

# Comment raisonner la biodisponibilité du phosphore dans les effluents d'élevage ?



Jean-Claude Fardeau (04),  
 Philippe Rabiller (CA 72), Claire Jouany (INRA, 31), Monique Linères  
 (INRA, 33), Tatiana Molé (Réseau Cohérence 22), Astrid Oberson (Ecole  
 Polytechnique Fédérale de Zurich), etc....



# *La biodisponibilité ?*



*Ah, celle là, elle est mortelle !!*

## Historique de cette présentation

**Le titre initialement proposé était :**  
**« Gestion raisonnée du phosphore  
dans des zones d'élevage  
en situation d'excédent phosphaté  
par rapport aux besoins des cultures »**  
**Ce que le COMIFER sait aborder !**



**Les organisateurs lui ont préféré :**

*Comment raisonner la biodisponibilité du phosphore  
dans les effluents d'élevage ?*

**Allez donc chercher à savoir pourquoi ??**



## *Le contexte*

**Il y a environ 12 000 ans, en Mésopotamie, en Irak actuel, débutait l'agriculture sédentaire avec les premières fertilisations organiques biologiques.**

**Les déjections animales ont les premiers engrais. Et elles sont restées les seuls engrais pendant 11 850 ans !!!**

**Et de très nombreux sols ont vu leur fertilité globale décroître au cours des siècles.**

**Était-ce un mauvais coup lié au Phosphore ?**



## *Le contexte*

**50 % du P tombant sur les sols de France ont une origine biologique et sont, pour l'essentiel, des déjections animales.**

**Les 50 % complémentaires sont des engrais minéraux ou organo-minéraux normés ou homologués**

**Pour les formes minérales des MF P, les contraintes, réglementaires sont calées sur des caractéristiques chimiques qui sont : (i) sans rapport avec des caractéristiques quantifiant la biodisponibilité de P, (ii) diaboliques en comparaison des contraintes appliquées aux effluents d'élevage**

**Et là, hop, il faut se décarcasser !**

QU'EST-CE QUE TU VAS FAIRE  
MAINTENANT QUE TU ES  
À LA RETRAITE ?



CHERCHEUR !

... CHERCHER MES LUNETTES,  
MA CANNE, MON DENTIER,  
MES CLÉS ...

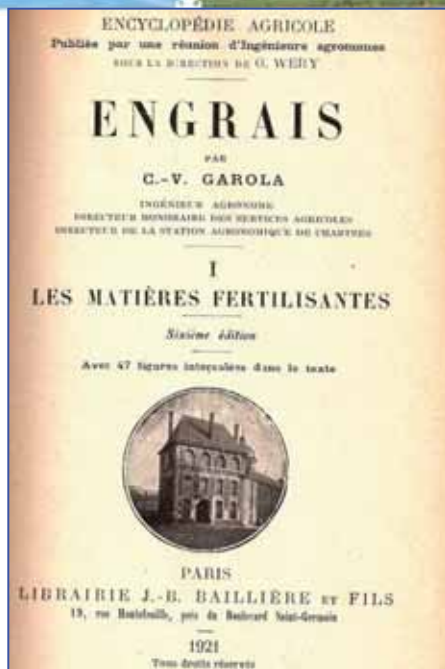
CHRISTIAN

Alors on a quand même  
cherché un peu  
pour faire avancer le  
raisonnement de la  
biodisponibilité du P  
dans les effluents

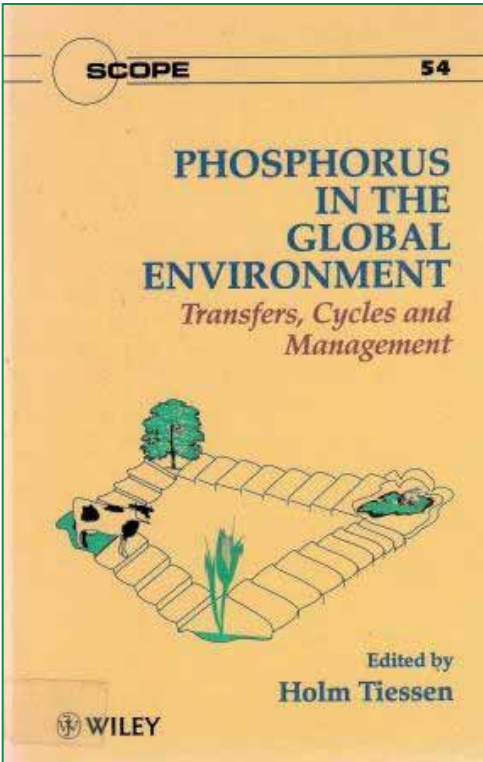
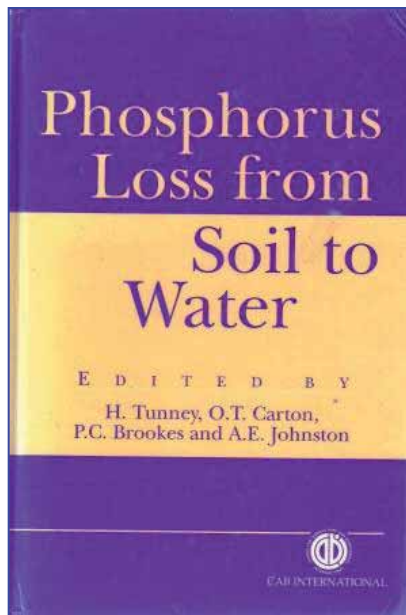
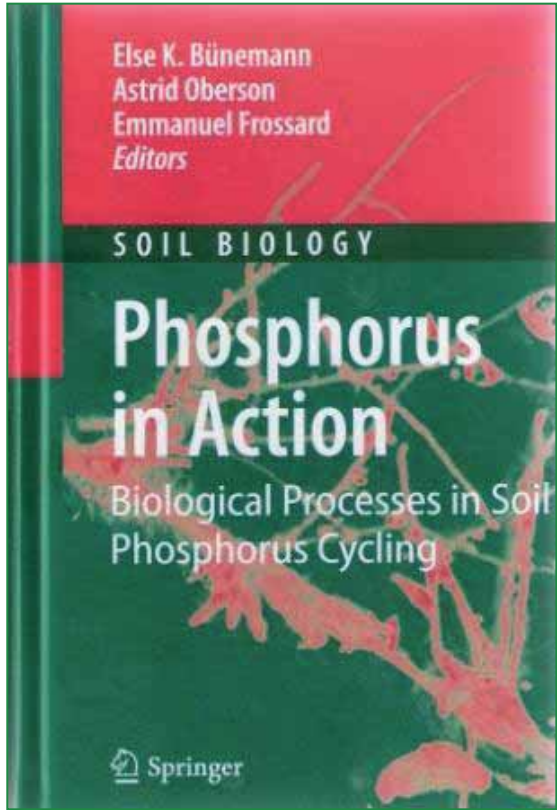
*Pourquoi le "Petit homme à double queue"  
a finalement disparu .*



Johann Stavr



# Assistance bibliographique Générale (1)



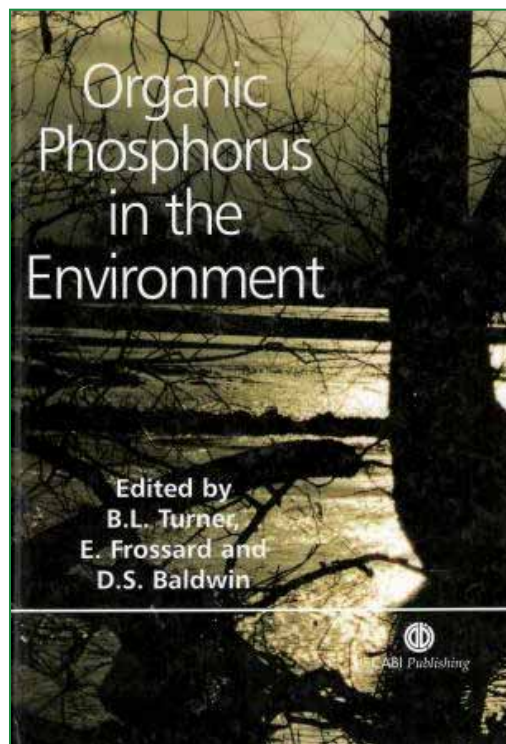
# Assistance bibliographique Générale (2)

## Soil Nutrient Bioavailability

A MECHANISTIC APPROACH

SECOND EDITION

STANLEY A. BARBER



MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
DE L'ALIMENTATION  
DE LA PÊCHE

### Rapport Bibliographique

Le devenir du phosphore issu de  
l'épandage d'effluents d'élevage



Marie-Line Daumer  
Sophie Roullier

Cemagref de Rennes  
U.R. GERE — Equipe EPURE



**INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE  
LORRAINE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRONOMIE  
ET DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES**

**ECOLE DOCTORALE  
RESSOURCES, PROCEDES, PRODUITS ET ENVIRONNEMENT**

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DE  
L'HABILITATION A DIRIGER LES RECHERCHES DE L'INPL

PAR

SEBASTIEN DENYS

VERS UNE INTEGRATION DE LA BIODISPONIBILITE DANS L'ESTIMATION DES  
EXPOSITIONS HUMAINES AUX CONTAMINANTS DES SOLS

Soutenu publiquement le 4.04.11 devant le jury composé de

Pierre-Marie BADOT	Professeur à l'université de Besançon	Rapporteur
Paul NATHANAIL	Professeur à l'université de Nottingham	Rapporteur
Dominique PATUREAU	Chargée de recherches INRA, HDR	Rapporteur
Camille DUMAT	Maître de Conférences, HDR, INPT	Examineur
Pierre TOULHOAT	Directeur Scientifique, INERIS	Examineur
Jean-Louis MOREL	Professeur à l'INPL	Tuteur
Elisabeth LECLERC	Direction Scientifique, Andra	Invitée

**Ou comment relier  
l'Homme à la terre**



## Assistance bibliographique Générale (3)

1. Garola (1921) *Engrais. I. Les matières fertilisantes*. Baillière et fils. Paris. 348 pages
2. Sommer LE, Sutton AL (1980) Use of waste material as sources of phosphorus. *In: The role of phosphorus in agriculture*. ASA. pp 515-535.
3. Zhu Zhao-Liang (1990) Recycling phosphorus from crop and animal wastes in China. *In: Phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania*. IRRI. pp. 115-124

**Et des centaines d'autres potentiels,  
mais, in fine, bien peu informatifs !**

## *Comment raisonner la biodisponibilité du phosphore dans les effluents d'élevage ?*

Comment raisonne-t-on la biodisponibilité du P d'une matière fertilisante minérale ordinaire ?

**On ne raisonne pas la biodisponibilité du P d'une MF !!!!**



**Alors imaginer de raisonner celle du P des effluents d'élevage est vraiment un coup tordu imaginé par les organisateurs !!**



# Organisation de la présentation

## **I. Définir les termes utilisés**

Raisonner

Phosphore

Effluents d'élevage

Biodisponibilité

## **II. Appliquer le concept de biodisponibilité au cas des phosphates**

## **III. Raisonner la biodisponibilité de P dans des effluents d'élevage**

## **IV. Conclusion et marges de progrès**

**Un mot donné ne doit disposer que d'une unique signification sinon le désordre peut s'installer .....  
L'histoire l'a prouvé : Tour de Babel, ....., décisions ONU,..**



# *Comment raisonner la biodisponibilité du phosphore dans les effluents d'élevage*

## I. Définir les termes :

1. Raisonner
2. Phosphore
3. Effluents d'élevage
4. Biodisponibilité

Durable (une autre fois)





## *1. Raisonner !!!!!*

**C'est ce qui permet à l'homme de connaître,  
de juger et  
d'agir conformément à des principes**

(Petit Robert)



Le penseur de Rodin

# Raisonner !!!!!

Le raisonnement est un « processus cognitif » qui permet d'obtenir de nouveaux résultats ou bien de vérifier la réalité d'un fait en faisant appel soit à différentes lois, soit à des expériences, quel que soit leur domaine d'application ....

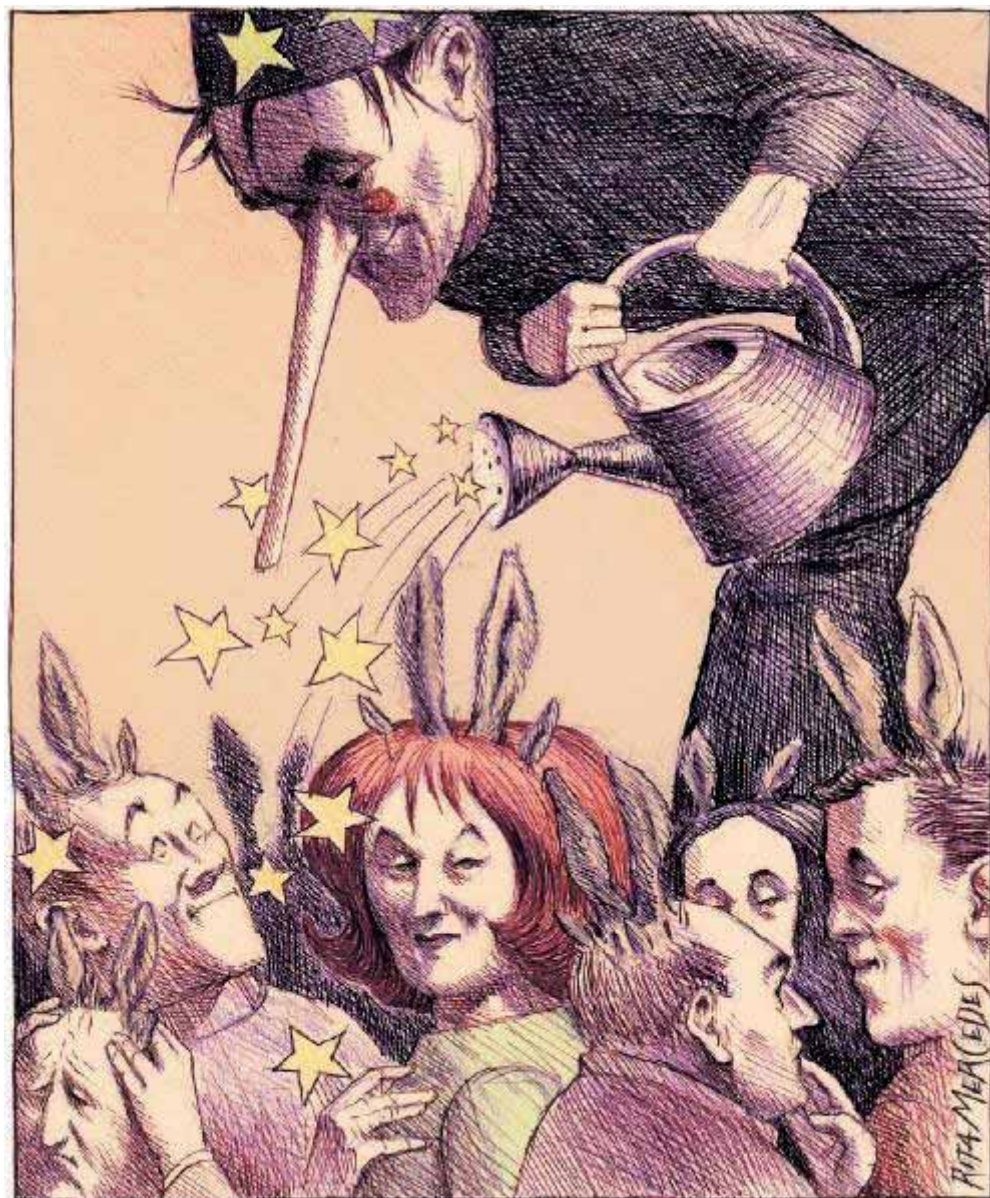
On raisonne pour :

- ▣ prendre une décision,
- ▣ tester une argumentation, \*\*
- ▣ confirmer une hypothèse.

Il est nécessaire d'évacuer l'ambiguïté sémantique

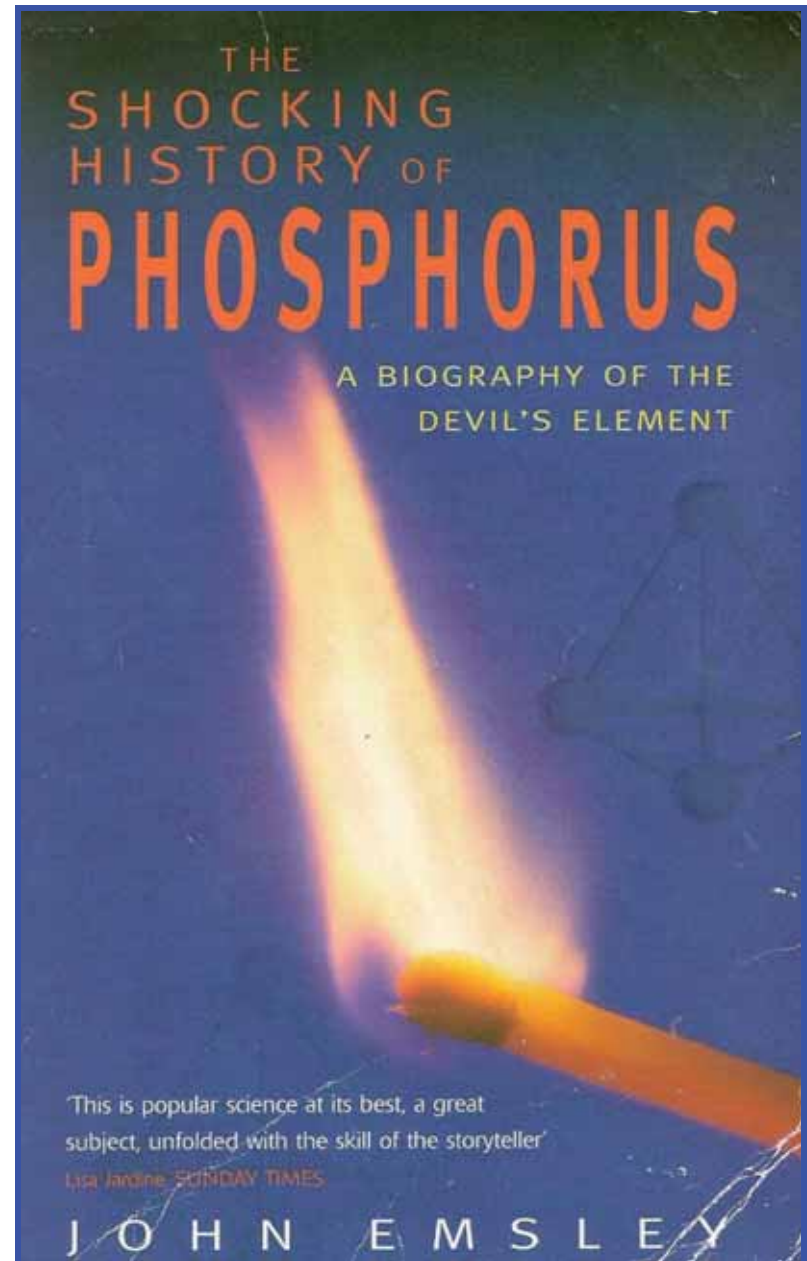
**Cohito, ergo sum !**  
(Descartes)





**Sans quoi, le mensonge  
et l'ignorance  
se déversent  
sur notre monde**

## 2. *Le phosphore*



## Un souci de langage et de symbolique

**P** = **Phosphore élément**

(inflammable, allumettes, bombes incendiaires)

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** = **Anhydride phosphorique**

(vraiment toxique)


**PO<sub>4</sub><sup>xxx</sup>** = **Phosphates ....(le réel)**

(bon ! Enfin !)

PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub>H<sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>,

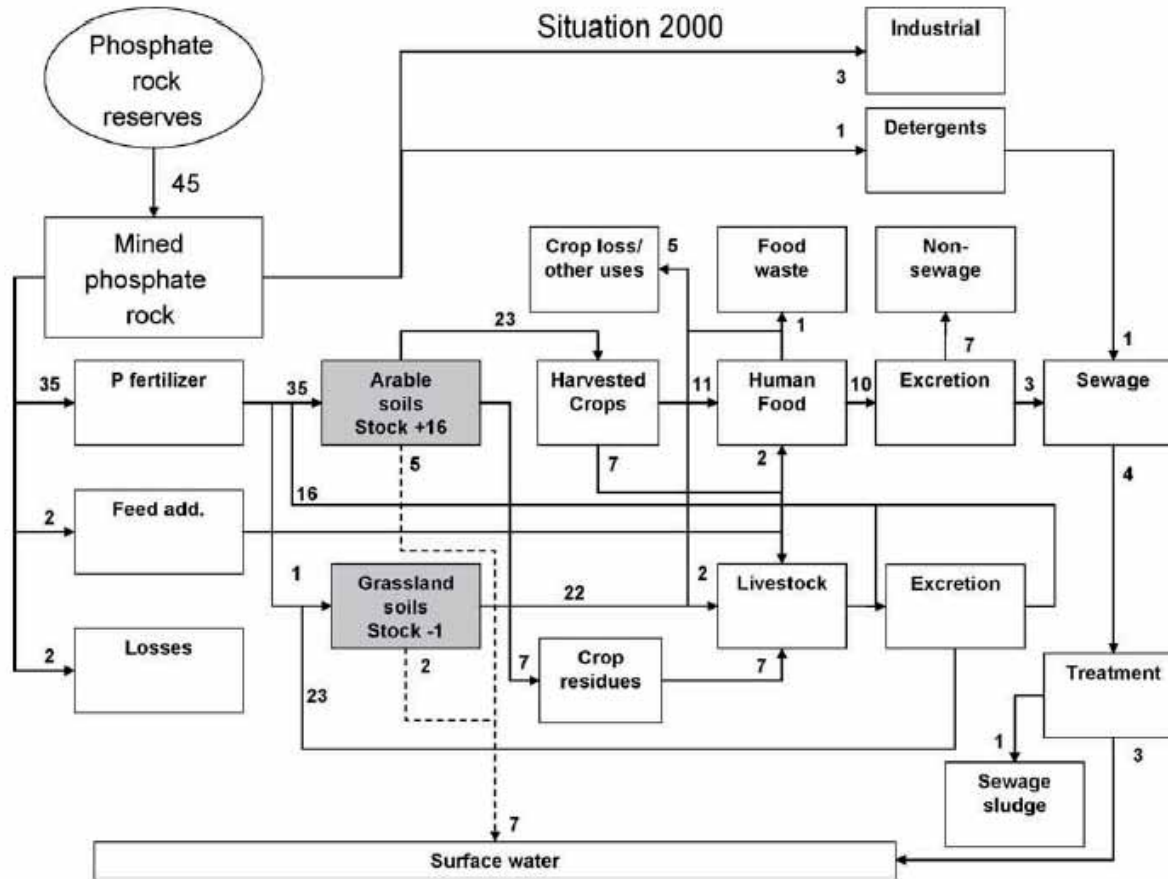
Voire PH<sub>3</sub>. Mais jamais PO<sub>3</sub>H<sub>3</sub> (toxique)





**P, l'élément irremplaçable  
pour tous les grands  
processus vitaux**

# Les balades du phosphore depuis les mines jusqu'à la flotte où il disparaît (tout corps plongé dans un liquide etc.....) . Quantités exprimées en Mt P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par an



Global P flows through the agricultural, food and sewage systems, input data based on sources mentioned in the main text; environmental flows partly based on Cordell (2009).

**P est**

- \* Indispensable et irremplaçable dans les processus biologiques majeurs**
- \* Se trouve en quantités limitées facilement exploitables sur notre planète**
- \* Part dans les eaux de surface plus vite que ne se reforment les gîtes à P au fond des océans.**



**Les réserves minérales de P facilement exploitables,  
à un coût économique etc.. # 350 ans !!**

**Alors : évitons les excès,  
:recyclons tout ce que l'on peut !!! Et les effluents etc..**



# Gestion cool des effluents d'élevage

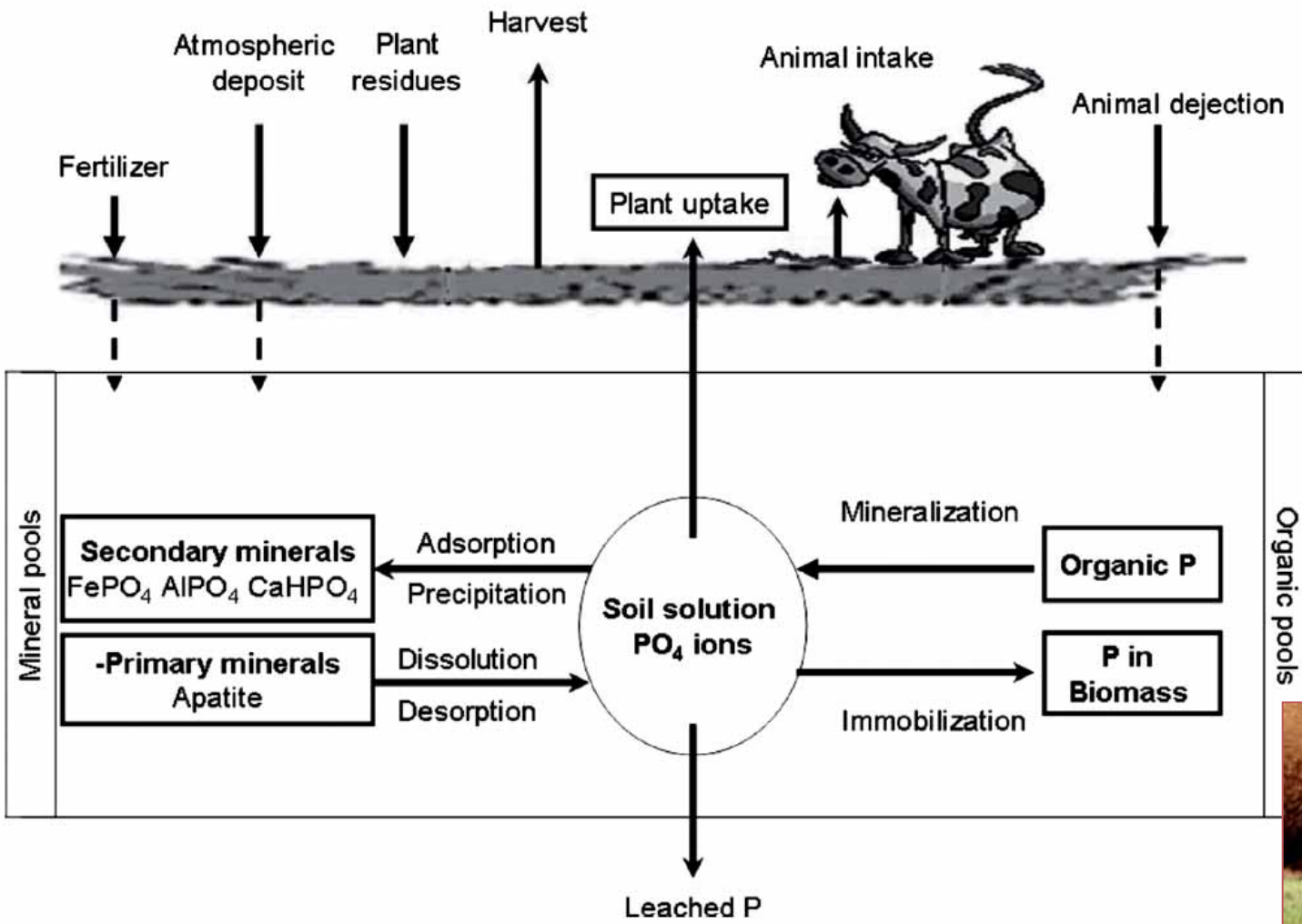
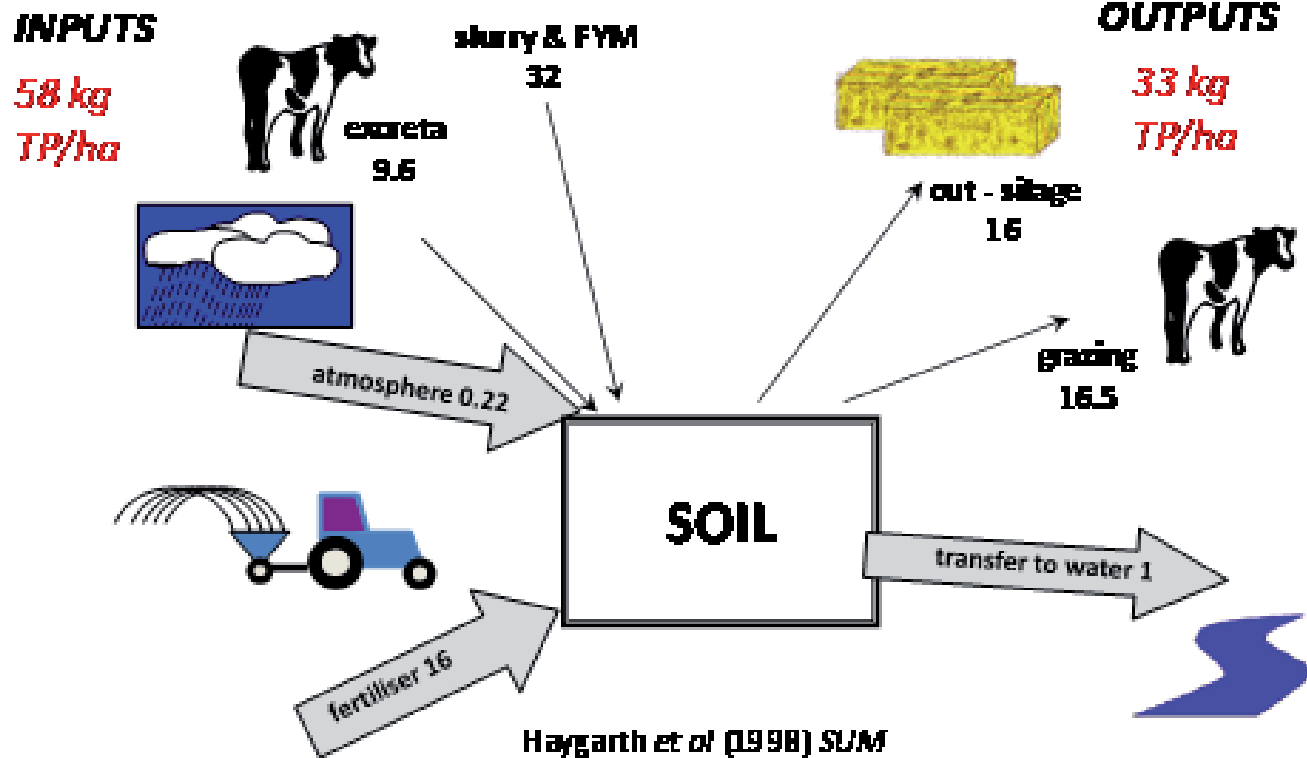


Fig. 11.1 Schematic presentation of the P cycle in a grassland ecosystem (C. Jouany)



# Phosphorus balance in a UK dairy farm *ca.* 2000



Gestion plus délicate des effluents d'élevage

**Balance > 0 = 25 kg P ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>**

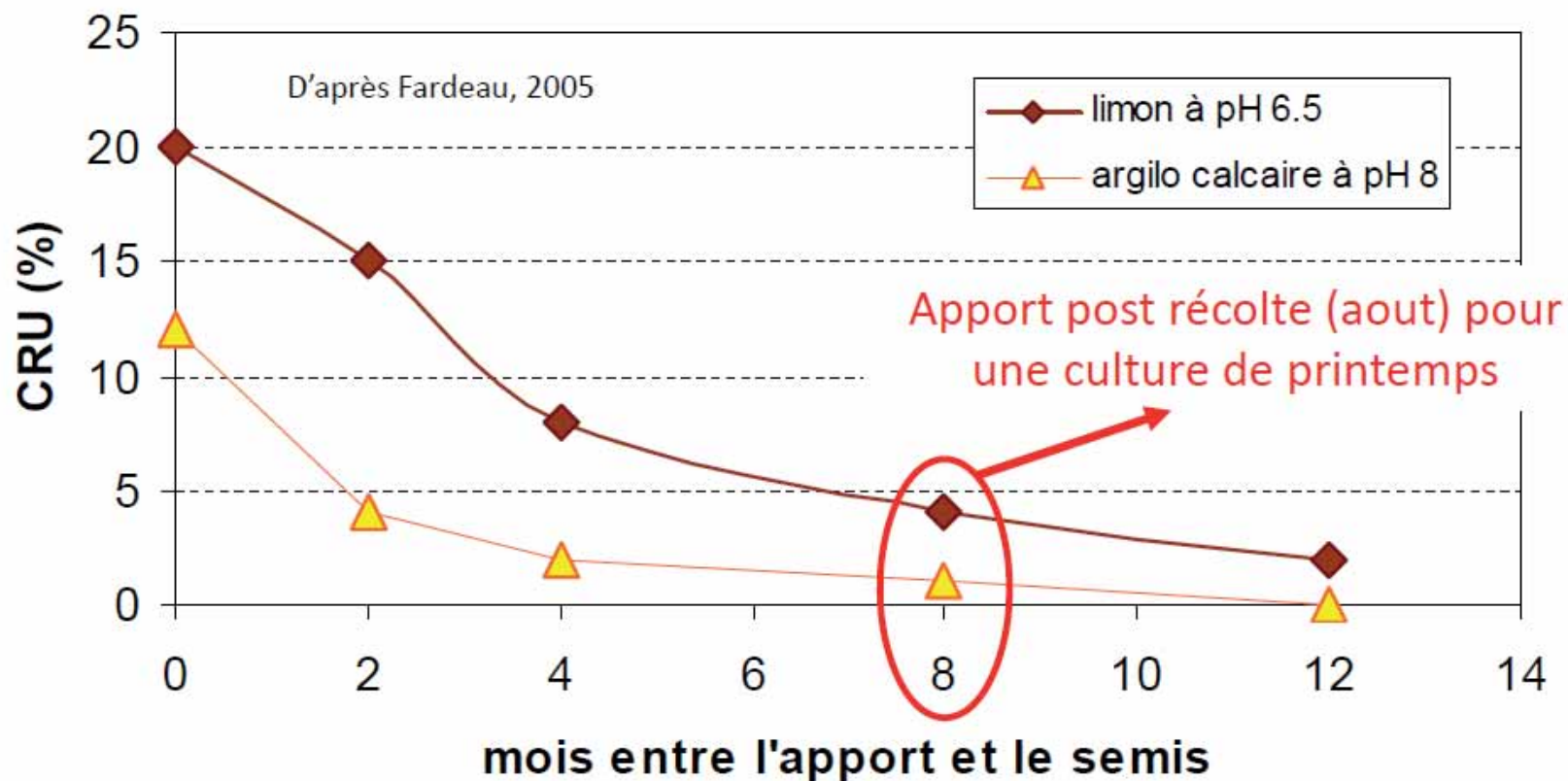


## Formes minérales de P !

**Tous les sols contiennent ou Ca, ou, Fe ou Al,  
voire Mn ou Zn,  
qui forment très vite des phosphates fort peu solubles !**

# Conséquence du « vieillissement » des phosphates minéraux dans les terres

coefficient d'utilisation réel d'un engrais phosphaté type TSP





# Formes organiques de P sensu stricto!

**Phytate**

**ADN, ARN**

**ATP, ADP**

**Phosphonates néoformés**

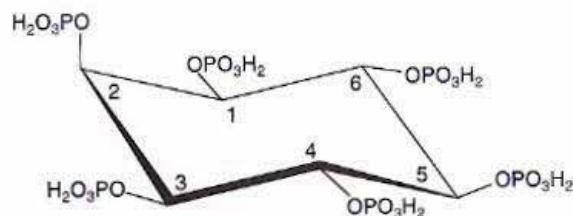
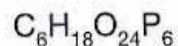
**Glucose 6-phosphate**

**Glyphosate N-(Phosphomethyl) glycine (phosphonate)**

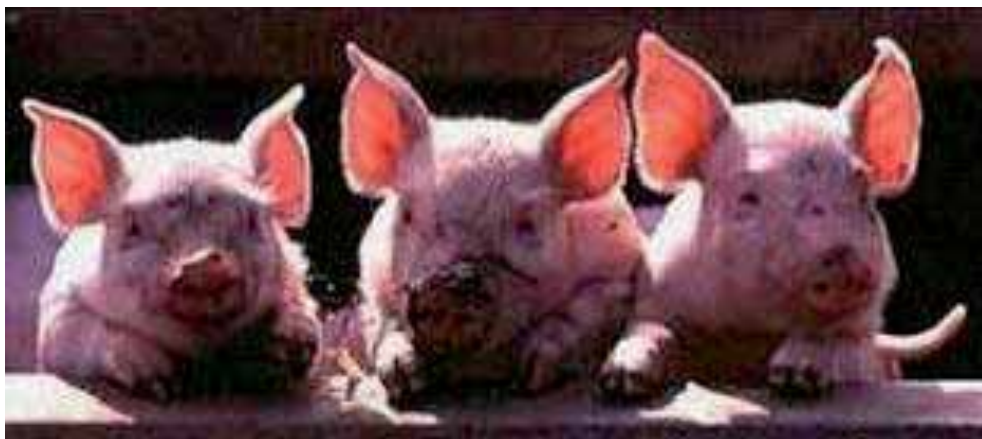
**Et beaucoup d'autres utilisées dans les transferts d'énergie**

## Phytine (phytate de calcium-magnésium) : phosphore stocké dans les graines

*myo*-Inositol  
hexakisphosphate  
(phytic acid)



Phosphate  
monoester



Nécessité absolue d'une enzyme phytase pour libérer les phosphates trouvée dans les graines en germination et dans les terres (microorganismes)

### *3. Les effluents d'élevages*



**Il s'agit des déjections animales et autres effluents issus des pratiques d'élevage**

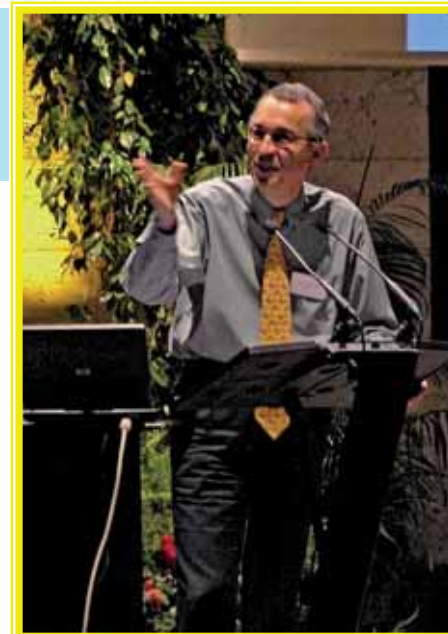
# *Multiplicité actuelle des élevages*



*Humain,*



*Porcin,*



*Humain,*



*Ovin,*



*Bovin,*



*Avicole.*

*Ou bien ces splendides przewalski  
des plaines de Mongolie*

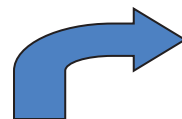




Et quelques  
élevages  
historiques !



Chiroptère,  
Pipistrelle  
ou chauve souris



## Quelques élevages hypothétiques

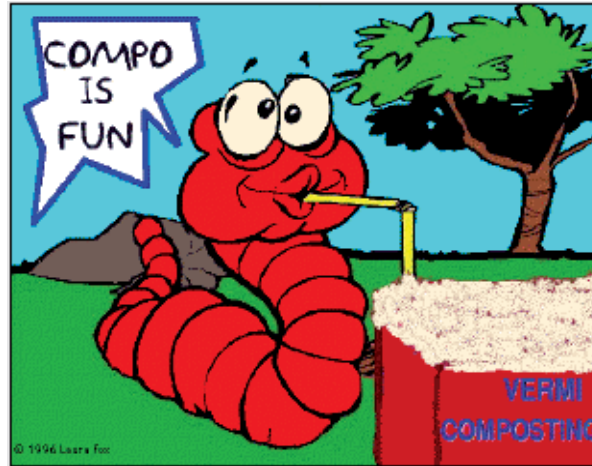


Mais si on ne change pas de main,  
je sens que ça revient !!

# Multiplicité actuelle des effluents d'élevage



Berk !



Crottes de biques

Au fond du jardin



Renard



# AGRICULTURE LOGIQUE

Calligraphie d'inspiration turque



PISSE and LOVE

Nsill



Robert Rousso

# AGRICULTURE BIO LOGIQUE

## Plaisant voisinage !

\* Pas d'affolement si les déjections animales arrivent chez vous ! Ce sont des déjections biologiques !

\* Ok,.....si c'est bio! Pas de problème !



Et à tout seigneur, tout honneur !

C. V. Garola, en 1921, écrivait :

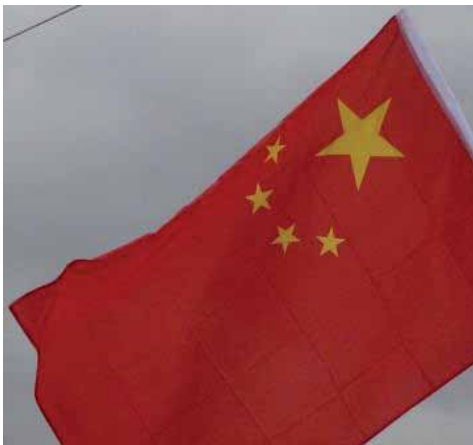
Dans tous les pays où l'agriculture est avancée, on considère les excréments humains, à juste raison, comme un puissant engrais, et l'on prend soin de les recueillir complètement.

Rendre au sol ces excréments, c'est lui restituer une grande partie des matières que les récoltes antérieures ont enlevées.....

Cependant, presque partout, dans notre beau pays de France, on laisse perdre, dans les villes et dans les campagnes, ces matières fécales dont la restitutions au sol doit être considérée comme un impérieux devoir !



Puis Garola (1921) cite Liebig qui écrit en 1859 dans  
« sa treizième lettre sur l'agriculture moderne » :



Il est impossible de se faire une idée  
chez nous du soin que les Chinois mettent  
à tirer partie des matières fécales de l'homme ;  
**pour eux, elles sont le suc nourricier du sol ;**  
celui-ci ne doit sa fertilité qu'à cet agent énergétique.

Et plus loin Liebig note que tout chinois considère comme une  
grave impolitesse de la part de son hôte que celui-ci quitte la  
maison sans lui laisser au moins un bénéfice auquel il a droit en  
retour de son hospitalité !

**Et Mao de compléter !!!!**

Et tout doit  
se terminer  
par un  
élégant  
recyclage  
des éléments  
nutritifs !!!  
tel P.

La fontaine  
de  
Maurice  
Duchamps

1917

(signée  
R. Mutt)







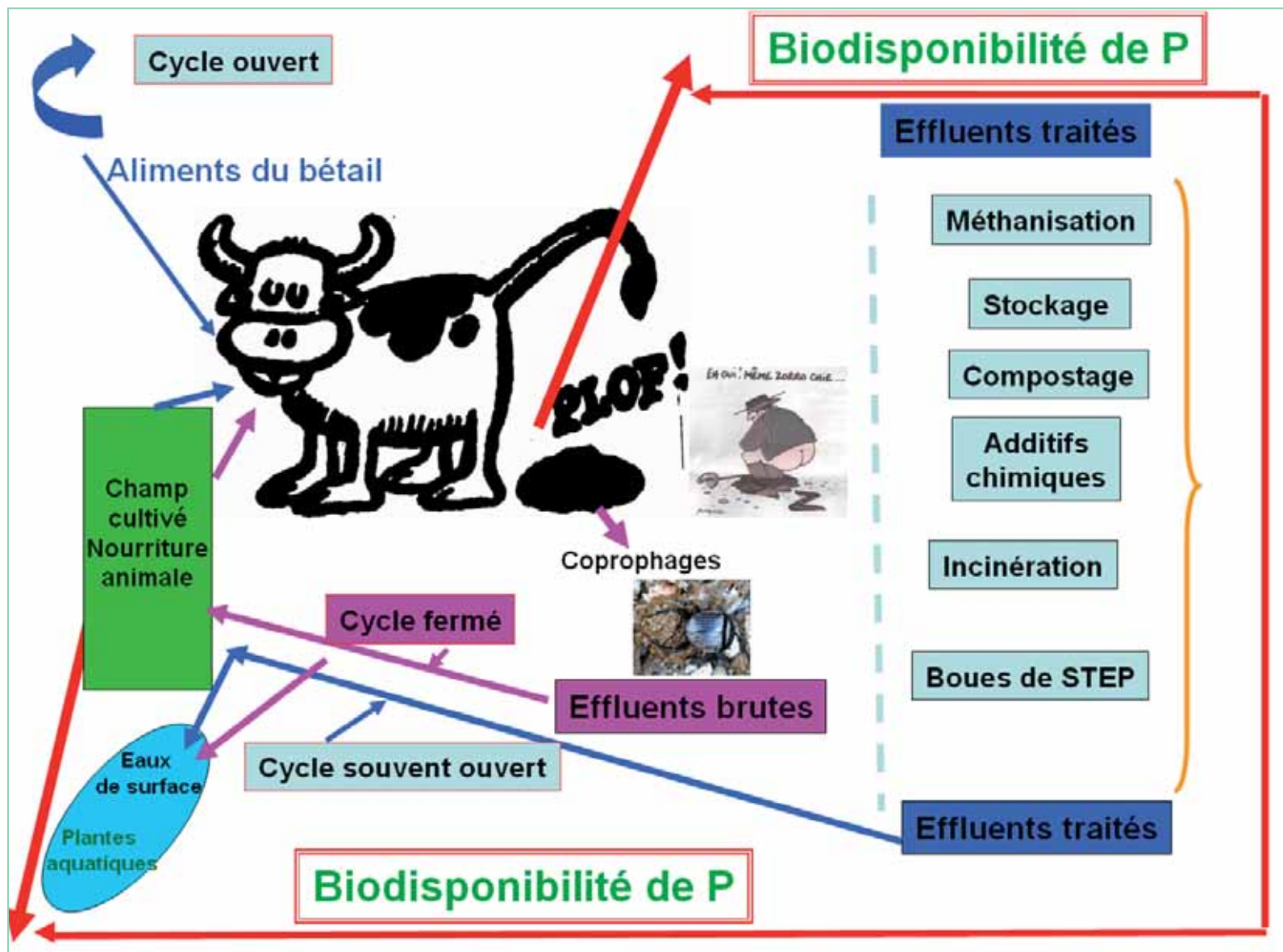
# Le phosphore dans les effluents d'élevage

**Les effluents d'élevage sont un monde vivant !!!**

La quantité et la nature (physico-chimique minérale et/ou organique) du P présent dans les effluents d'élevages dépend :

- \* du type d'animal
- \* de l'âge de l'animal qui de toute façon retient plus de N que de P
- \* de l'alimentation (en particulier, les phytates !!!)
- \* des traitements subis
  - + stockage,
  - + ajout de produits chimiques ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , .

# Le phosphore dans les effluents d'élevage





## Rencontre des effluents d'élevage avec les constituants des terres

L'ultime traitement « subi » par le P des effluents est celui résultant de sa rencontre avec les constituants minéraux, organiques et microbiens des terres !

Pour les différentes formes chimiques de P initialement présentes dans les effluents, c'est le traitement le plus perturbateur, en particulier pour leur biodisponibilité.



# Triple complexité avec le P des effluents d'élevage

1. La nature des formes chimiques et la répartition très variable entre formes minérales et de très nombreuses formes organiques.
2. Les traitements imposés aux effluents pour des raisons très diverses.
3. La rencontre des différents formes avec des constituants des terres, variables avec les terres.

**C'est pourquoi l'étude du P biodisponible dans les effluents d'élevage doit être celle de l'analyse du P biodisponible dans des systèmes comportant des terres bien plus que du seul P biodisponible présent dans les effluents.**

A large field of sunflowers in full bloom, stretching towards the horizon. The sunflowers have bright yellow petals and dark brown centers. The sky is a clear, pale blue. In the background, there are some trees and a fence line.

*4. Biodisponibilité !!!  
Quand tu nous tiens !!*

The image features a grid of birds perched on horizontal wires against a blue background. Each bird is surrounded by a circular, semi-transparent halo in various colors (green, red, yellow, purple). The birds are arranged in four rows. The first row has seven birds, the second and fourth rows have eight birds each, and the third row has five birds. The text is overlaid on this grid.

**Biodisponibilité ! Le mot magique**

**Et comme toute magie, ce n'est parfois que de la magie,**

**de l'illusion réussie par des illusionnistes !**

**Biodisponibilité pour qui ? pour quoi ?**



**Biodisponibilité :  
Quelques approches  
conceptuelles !**

**Entre Gyantsé et Xigasté (4 800 m)**



# Bioavailability: concept for understanding or tool for predicting?

Joop Harmsen, Wim Rulkens and Herman Eijsackers







# Soil Nutrient Bioavailability

A MECHANISTIC APPROACH

SECOND EDITION

STANLEY A. BARBER

## C'est quoi la biodisponibilité ????

Le terme **biodisponibilité** limite le terme **disponibilité** aux processus qui procurent, à partir du sol, les éléments nutritifs (et toxiques) à des organismes vivants !

**Et ici évidemment, en priorité, les végétaux** qu'ils soient cultivés ou sauvages et aquatiques reliant ainsi la croissance sans contrainte P des cultures à l'eutrophisation des eaux de surface, qu'elles soient douces, marines ou estuariennes !!



## Décrire les propriétés de l'élément biodisponible

Un élément nutritif est assimilable ou bioassimilable ou phytoassimilable quand il est présent dans un pool d'ions du sol et qu'il peut se déplacer jusqu'à la racine durant la croissance de la plante (si une racine est assez proche) ! Un élément phytoassimilable, doit être sous une forme qui peut être absorbé par la racine. C'est donc un ion diffusible (Momo) dont le  $D_e$  (coefficient effectif de diffusion dans la terre) doit être supérieur à  $10^{-12} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ . La définition donnée est limitée aux formes inorganiques présentes dans la terre durant la période de végétation ; mais cela inclut des ions libérés de combinaisons organiques durant cette période .



## II. Appliquer le concept de biodisponibilité aux phosphates des terres et des matières fertilisantes

Ainsi le pape de la biodisponibilité, Barber, nous apprend que la biodisponibilité de P fait intervenir :

- \* Des plantes.
- \* Des ions diffusibles, mobiles.
- \* De la terre.
- \* Le temps qui passe via les mécanismes de diffusion et de libération d'ions en fonction du temps qui passe !

Il semble donc discutable de parler de la biodisponibilité du P seul dans des effluents d'élevage !



**Prise en compte des propriétés des plantes et de la terre,  
sans oublier celles des matières fertilisantes  
dans le concept de biodisponibilité du phosphore**

Parce que la nutrition phosphatée des plantes est un processus qui est fonction du temps, on appellera phosphore biodisponible l'ensemble des ions phosphate ( $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ ,  $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) d'un système [particules de terre – solution de terre] qui, en une durée compatible avec la période de prélèvement, peut rejoindre la solution dans laquelle baignent les capteurs biologiques d'ions phosphate, au risque d'y être prélevés !!  
Et qu'il serait utile de préciser : (i) le potentiel chimique (ou facteur intensité de ces ions) ; (ii) la quantité présente à ce potentiel et (iii) l'aptitude du sol à maintenir ce potentiel (facteur capacité ou pouvoir tampon)

# L'aspect plantes



# Rôle majeur, pour les plantes, de la concentration des ions phosphate en solution

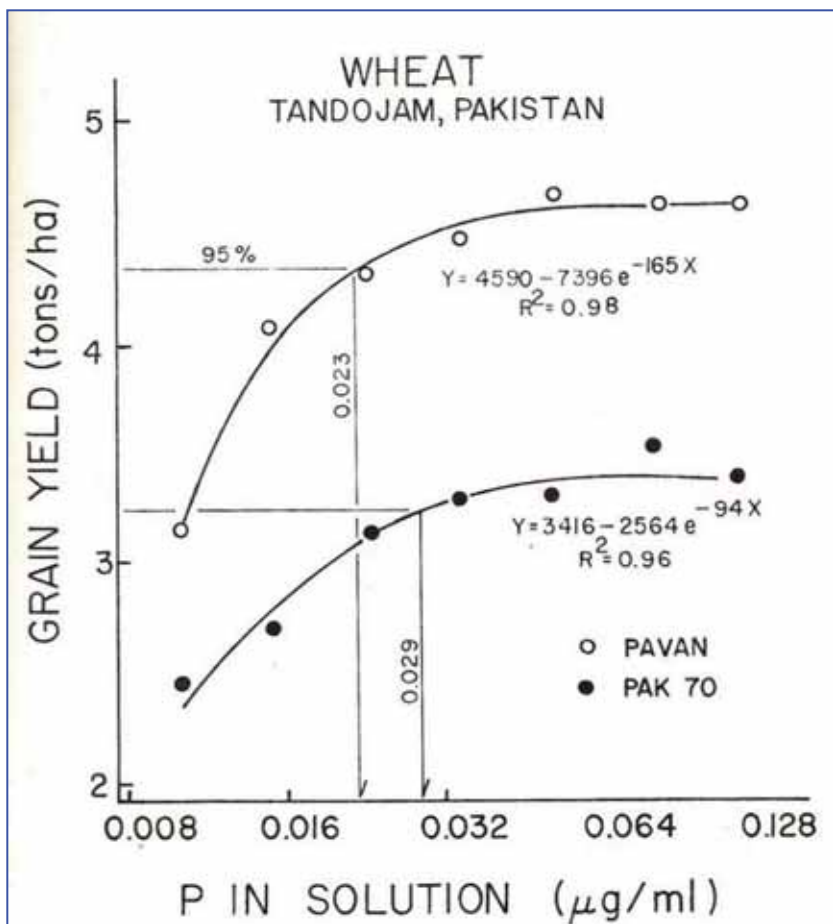


Figure 4 : Grain yield of two varieties of wheat grown simultaneously at Tandojam, Pakistan, in relation to P concentration in solution.

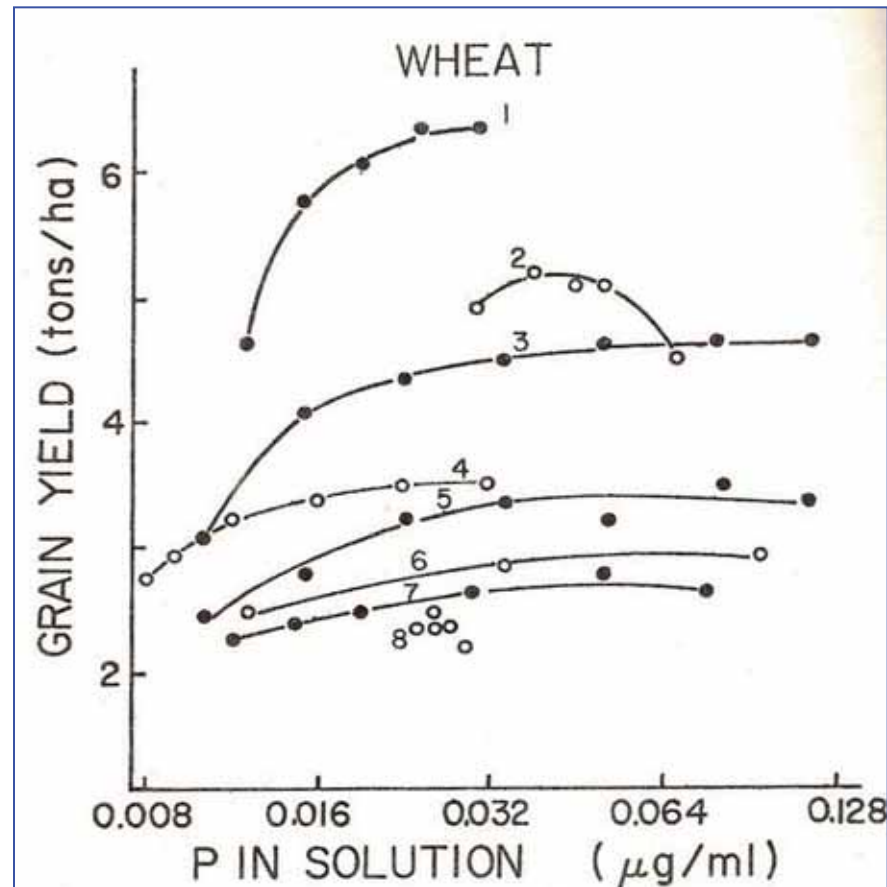


Figure 3 : Grain yield of wheat as a function of P concentration in solution at seven locations.  
1. Jabalput, India ; 2 and 8 – Arusha and Karatu, Tanzania ; 3 and 5 – Tandojam (varieties Pavan and Pak-70), Pakistan ; 4 and 7 – Johnson Co. and Seward Co., Nebraska ; 6 – Tarnab, Pakistan.

## Rôle majeur, pour les plantes, de la concentration des ions phosphate en solution

**TABLE 14.7** Concentration of Phosphorus in Soil Solution Required for Near-Optimal Growth (95% of Maximum Yield) of Various Plants

<i>Plant</i>	<i>Approximate P in soil solution mg/L</i>
Cassava	0.005
Peanut	0.01
Corn	0.05
Sorghum	0.06
Cabbage	0.04
Soybean	0.20
Tomato	0.20
Head lettuce	0.30

Data from Fox (1981).

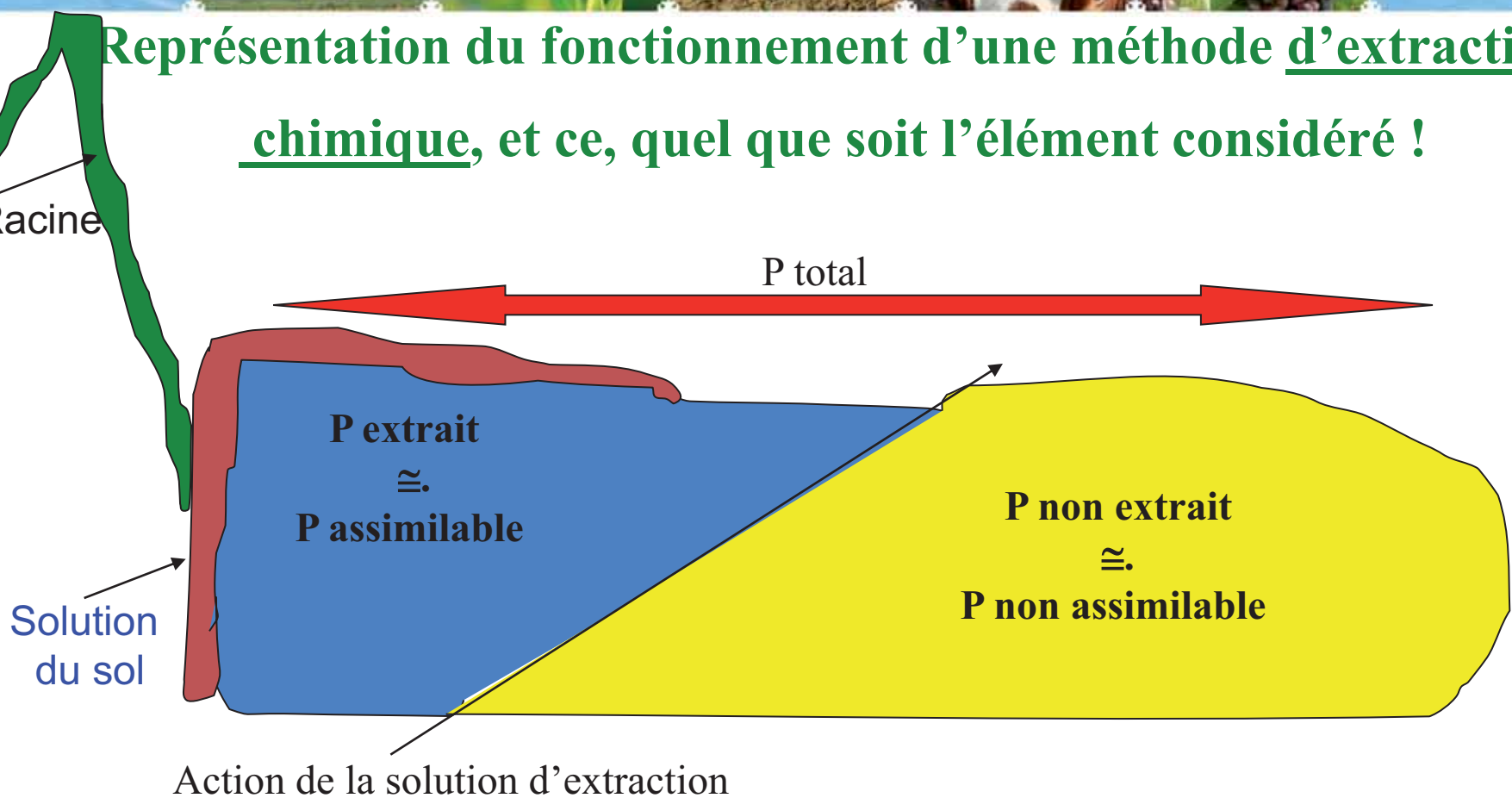
**Il existe donc, pour chaque plante en croissance sans contrainte pour le développement de ses racines, une concentration optimale des ions phosphate permettant d'obtenir le rendement maximal (ou 95 % de ce rendement)**

# L'aspect ions diffusibles et leurs déterminations





# Représentation du fonctionnement d'une méthode d'extraction chimique, et ce, quel que soit l'élément considéré !



## Méthode simple

Systeme à deux compartiments : c'est bon, c'est pas bon (à consommer)

N'indique pas si tout l'assimilable est assimilable de la même façon !

N'indique rien sur la vitesse de libération des ions phosphates depuis les constituants solides du sol jusqu'à la solution du sol, passage imposé pour leur prélèvement.



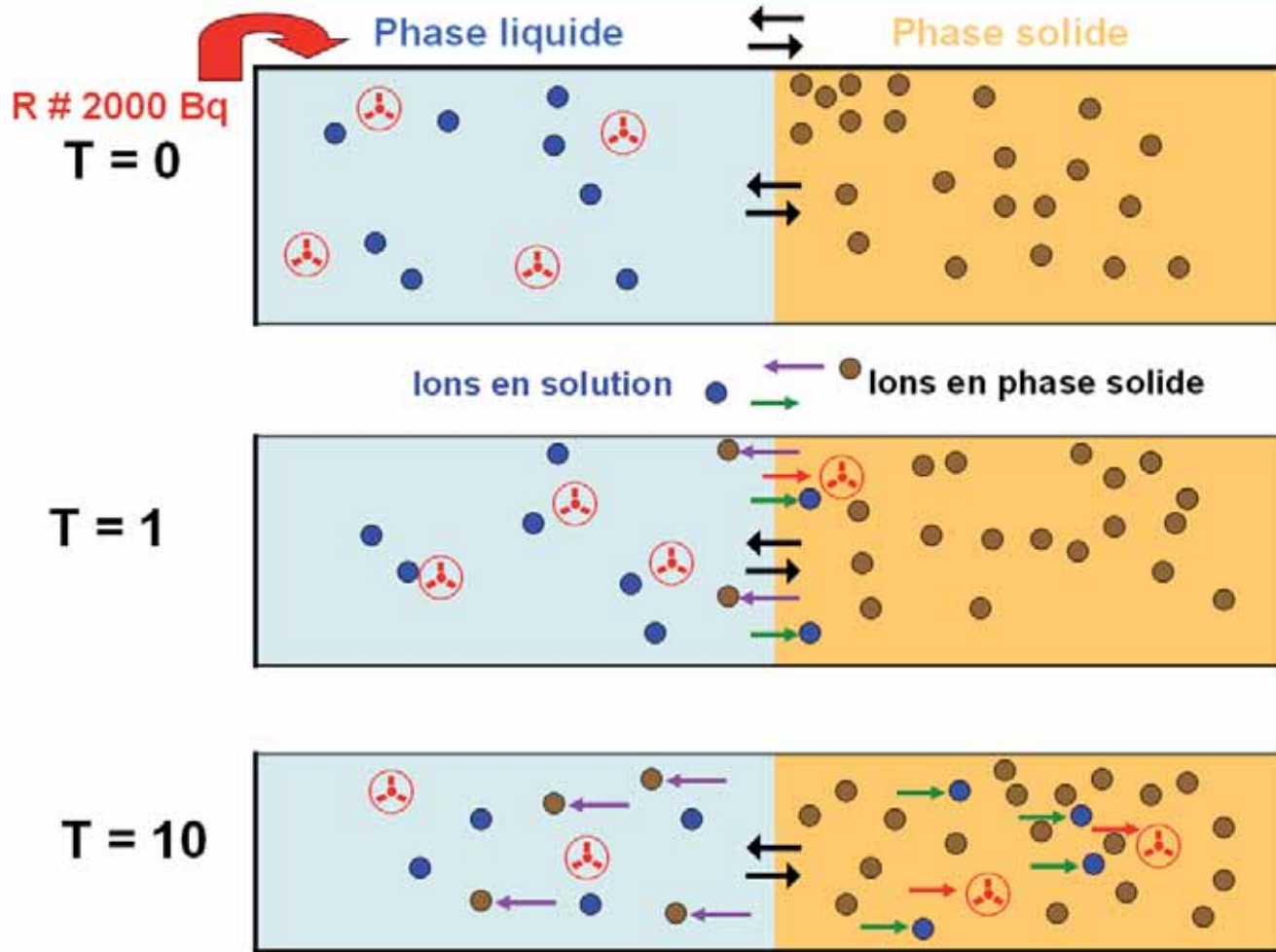
**Les limites de cette approche, type analyse de routine, ont été 100 fois explicitées. Les données obtenues pour les ions phosphate sont sans rapport direct avec :**

- \* leurs concentrations, leurs potentiels nutritifs ;**
- \* leur mobilité, leur diffusibilité.**

**La détermination des ions diffusibles  
par la méthode des cinétiques d'échanges isotopiques**



# Échanges isotopiques $^{31}\text{PO}_4$ ↔ $^{32}\text{PO}_4$



Systèmes  
Terre –  
Solution de terre

Réel : 1 rouge pour  $10^7$  bleus

La cinétique de transfert d'une phase à l'autre pour une situation donnée d'une terre donnée →

$$\frac{R_{(t)}}{R_{(0)}} = \frac{R_{(1)}}{R_{(0)}} \left\{ t + (R_{(1)} / R_{(0)})^{1/n} \right\}^{-n} + \frac{R_{(\infty)}}{R_{(0)}}$$



Cinétique de transfert d'une phase à l'autre (solide  $\leftrightarrow$  liquide)  
pour une terre donnée (Christian Morel)

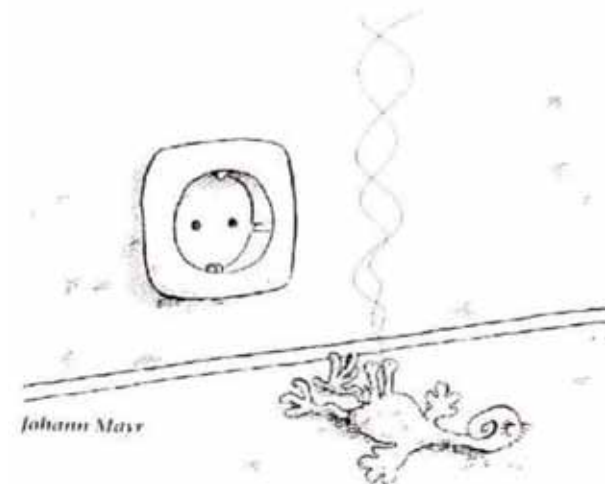
$$Pr_p = v \cdot Cp_w \cdot t^p$$



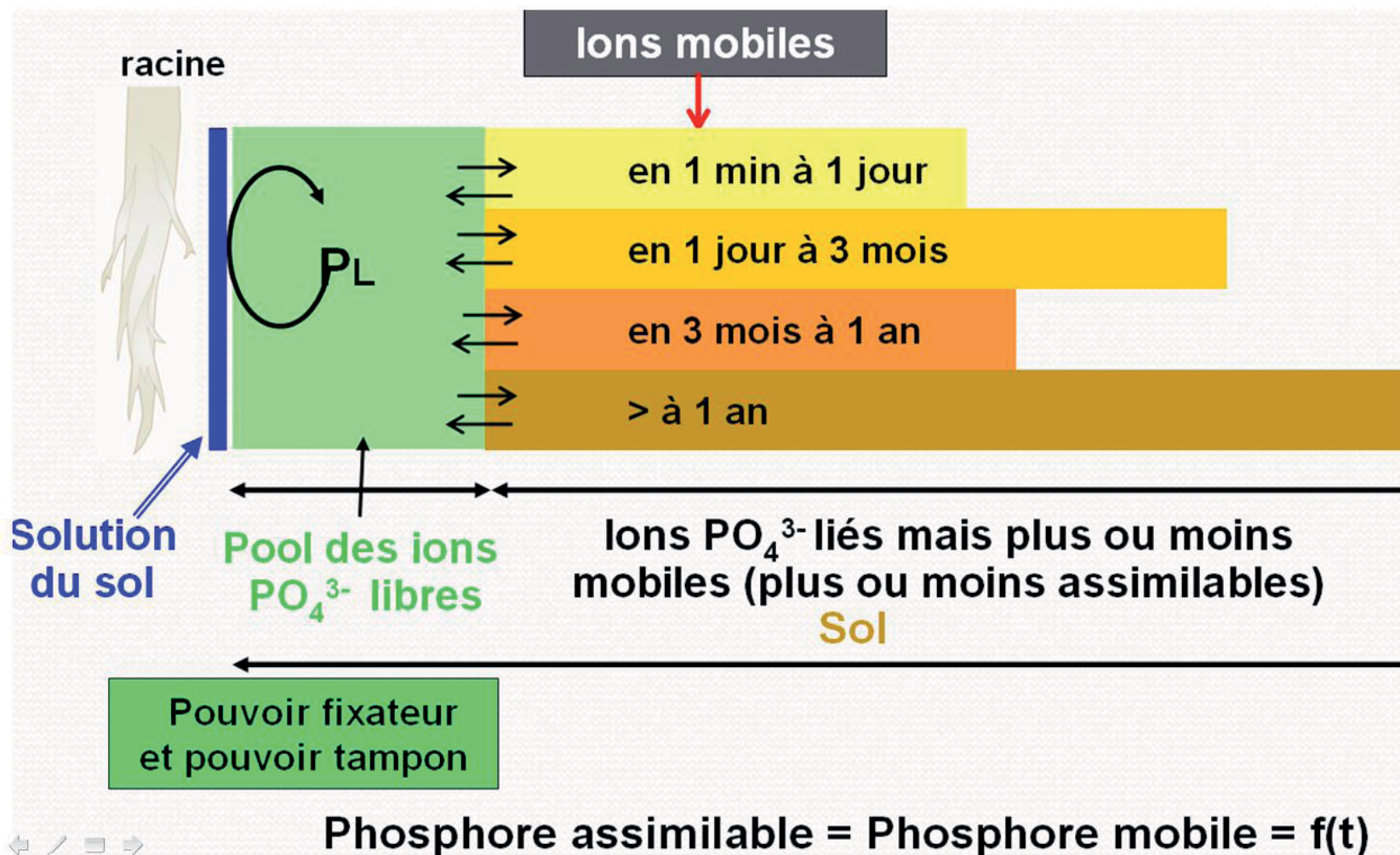
# Proposer des représentations permettant d'illustrer les caractéristiques de la diffusibilité des ions phosphate

1. Fardeau
2. Morel

*Pourquoi le "Petit homme à double queue" a finalement disparu .*



# Représentation du phosphore mobile obtenue par approche isotopique

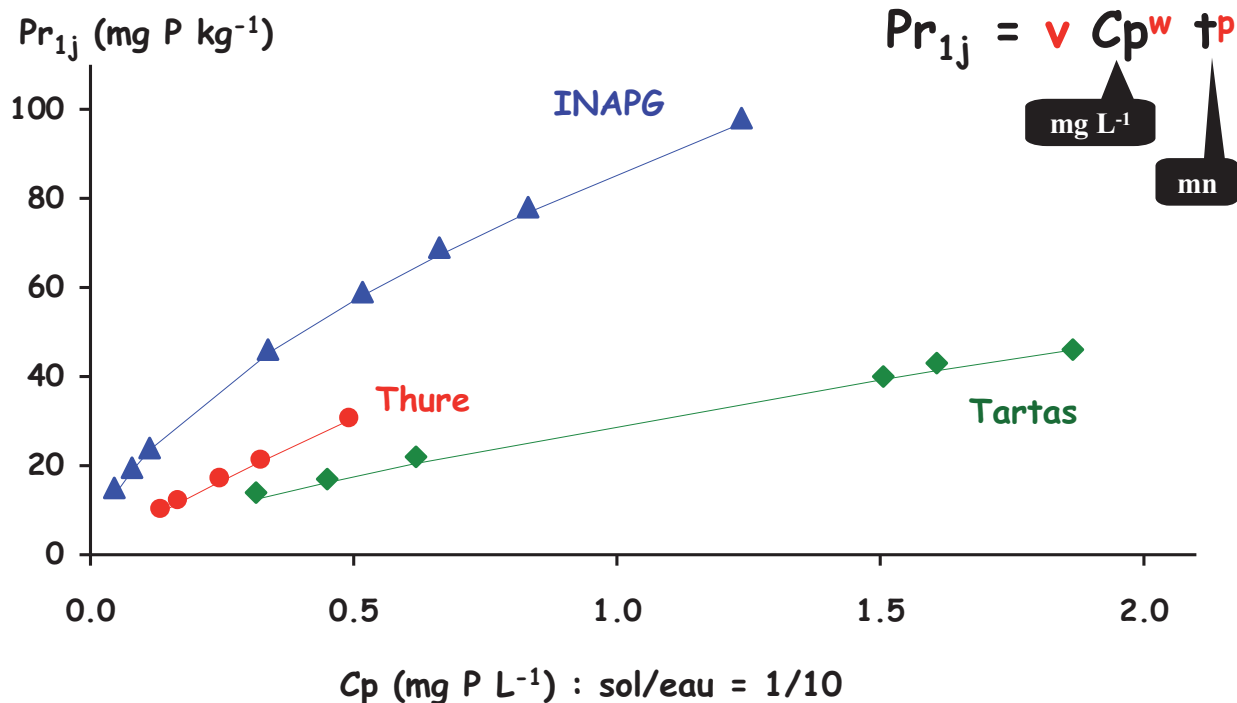




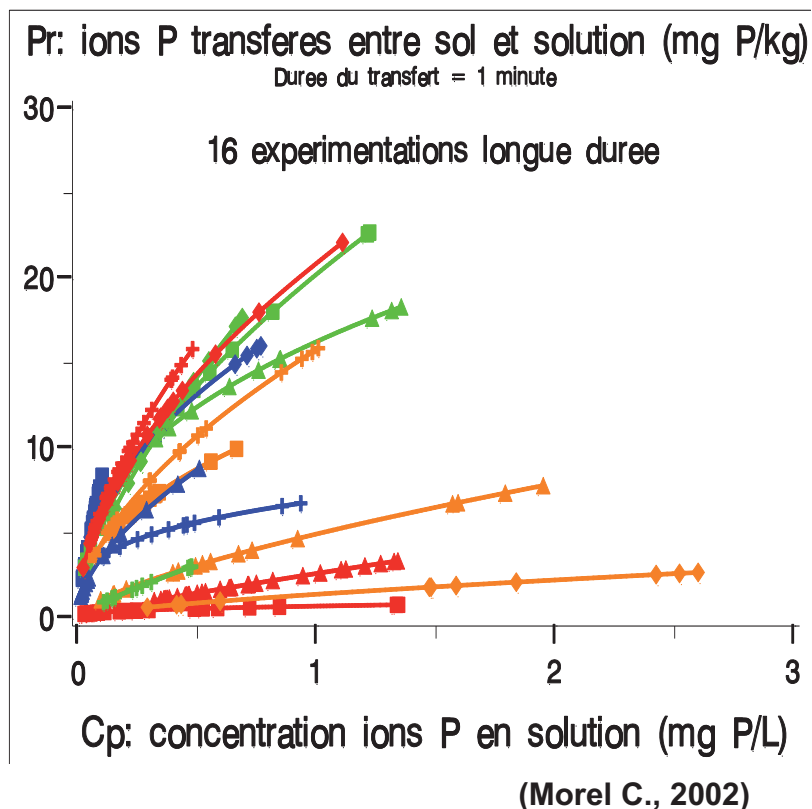
# Momo complète le système avec une représentation générale valable pour une terre donnée

Relation pour 3 sols entre la quantité d'ions phosphoriques diffusibles et la concentration d'ions Phosphate dans la solution du sol

Morel 2000



## L'équilibre dynamique Cp-Pr



On sait formaliser simplement le transfert phase solide/solution des ions  $\text{PO}_4$  diffusible à cette interface

$$Pr = v C_p^w t^p$$

(v, w et p sont des coefficients ; NB : Pr & t bornés !!)

De nombreux sols ont été caractérisés.

On connaît par ailleurs les composants de la phase solide du sol les plus réactifs avec  $\text{PO}_4$  (bibliographie en minéralogie, géochimie ...)

# III. Raisonner la biodisponibilité du P dans les effluents d'élevage !



# La situation actuelle



# Un tableau classique !! Que chacun susurre et transmet

ARVALIS Institut du végétal	Type de produit	Coef d'équivalence	
		P	K
	Lisiers et fumiers de porcins	0,95	1
	Fumiers ou fientes de volailles	0,85	1
	Fumiers de bovins	0,80	1
	Composts de fumiers de bovins	0,70	1
	Boues de STEP biologiques	0,95	1
	Boues de STEP physico chimiques (CaO, sels Fe...)	0,90	1
	Compost de boues de STEP et déchets verts	0,70	1
	Compost de déchets verts	0,55	1



**Coefficient d'équivalence ! OK ! Équivalence de quoi ? D'efficacité.**

**Mais efficacité n'est pas biodisponibilité !**

**Mais qui sait encore, pour ce tableau (comme pour les identiques !), ce que son premier auteur a vu ou voulu dire ?**

**S'agissait-il d'une équivalence entre P de l'effluent et P du TSP concernant :**

**\* Un effet immédiat,**

**+ sur la culture qui suit l'apport, en terme de rendement ou de prélèvement de P (y compris avec un effet nul par rapport à un témoin sans apport !!!)**

**+ sur les quantités de P extraites avec un réactif ordinaire, entre 1 et 3 mois après l'apport (pour aller vite !), comme si le P extrait était le P biodisponible !**

**\* Un effet résiduel,**

**+ sur des cultures rendement ou prélèvement**

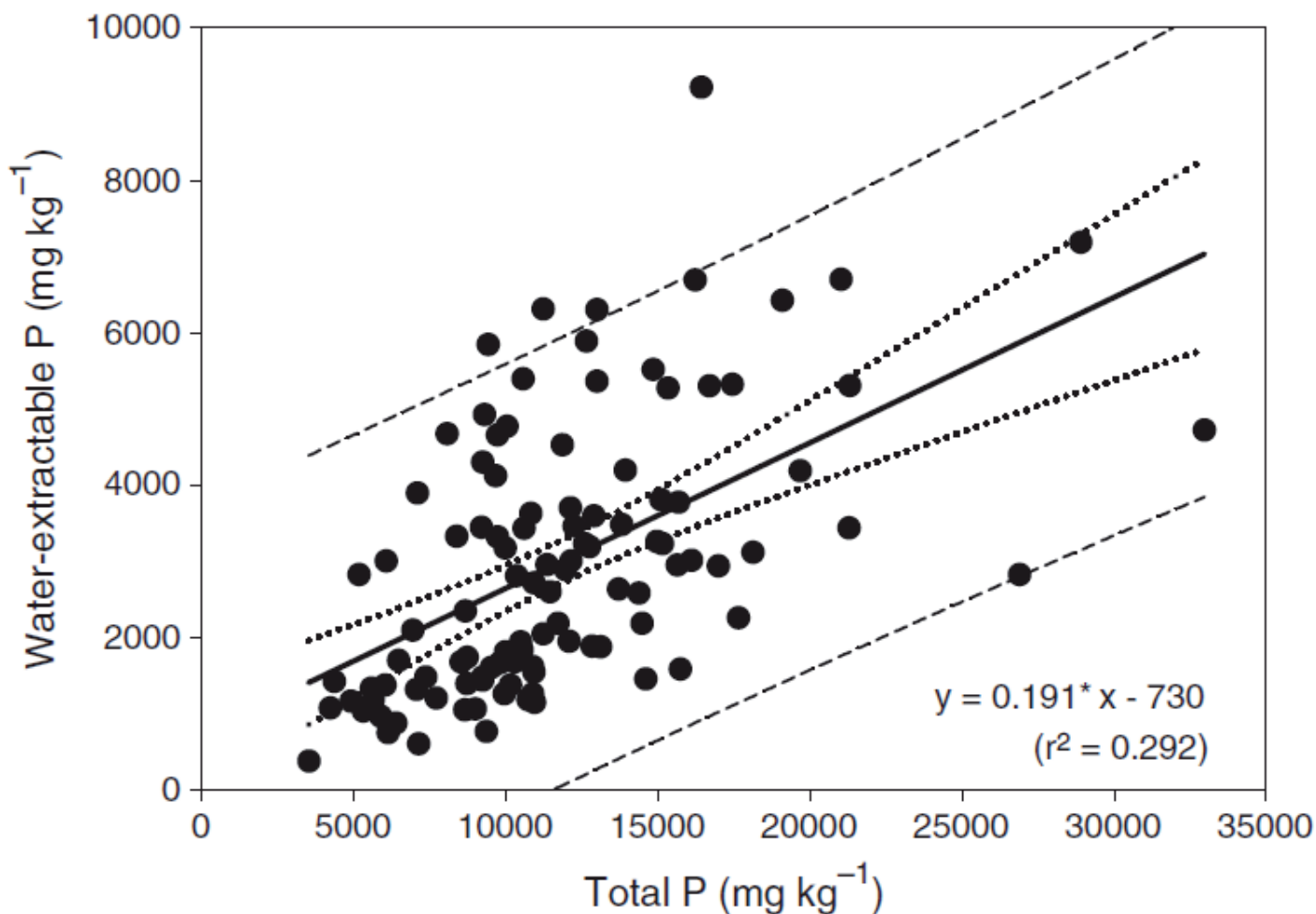
**+ sur des quantités extraites**

**Tout cela, ça sent un peu le pifomètre !**

**Un progrès significatif !** La détermination, dans les effluents d'élevage, de la forme P soluble-eau, c'est-à-dire directement disponible pour les plantes.



Dao Than  
& Schwartz  
(2011)

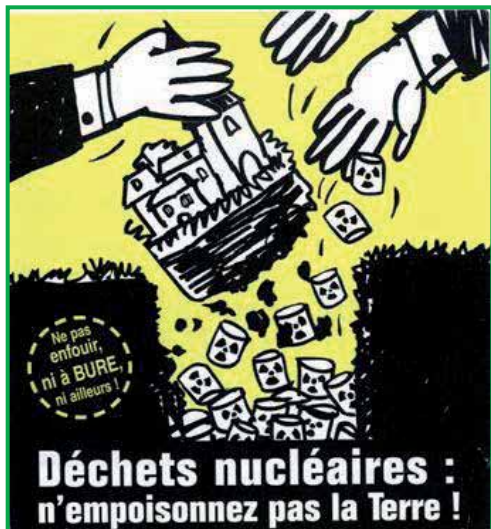


**Fig. 16.3** Relationship between WEP and total P concentrations in manure suspensions collected from 107 dairy farms across five states of the northeastern USA. *Dotted lines* represent 95% confidence intervals for predicted values of WEP and *dashed lines* represent the prediction 95% confidence intervals. *Solid line* is best fit (Dao et al. 2006)



# Le futur

Espérer avoir des descripteurs du P diffusible sans faire appel aux techniques isotopiques parce que : 1. P n'a qu'un seul isotope stable  
2. le nucléaire n'a pas bonne presse !



Programme CASDAR du TCEM de l'INRA de Bordeaux

Accéder aux paramètres v, w et p de l'équation de Christian Morel concernant le P diffusible au moyen d'indicateurs obtenus par les analyses de routine des terres puis intégrés dans des fonctions de pédotransfert.

# Conclusions !





## *Comment raisonner la biodisponibilité du phosphore dans les effluents d'élevage*

**Comme pour n'importe quel engrais phosphaté !!!  
Et même comme pour n'importe quelle matière fertilisante !  
C'est-à-dire pour une substance qui :**

- 1. Apporte des éléments nutritifs ;**
- 2. Entretient ou améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques des terres**

**Mais difficile de raisonner, donc de prévoir, quand les bases cognitives sont absentes, telle celle relative à l'évolution de 75 à 95 % du P contenu dans les effluents !!!!**

**Progrès indispensable sur la microbio des terres à faire ! Ces niches écologiques par excellence**



*Gestion du P des effluents pour fertiliser,  
c'est aussi la gestion raisonnée des effluents,  
de l'ensemble des constituants des effluents !*

## Et pour nous, COMIFERIENS, fertiliser, c'est :

Satisfaire les besoins nutritionnels des plantes en complétant l'offre du sol en éléments minéraux dans des conditions **économiquement** rentables.

La fertilisation doit tenir compte :

- des objectifs de rendement et de qualité des différentes cultures
- de la biodisponibilité des éléments ;
- du **maintien du potentiel de production** ;
- de la variabilité spatiale et temporelle du milieu
- de la **préservation de l'environnement**



Tout en sachant qu'un élément nutritif X apporté avec une matière fertilisante ne peut accroître le rendement que si l'élément X est le premier des facteurs limitants du rendement (Sprengel, Von Liebig et Mitcherlich, # 1850)

Sinon l'apport est inutile ! Voire néfaste, pour le portefeuille et l'environnement !!! Mais sapsristi, que faire des déjections animales contenant plus de P que nécessaire aux cultures locales ?????



## **Soucis majeurs avec les effluents d'élevage**

**Souci : avec le rapport N/P**

**Les matières organiques qui diminuent le PF  
des constituants des terres pour P !**

**Dans quelle direction faut-il chercher à  
progresser pour innover ? La microbiologie  
des terres !!!**

Et tout doit se terminer  
par un élégant recyclage  
des éléments nutritifs !!!

**OUF !!**

Hum !! Berk !!



La fontaine de Maurice  
Duchamps (1917)  
(signée R. Mutt)



**Et merci de votre attention !! Bye, bye,..**