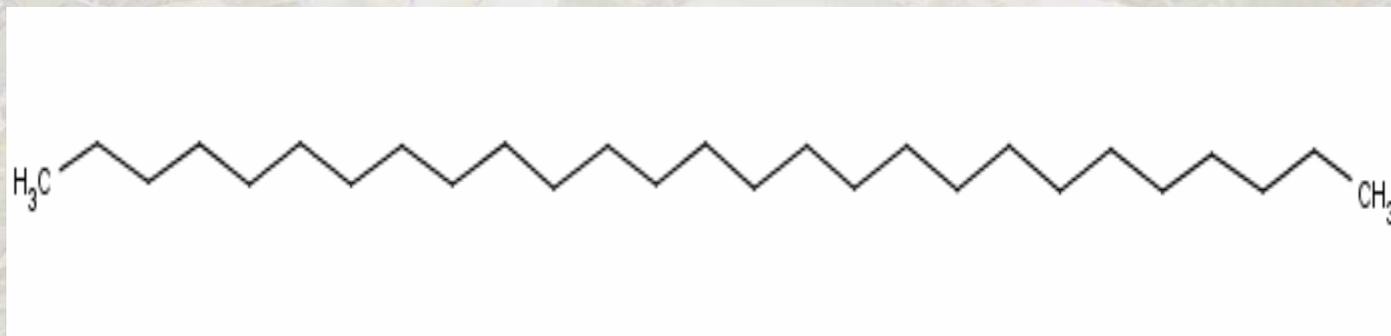
Passera Aron

3/072006

AL\_Campofellah\_tho 985 (18.955) Cm (982:988-(884:973+1110:1171))

Scan E  
1.64

# Hydrocarbure C25

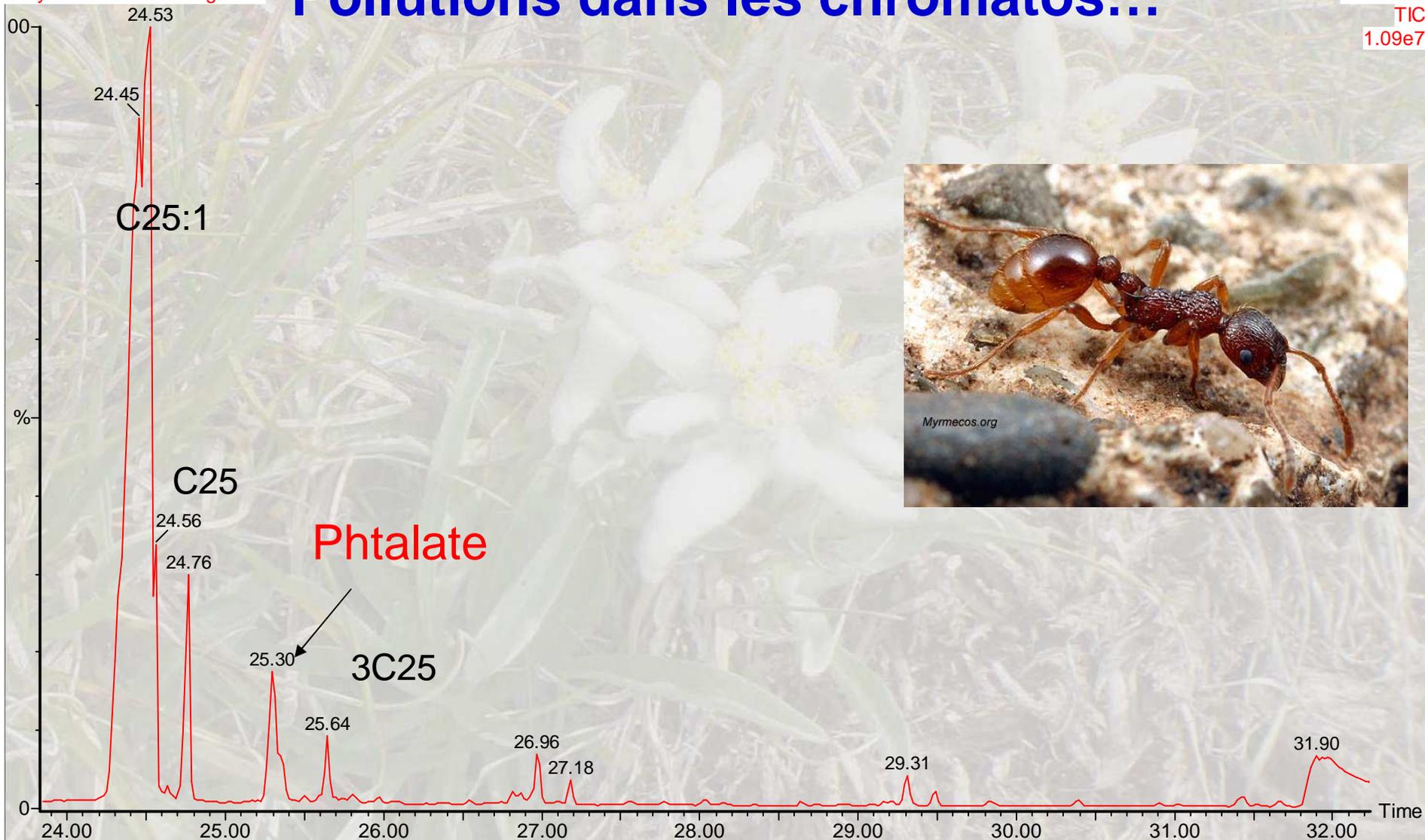


nov 2008

L-Myrmica-scabri-Bourgeoise

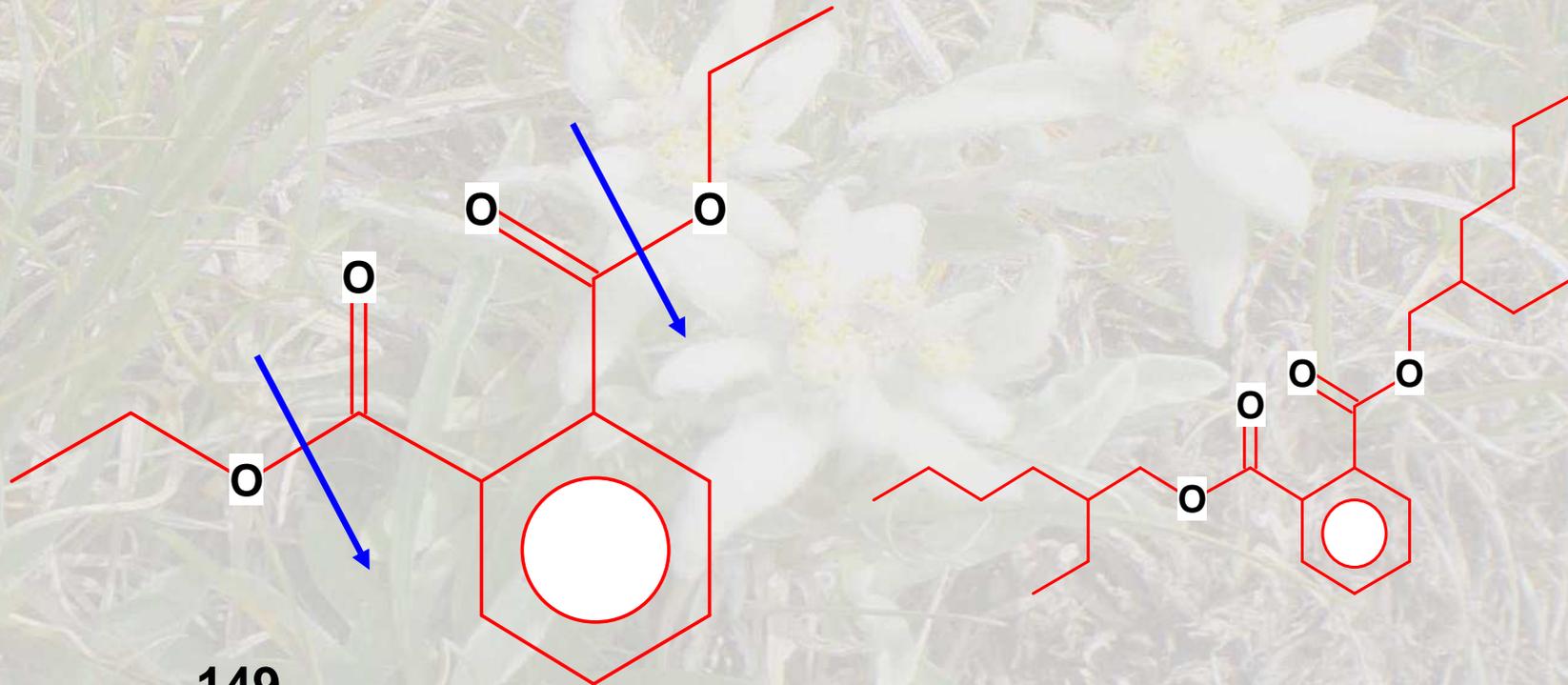
# Pollutions dans les chromatatos...

Scan EI+  
TIC  
1.09e7



# Phtalates

plastifiants = assouplir le plastique (exemple PVC)



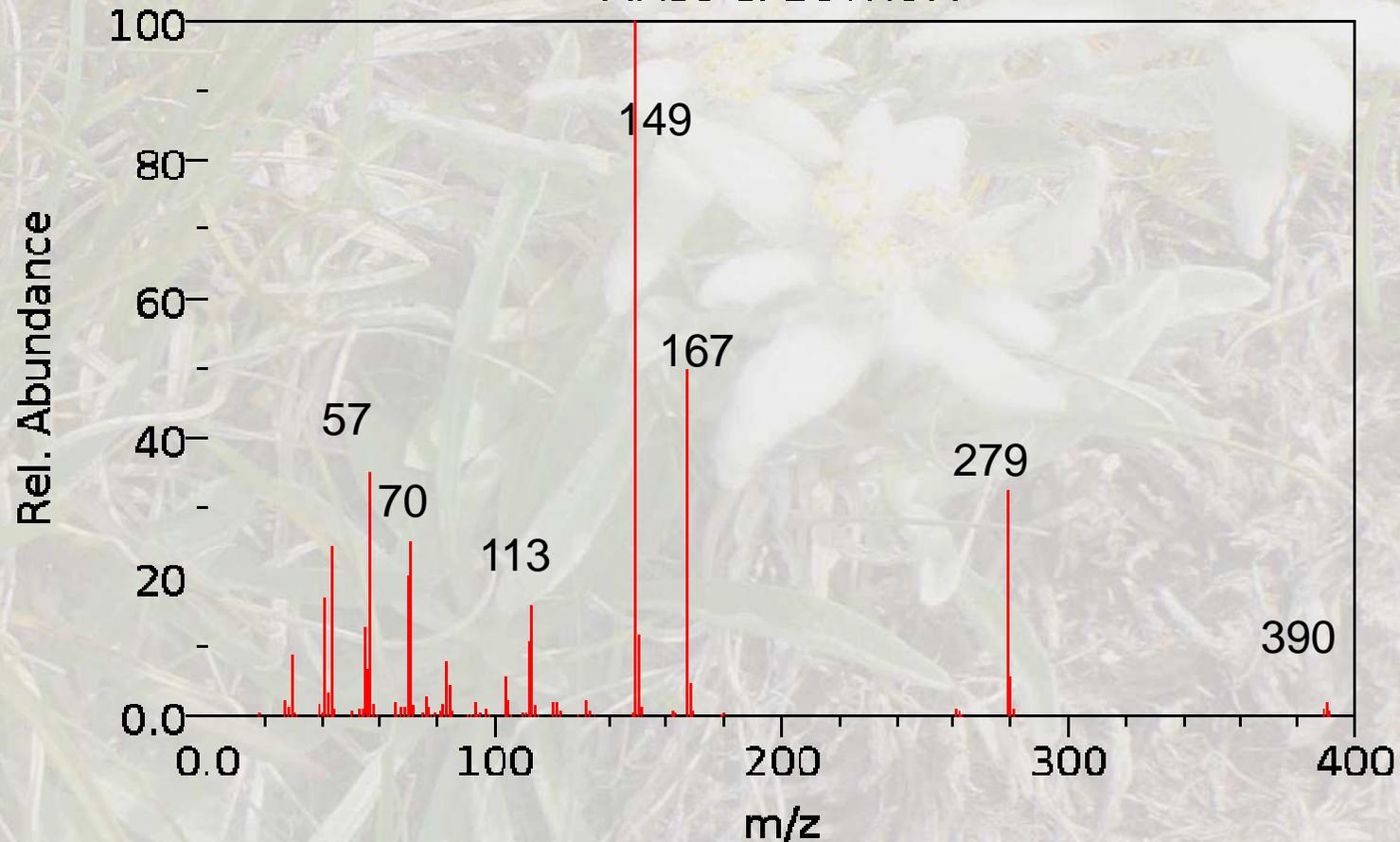
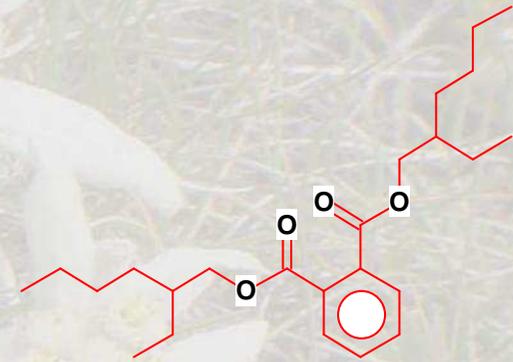
149

# DEHP Diethylexyl phthalate

DEHP le + utilisé dans PVC

Bis(2-ethylhexyl) phthalate

MASS SPECTRUM



NIST Chemistry WebBook (<http://webbook.nist.gov/chemistry>)

# Divers phtalates chez *Lasius niger*

- DEHP : Di Ethyl Hexyl Phtalate

Plus courte chaîne

- DBP : Di Butyl Phtalate (= DNBP)  
et son isomère DIBP : Di IsoButyl Phtalate

- parfois

BBP : Benzyl Butyl Phtalate

DEP : Di Ethyl Phtalate





## Quantités sur *Lasius niger* récoltées dans la nature

**2 ng/fourmi**

**/ HCs cuticulaires 0.6%**

**Soit 1/1000 poids frais fourmi  
= 1mg / kg**

**Mais très variable au labo : janvier  
2011 près de 30 ng / fi...**

# Qui ? Où ?

## Phtalates

- chez toutes les espèces de fourmis
- partout (France, île Egine Grèce, Andalousie, Maroc, Burkina, Guyane, montagnes) sans contacts proches avec plastiques



# Phtalates sur autres insectes ?

- *Nemobius sylvestris*



- *Apis mellifera*



- Toiles araignées grottes en Chine



## Origine ?



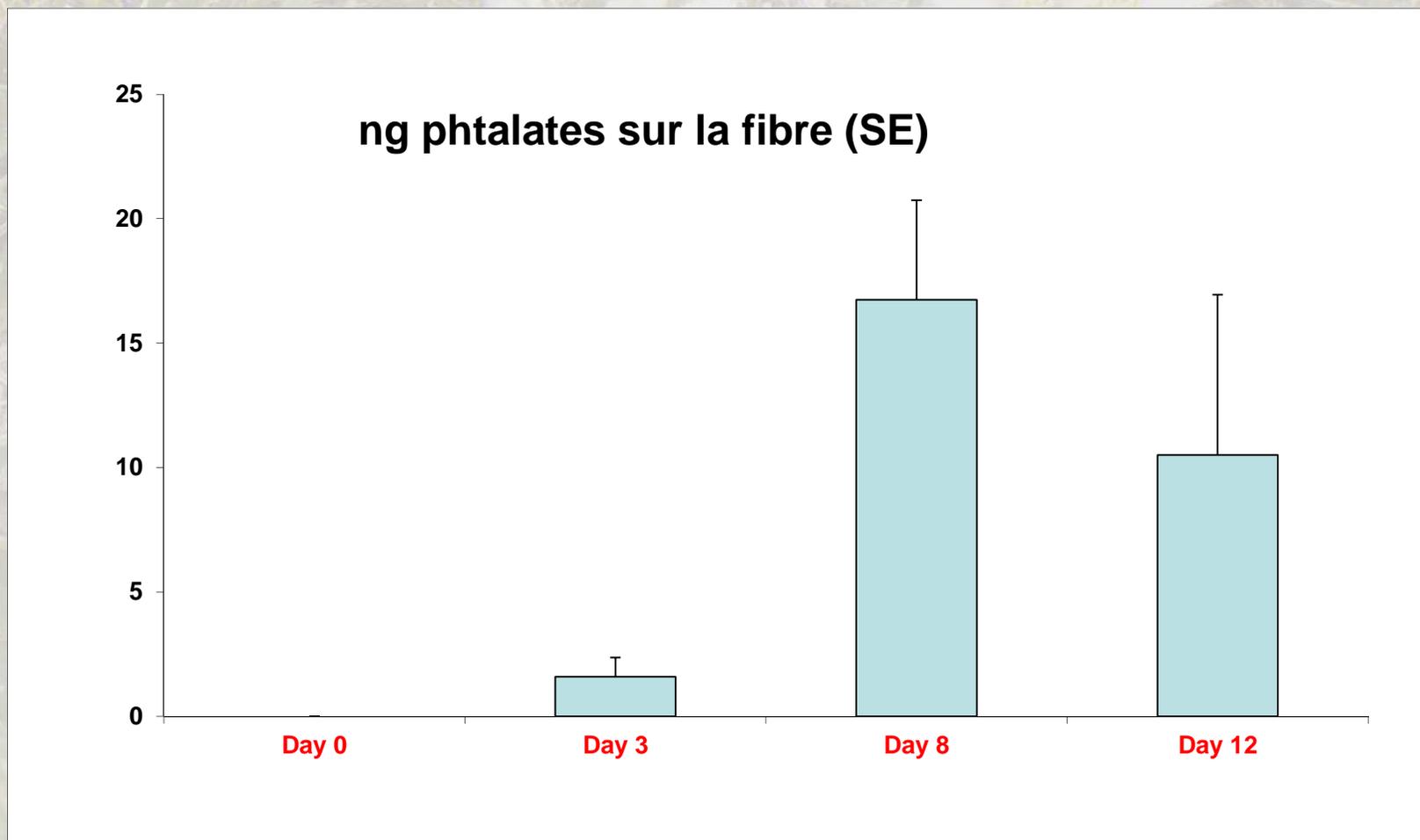
- Contact avec plastiques (donc au labo)
- Plupart matières organiques diffusent dans l'air = aérosols  
DEHP dans poussières : 100 à 7 000 microgr/ g  
50 picogr / m<sup>3</sup> air à Paris

Partout dans l'air, l'eau, les sédiments



# Dans l'air ?

Capteur spécial exposé à l'air



Idem dans l'eau

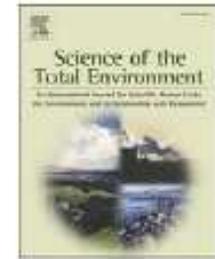




Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](#)

## Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



### Ant cuticles: A trap for atmospheric phthalate contaminants

Alain Lenoir <sup>a,\*</sup>, Virginie Cuvillier-Hot <sup>b</sup>, Séverine Devers <sup>a</sup>, Jean-Philippe Christidès <sup>a</sup>, Frédéric Montigny <sup>c</sup>

<sup>a</sup> IRBI, Institut de recherche sur la Biologie de l'insecte, UMR CNRS 7261, Université François Rabelais, Tours, France

<sup>b</sup> Laboratoire GEPU-FRE CNRS 3268 Université des Sciences et Technologies de Lille1, Villeneuve d'Ascq, France

<sup>c</sup> Plateau d'analyse chimique, Faculté de Pharmacie, Université François Rabelais, Tours, France

## Partout dans le monde, les fourmis sont contaminées par des substances plastifiantes

Utilisés pour ramollir les plastiques, les phtalates se retrouvent dans l'atmosphère sous forme de particules qui sont absorbées par les insectes à travers leur cuticule.

Le Figaro 4 janvier 2013

## Effets des phtalates sur fourmis ?

- Perception : évitent aliments avec phtalate
- Ponte des reines ralentie
- Immunité stimulée
- Très peu de données sur invertébrés terrestres

# Phtalates où ?



# Phtalates

## Phtalates

- utilisés en grande quantité pour rendre plastiques PVC plus souples et moins cassants (voitures, bâtiment, matériel médical, jouets, colles, peintures, boîtes plastique, poches transfusion, rideaux douches, sols)
- petites molécules comme solvant : parfums, vernis à ongle, pesticides, répulsifs insectes, lubrifiants pour le textile
- matériel chirurgical

4,9 millions tonnes / an (2010) dont moitié de DEHP

Lien souple avec le plastique -> relâchés dans l'environnement, par ex dans micro-ondes, plus rapide quand le plastique vieillit.

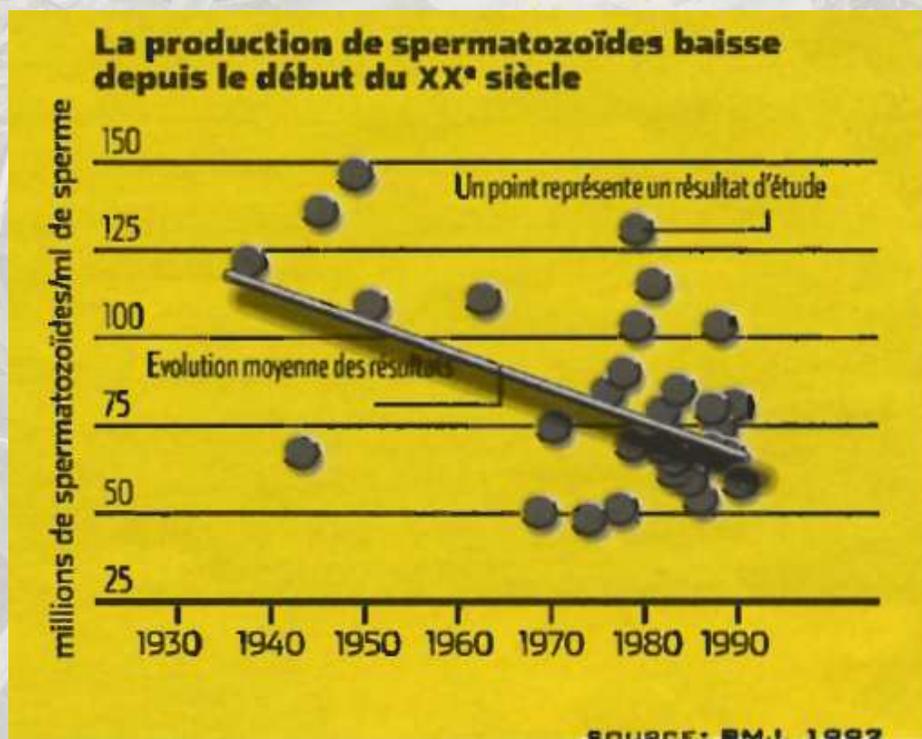
Photo dégradation :  $\frac{1}{2}$  vie 2 à 30 jours, mais dérivés ?

- Presque tout le monde dans urine
- $\frac{3}{4}$  des enfants allemands ont taux supérieurs au seuil toléré
- 60 millions de consommateurs, février 2009 : 20% des tee-shirts avec des taux de phtalates supérieurs à la norme européenne
- 6 mois dans une voiture neuve !
- quantités énormes dans l'air (jusqu'à  $300 \text{ ng} / \text{m}^3$ )



# Effets des phtalates sur l'homme

- 60% des jeunes espagnols de 18 à 30 ans (sur un échantillon de 1239) présentent un sperme de mauvaise qualité selon les critères de l'OMS et auront plus de difficultés à avoir des enfants.



LA FERTILITÉ MASCULINE

# Chute spectaculaire de la qualité du sperme

Une vaste étude française montre que la concentration en spermatozoïdes a baissé d'un tiers entre 1989 et 2005

Ce n'est pas encore la déroute, mais une alerte sérieuse. Le sperme des Français contient de moins en moins de spermatozoïdes. Selon une vaste étude française mise en ligne mercredi 5 décembre sur le site de la revue *Human Reproduction*, la concentration en spermatozoïdes a chuté de près d'un tiers entre 1989 et 2005.

En moyenne, elle reste toutefois au-dessus des seuils définissant l'infertilité masculine. Pour expliquer ces résultats, le rôle des perturbateurs endocriniens — bisphénol A, phthalates, PCB, etc. — est évoqué.

Le déclin de la qualité du sperme est un sujet qui donne lieu à controverse depuis des années. Les études épidémiologiques conduites dans les pays développés présentent en effet parfois des résultats discordants.

La concentration moyenne de spermatozoïdes était de 73,6 millions par millilitre de sperme en 1989. En 2005, elle était de 49,9 millions/ml

Il n'en reste pas moins que l'hygiène de vie, le rôle joué par les perturbateurs endocriniens est de plus en plus confortée par les données biologiques et toxicologiques. Qu'elles soient issues de l'expérimentation sur l'animal ou des expositions humaines aux perturbateurs, notamment in utero,



sont accumulés les chiffres issus des centres d'assistance médicale à la procréation (AMP).

Les auteurs de l'étude ont analysé les données de tous les hommes dont le couple participait à un programme d'AMP dans les 126 principaux centres en France métropoli-

nis. Il n'y a priori aucune raison d'avoir une qualité de sperme différente de celle de la population générale, explique le docteur Joëlle Le Moal (département de santé environnementale, INVS).

En France, l'AMP est remboursée par la Sécurité sociale, ce qui

du tabagisme. Cependant, explique le docteur Le Moal, « au cours de la période étudiée, parmi les personnes ayant un niveau socio-éducatif supérieur à la moyenne, le tabagisme masculin a plutôt diminué et l'augmentation de l'indice de masse corporelle a été

tombée à 49,9 millions/ml.

Ces valeurs se situent encore nettement au-dessus des seuils en dessous desquels un homme est considéré comme stérile (1, à 20 millions/ml). L'inquiétude vient surtout de la régularité avec laquelle ce taux décroît. « Nos réna-

## L'essor de la fécondation « in vitro »

**Procréation assistée** Le nombre d'enfants issus d'une fécondation in vitro progresse rapidement en France. Selon l'Institut national d'études démographiques (INED), 69 049 bébés sont nés grâce à cette technique entre 2004 et 2008 contre 39 668 durant la période 1994-1998, soit une progression de 74,3%.

**Spermatozoïdes** Sur 22 401 enfants nés en 2010 par assistance médicale à la procréation, 11 229 ont vu le jour grâce à un don de sperme, que ce soit après une insémination intra-utérine (technique la plus répandue), après une injection intracytoplasmique ou après une fécondation in vitro classique.

rer la fécondation.

Les chercheurs ont constaté une « diminution significative » du pourcentage de spermatozoïdes ayant une morphologie normale au cours de la période de dix-sept ans étudiée. Il est passé de 60,9% en 1989 à 39,2% en 2005, avec toutefois une période de stabilisation de 1996 à 1998.

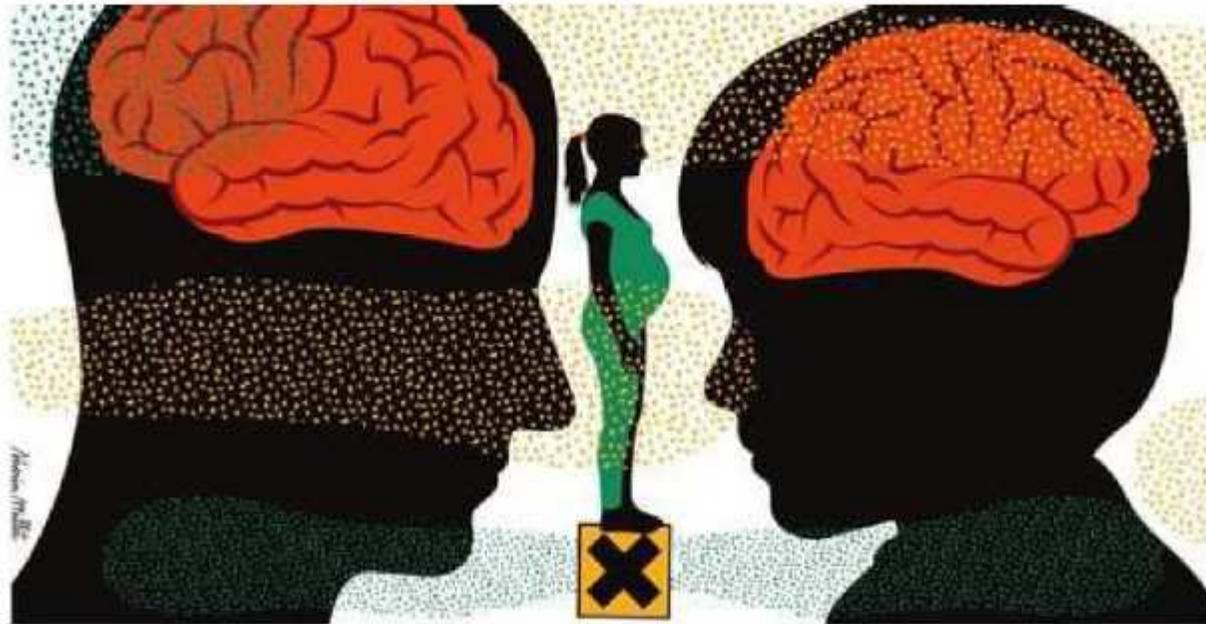
À l'inverse, la motilité des spermatozoïdes s'est améliorée de 1997 à 1998. Elle est ensuite restée stable jusqu'en 2005.

Concrètement, la qualité du sperme, cette étude ne permet pas de déterminer les facteurs qui pourraient expliquer ce déclin. Néanmoins, commente le docteur

# La pollution met en danger le cerveau

Le Monde.fr | 10.12.2014 à 20h40 • Mis à jour le 11.12.2014 à 13h22 |

Par **Stéphane Foucart** ([journaliste/stephane-foucart/](http://journaliste/stephane-foucart/))



| Séverin Millet

Des enfants exposés in utero à des niveaux élevés de deux phtalates présentent en moyenne un quotient intellectuel (QI) inférieur de plus de six points à celui d'enfants moins exposés. Cette conclusion préoccupante est le fruit d'une étude au long cours, conduite par des chercheurs de l'université Columbia (New York), et publiée mercredi 10 décembre dans la revue *PLoS One*.

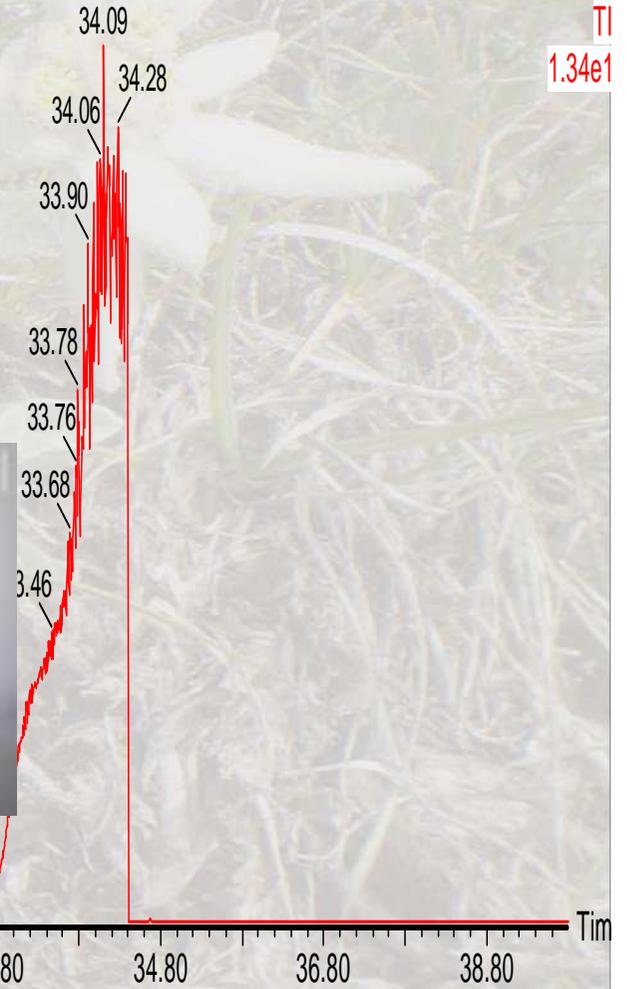
# Des nouveaux phtalates

Enorme pic de phtalate, 28-Sep-2011 + 10:19:3

Scan El  
TI  
1.34e1

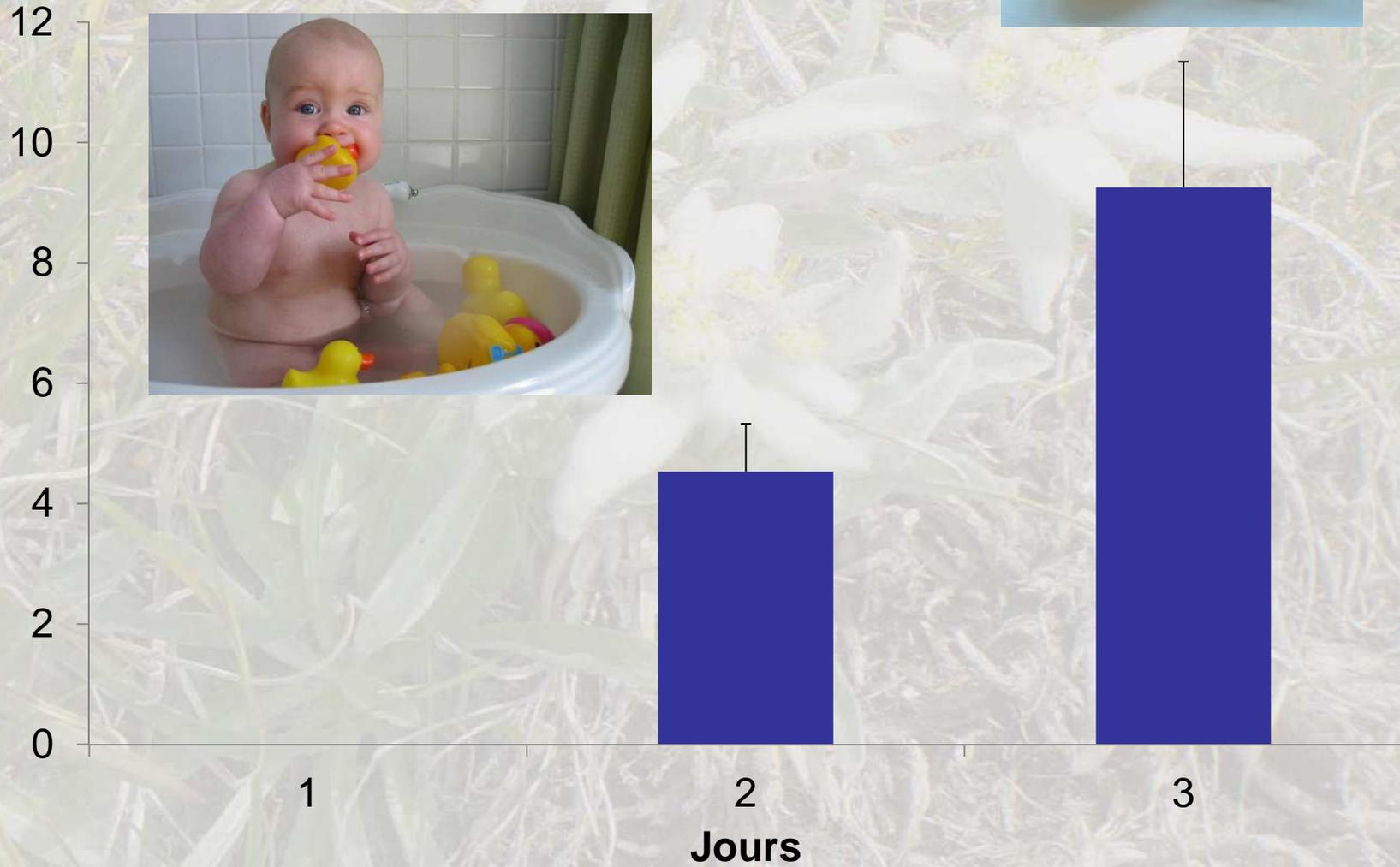
Pht\_toy1

100  
%  
0



# Fourmis avec canards

Quantité DEHTP ng/Fi





Bonnes  
nouvelles !

Plus de  
phtalates

# Rachel Carson

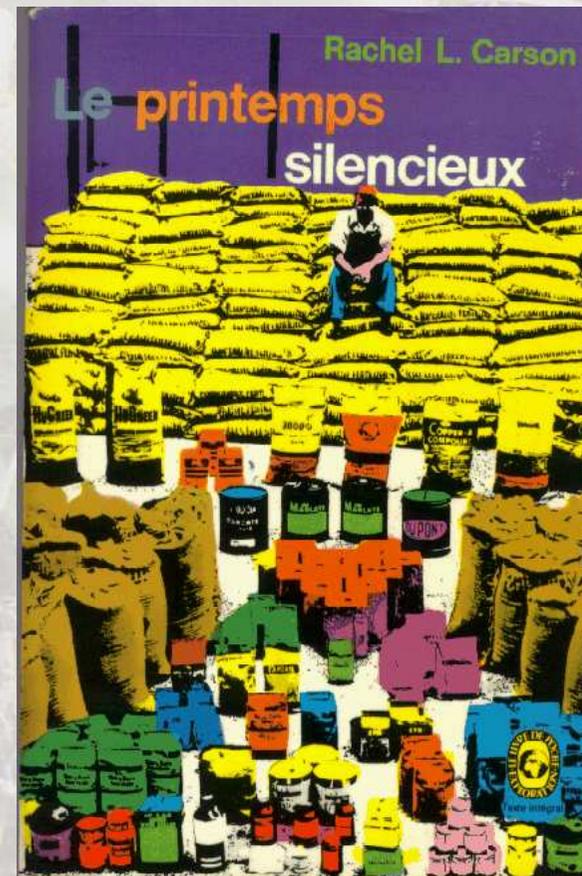
1907 - 1964



Silent spring 1962 : pesticides (DDT)

Le printemps silencieux 1968

Interdiction DDT USA 1972

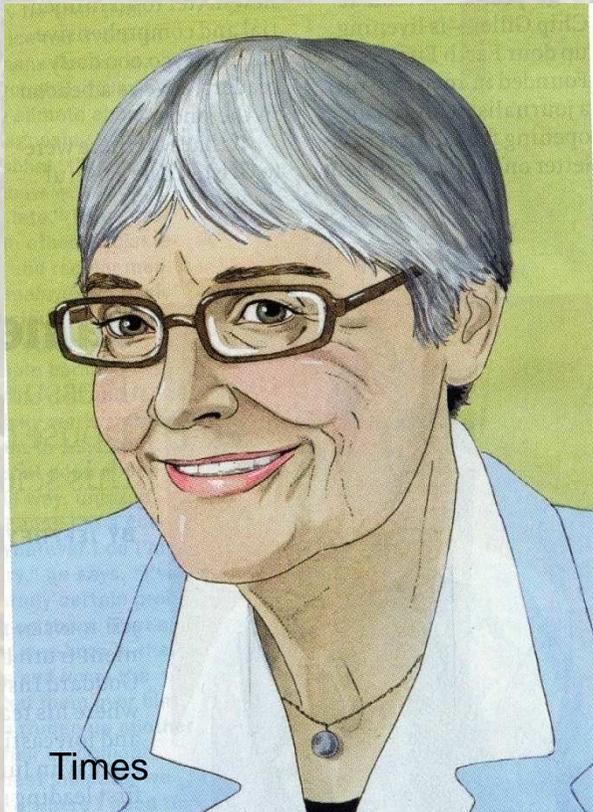




# Theo Colborn (1927 - 2014)



## Perturbateurs Endocriniens



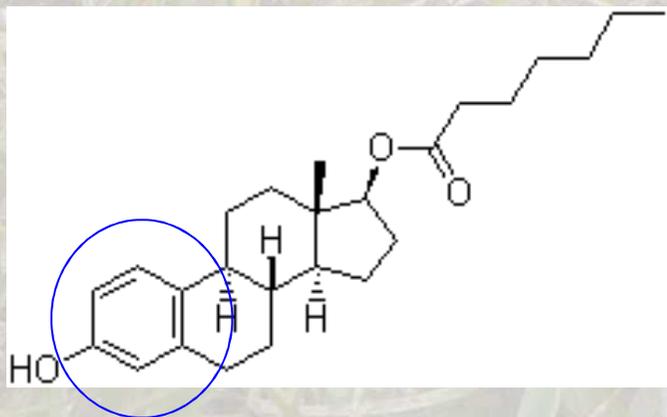
**Pharmacienne puis PhD à 58 ans  
1980 découvre que femelles de prédateurs  
(oiseaux, reptiles et mammifères)  
des grands lacs Amérique Nord  
souffrent de désordres de reproduction  
par ex déféminisation**

**Déclaration de Wingspread (1991) : création  
du terme PE (EDC en anglais)**

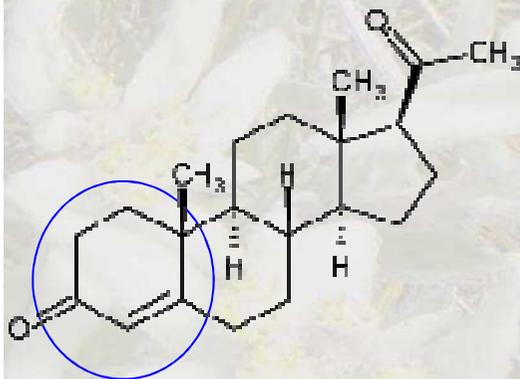
*Les héros de l'environnement  
N° spécial de Times 29 oct 2007*

## Mode d'action des EDCs

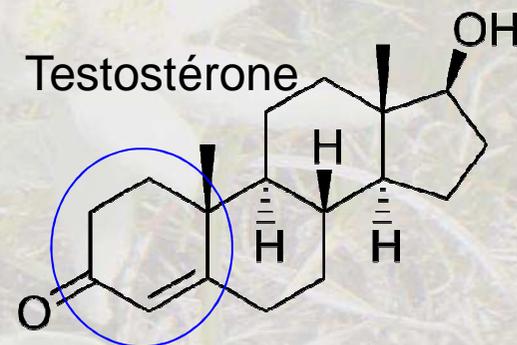
Comportent un noyau cyclique comme les hormones sexuelles stéroïdes



Oestradiol

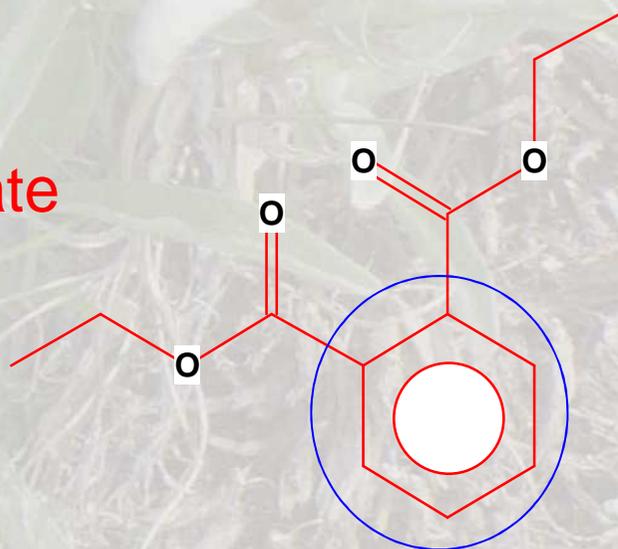


Progesterone



Testostérone

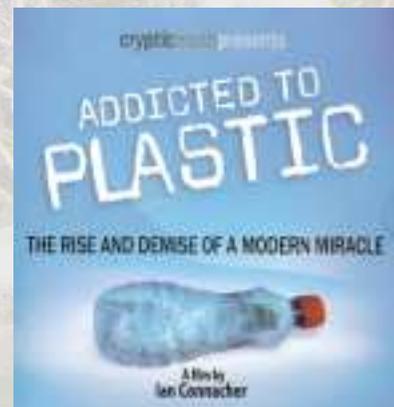
phtalate



# Principaux Perturbateurs Endocriniens

PEs depuis 50 ans

- **Phtalates (partout) : plastiques**
- Invasion des plastiques



Le Monde  
14 février 2015

article suivant ►  
A Londres, le vélo roi

## Le plastique envahit inexorablement les mers



La quantité de plastique rejetée dans les océans devrait être décuplée d'ici 2025 et atteindre 80 millions de tonnes



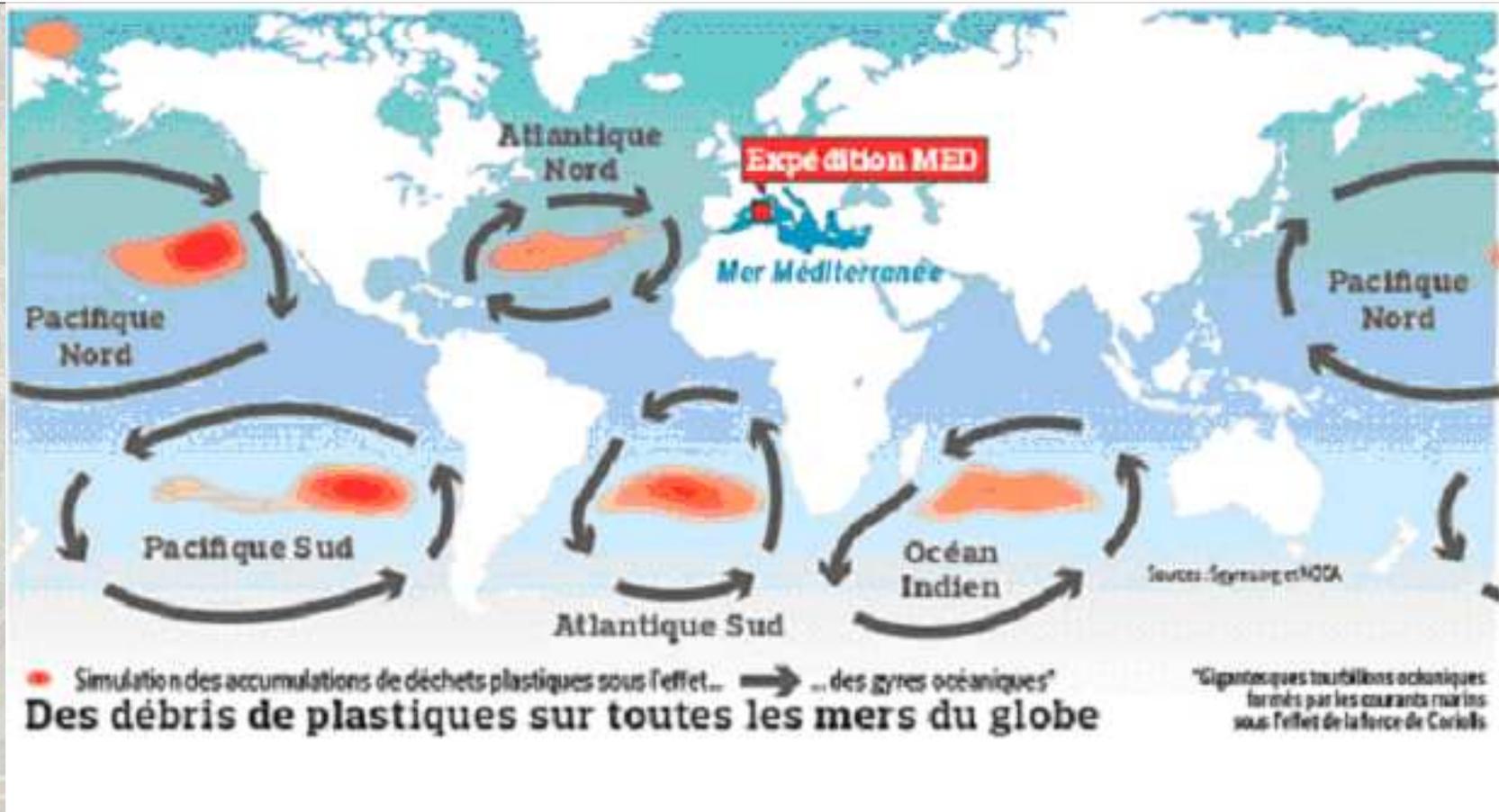


Figure 6.  
Fibres textiles



Figure 7. Pelote de fibres synthétiques



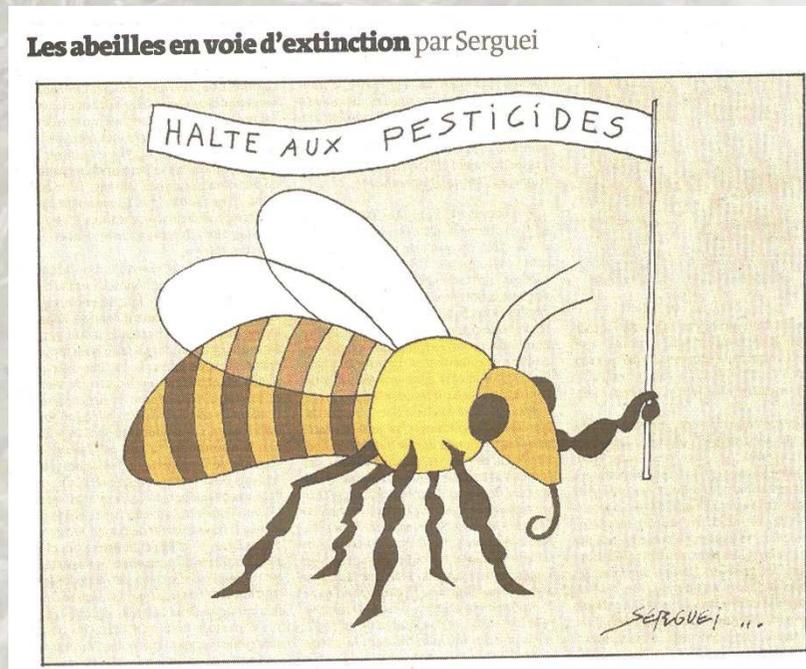
Figure 8.  
Granulés de plastique



Figure 9.  
Mousses de polymères

# Principaux Perturbateurs Endocriniens

-Pesticides : atrazine, cypermétrine, DDT, chlordanne, pyréthroïdes (diff de pyréthrines naturelles),  
**néonicotinoïdes**



# Principaux Perturbateurs Endocriniens

## PEs

-Bisphénols (BPA) : détergents, plastiques  
polycarbonates

(biberons, récipients de micro-onde), boîtes de conserve,  
tickets de caisse

- PCBs (Polychlorinated biphenyls) : dioxines, isolants  
(pyralène)

matériel électrique, planchers, peintures, insecticides

- Parabènes (conservateurs et antimicrobiens) :  
lotions, crèmes solaires, confitures, sirops – E214 à  
218, 220

## Principaux PEs (suite)

- PBB Polybrominated : ignifuges, peintures coques bateaux (TBT tributylétain -> bulots)
- HAP Hydrocarbures aromatiques polycycliques : combustion matière organique
- PFOA acide perfluooctanoïque : antiadhésif (Téflon), (retrouvé Antarctique) PFOS déjà interdit
- APE (Alkylphénol éthoxylates) : détergents, peintures, pâte à papier – dégradent en NP (nonylphénols) encore plus toxiques

# Effets des PEs

## ◆ **Axe hypothalamo-hypophysaire et thyroïdien affecté**

- prématurité
- malformations génitales
- reproduction défectueuse (baisse qté spermatozoïdes)
- maturité sexuelle précoce chez les filles
- démasculinisation des reptiles, inversion sexe poissons
- **explosion des cancers hormonaux-dépendants (sein, prostate et thyroïde)**

# Montée alarmante de la puberté précoce

**ENDOCRINOLOGIE** | Un nombre croissant de petites filles montrent des caractères sexuels secondaires prématurés. Les perturbateurs endocriniens, présents dans les pesticides, plastiques, cosmétiques... sont fortement suspectés

## Petites filles écloses avant l'âge

L'entrée en puberté de plus en plus précoce n'est pas exempte de risques psychologiques

### Une vingtaine de perturbateurs endocriniens dans les cheveux des Parisiennes

Le Monde.fr | 12.03.2015 à 17h07 • Mis à jour le 13.03.2015 à 17h00 |

Par **Stéphane Foucart** ([/journaliste/stephane-foucart/](#))

## Effets des EDCs (suite)

- tendance obésité
- réactions immunitaires affaiblies
- croissance perturbée
- capacités cognitives diminuées (autisme ?)
- susceptibilité aux maladies : diabète type 2
  
- affectent aussi le comportement animal : cour, parade, agression, nidification, recherche nourriture, etc
  
- **Tous organismes affectés (incluant microbes) -> écosystèmes perturbés**

## Effets des EDCs



- Effets selon la période : embryon et nouveau-né très sensibles

- Effets paradoxaux : faibles doses parfois plus dangereuses !

**Ce n'est pas la dose qui fait le poison**

- Effet cocktail : séparément pas d'effets à très faibles doses, mais effets multipliés simultanément (abeilles, foetus rat)

- effets transgénérationnels

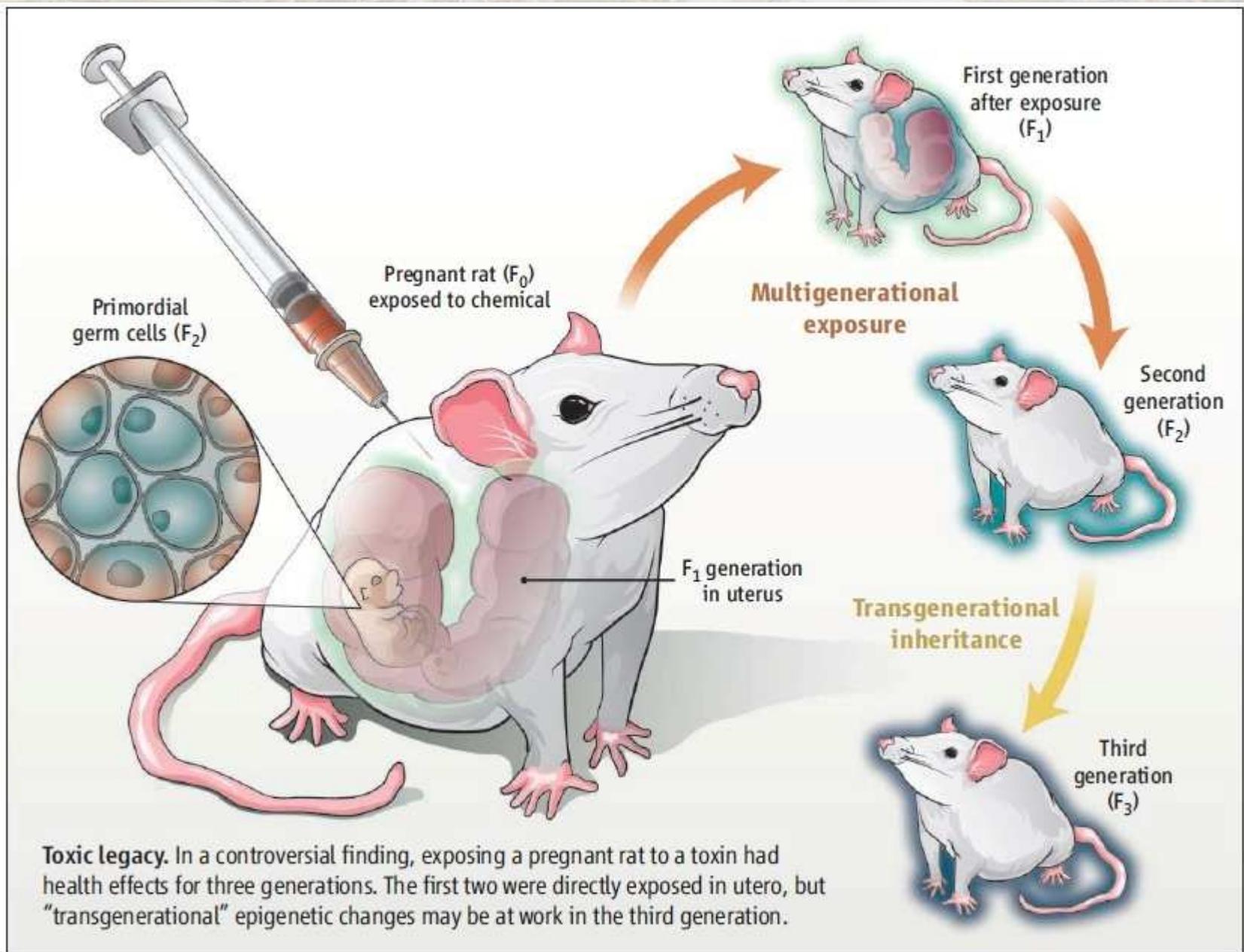
Distylbène : entre 1948 et 1977 sur 200 000 femmes en France pour prévenir fausses couches.

Nbx effets sur enfants sur deux générations.

Etude lancée pour voir sur 3 générations

- problème des adjuvants secrets

# Effets transgénérationnels

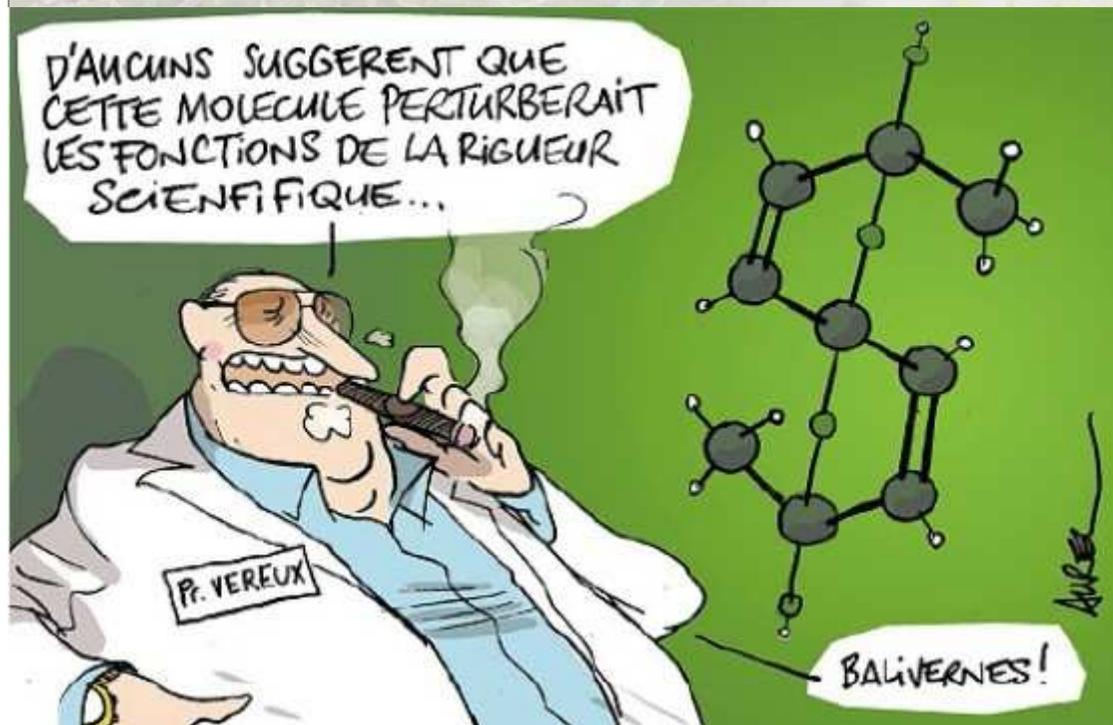


---

---

# L'Europe trop laxiste face aux dangers de centaines de perturbateurs hormonaux

Un appel scientifique international presse Bruxelles de durcir les règles de mise sur le marché



Plan cancer févr 2014 zappe facteurs environnementaux !

## **Conclusion : mauvaises nouvelles**

**Un des pb majeurs du XXIème siècle sera la  
pollution par les PE  
(effet cocktail, fragilité périodes embryonnaire  
et juvénile, effets paradoxaux)**

**= empoisonnement et stérilisation de  
l'humanité ?**

**Fourmis bons témoins ?**

André Cicollela

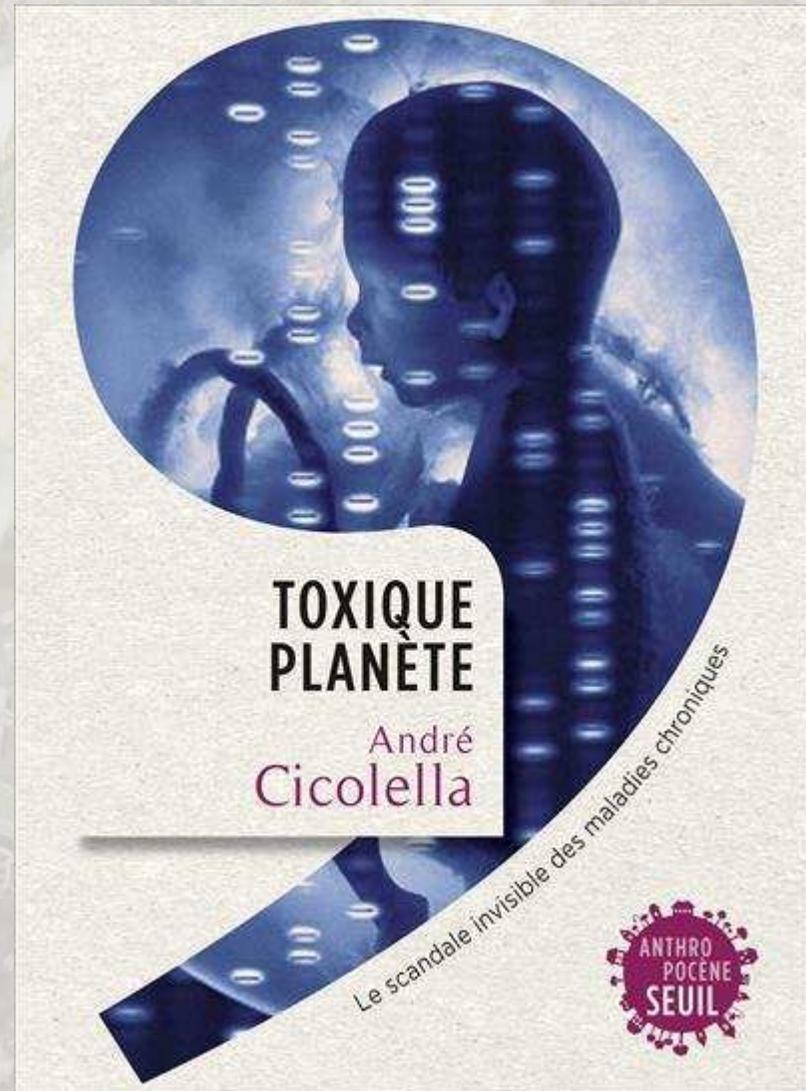


[vvvs-2008.over-blog.com](http://vvvs-2008.over-blog.com)

Maladies chroniques

RES

Réseau Environnement Santé







Le Monde 14 juillet 2011

