

# Fertilisation raisonnée et qualité nutritionnelle des aliments

Jean-Claude FARDEAU  
(CPPMFSC)

De la terre à l'assiette  
→



??

→



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

# La quête de la nourriture et l'alimentation ont été, et restent, des actes majeurs de la vie des sociétés et en société




**Pieter Aertsen 1508-1575**

**Et beaucoup plus récemment !!**



**Claes Oldenburg - 1962**

**Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »**



**Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment pour l'alimentation, l'habillement, le logement, les soins médicaux ainsi que les services sociaux nécessaires**

**Déclaration universelle des droits de l'homme (ONU 10-12-1948)**

**Et la gourmandise serait un défaut ! Mais ....bof !**



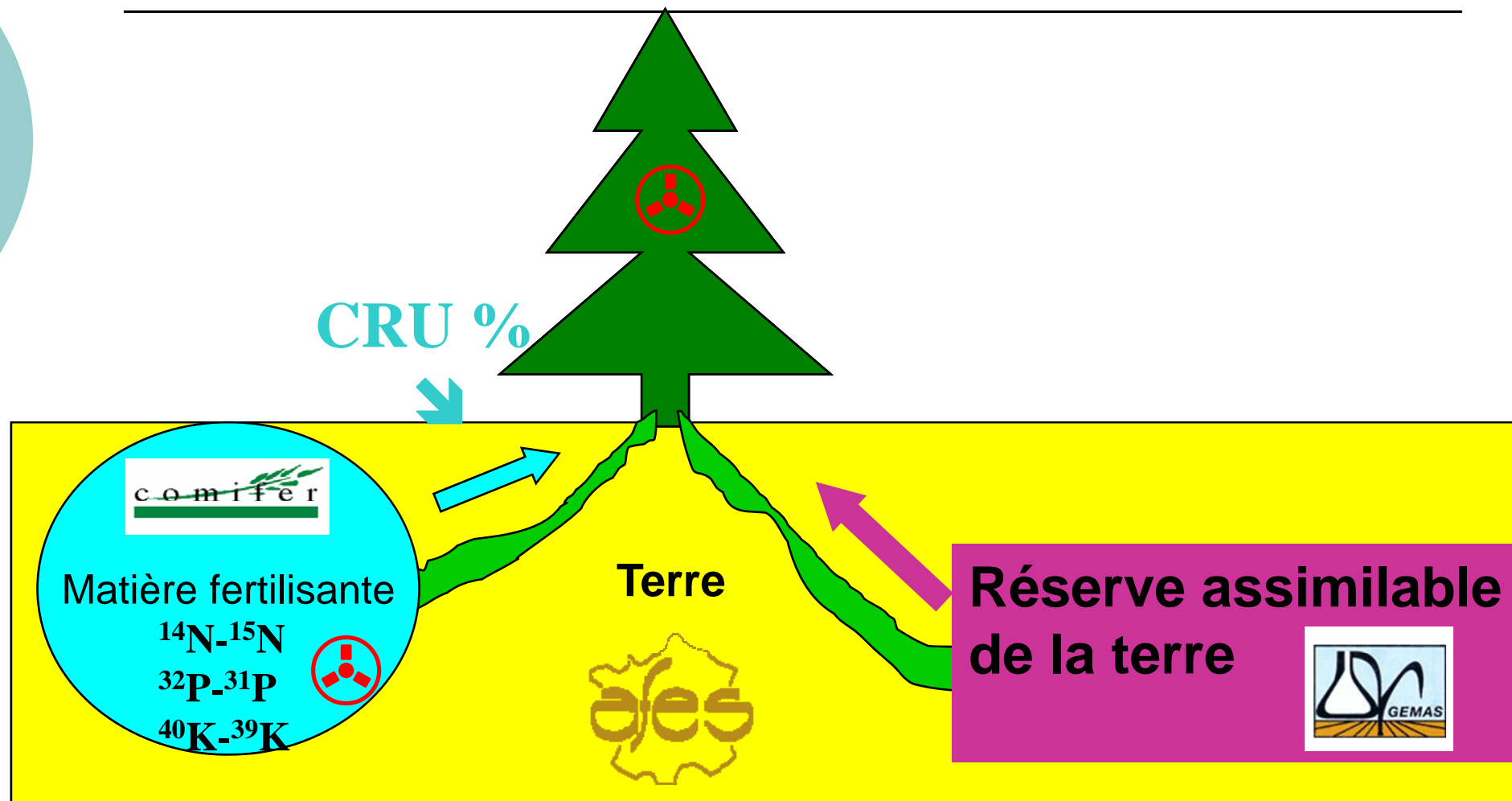
## Matières fertilisantes

**Tout produit dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.**

**Il s'agit notamment des engrais et des amendements (Article L 255-1 du code rural).**

**Mais attention, c'est comme le sel dans la soupe !  
Plus facile d'en mettre que d'en retirer !**

# Nutrition des plantes à partir de deux sources : la terre et les matières fertilisantes apportées





*Au début,  
il n'y avait pas de fertilisation  
raisonnée, car on lit, on dit,  
qu'il n'y en avait pas  
besoin !*



## Adam et Ève

Lucien Cranach 1472-1553 (D)

### Premier exemple historique

1. d'agriculture biologique

2. de circuit court entre

productrice ♀

et consommateur ♂

En quelque sorte  
première

AMAP !

C'était bio, c'était vert

Mais alors quel vers !

Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009

« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »





**En matière de fertilisation,  
l'important,  
hier et comme aujourd'hui,  
c'est de savoir  
communiquer avec son camp !!**

*la Comtesse*

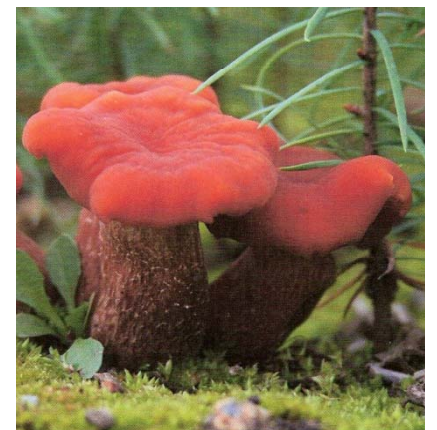
**Avant-hier !**  
**et jusqu'en 1850 environ,**  
**il y a eu la fertilisation organique**



# Les humains aussi fertilisaient !



En France :  
420.000 t N  
60.000 t P



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

# Les humains aussi fertilisaient !



Et les grands patrons  
fixant le cours des salaires  
et des bourses  
aussi !!

En France  
150 000 t K !!



**Plus sérieusement, hier encore !**

**EXCITOR AGRAL**  
COMPLÉMENT RADIO-ACTIF DE TOUS LES ENGRAIS

**EXCITOR AGRAL**  
ENGRAIS RADIO-ACTIF

STIMULE PUISSAMMENT  
LA VÉGÉTATION

ASSURE LES PLUS  
BELLES RÉCOLTES

FAVORISE & ACTIVE  
LA NITRIFICATION

PRÉSERVE DES MALADIES  
CRYPTOGAMIQUES

COMPTOIR DES ENGRAIS RADIO-ACTIFS. 57, Rue d'Alsace. COURBEVOIE

Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

# QUALITÉ DES PRODUITS RÉCOLTÉS ET FERTILISATION



Qualité et typicité



# Satisfaire nos besoins pour être en bonne santé



Nos aliments doivent nous apporter des protéines, des lipides, des glucides, 13 vitamines et 20 éléments minéraux, le tout en proportions équilibrées.

## Apports journaliers moyens

Macronutriments énergétiques - 300-500 g/j	
	2000-2500 kcal/j
Glucides – 200-260 g/j	40-55 %
Dont Fibres 20 g	
Lipides – 65-95 g/j	25-45 %
Dont Acides gras monoinsaturés 25 g	
Acides gras polyinsaturés 25 g	
Protides – 60-120 g/j	14-25 %
Dont Acides aminés indispensables 20 g	

Minéraux et oligoéléments - 10 g/j	
Macrominéraux g/j	Ca 1; P 1; Mg 0,35; K 2; Cl 1; Na 1
Oligoéléments mg/j	Fe 15; I 0,07; Zn 16; Cu 1,5-3; F 1,5-4; Se 0,07; Mn 2-5; Cr 0,05-0,2; Mb 0,07-0,25; Ni 0,03; Vd 0,1; Si 5-20; As 0,01; Bo 1-3

Vitamines et facteurs protecteurs	
Vitamines Liposolubles mg/j	A 0,1; D 0,01; E 10; K 70
Vitamines Hydrosolubles mg/j	C 60; Thiamine B1 1-1,5; riboflavine B2 1,3-1,7; niacine B3 15-19; acide pantothénique 4-7; biotine 0,03-0,1; acide folique B6 0,2; B12 0,002; B6 2
Facteurs protecteurs	Polyphénols; acide phytique; caroténoïdes; phytoestrogènes; alcaloïdes; saponines; phytostérols; composés soufrés; terpènes

**Daniel  
TOME**



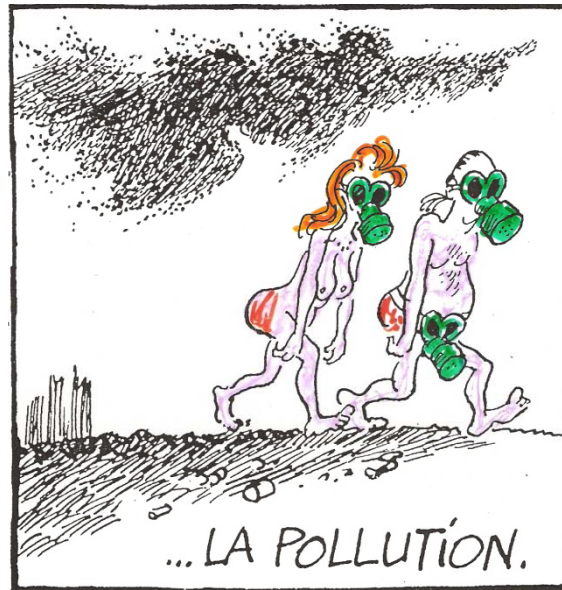
**Et du liquide !** **L'eau doit être potable**  
**Mais le vin lui, il est consommable (c'est mieux !)**  
**Et il permet de rêver**



Binglinsi - 黄河

**Notre régime alimentaire sera de bonne qualité nutritionnelle si, et seulement si, il nous apporte :**

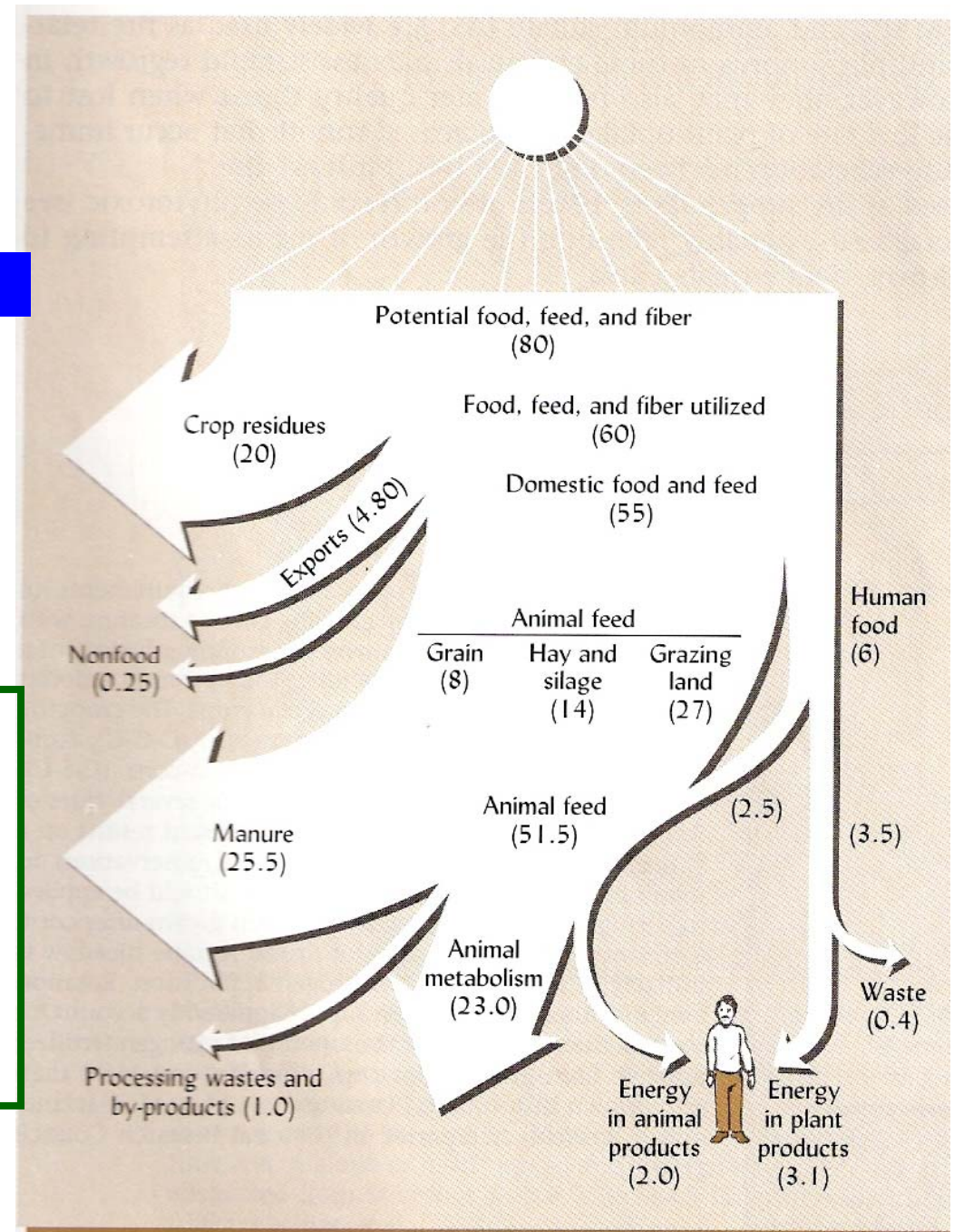
- ✘ **cet ensemble d'éléments et de composés organiques en quantité équilibrées,**
- ✘ **et rien que ces éléments et composés**  
**Sinon risque de pollution !!**



**La palatabilité, le plaisir de manger, est un autre sujet !**

# Répartition des flux d'énergie (et # de matière) entre les différents constituants des agroécosystèmes

(USA. Billions de joules par an)



## Trois fondamentaux en matière d'alimentation



**1. Toutes nos récoltes dérivent, de la terre, de l'air, des eaux et des additifs utilisés, via les végétaux (qui sont des filtres et/ou des accumulateurs),**

**2. Aucun végétal (ni animal) n'a la composition de l'homme !  
En conséquence, nos régimes alimentaires doivent être la combinaison de différents aliments !**

**3. Il va donc exister infinité de régimes alimentaires, car il existe une infinité de combinaison d'aliments, qui peuvent permettre de satisfaire nos besoins. En attestent les jolies filles, et les jolis garçons, rencontrés sous tous les cieux de notre planète !!!!!.**

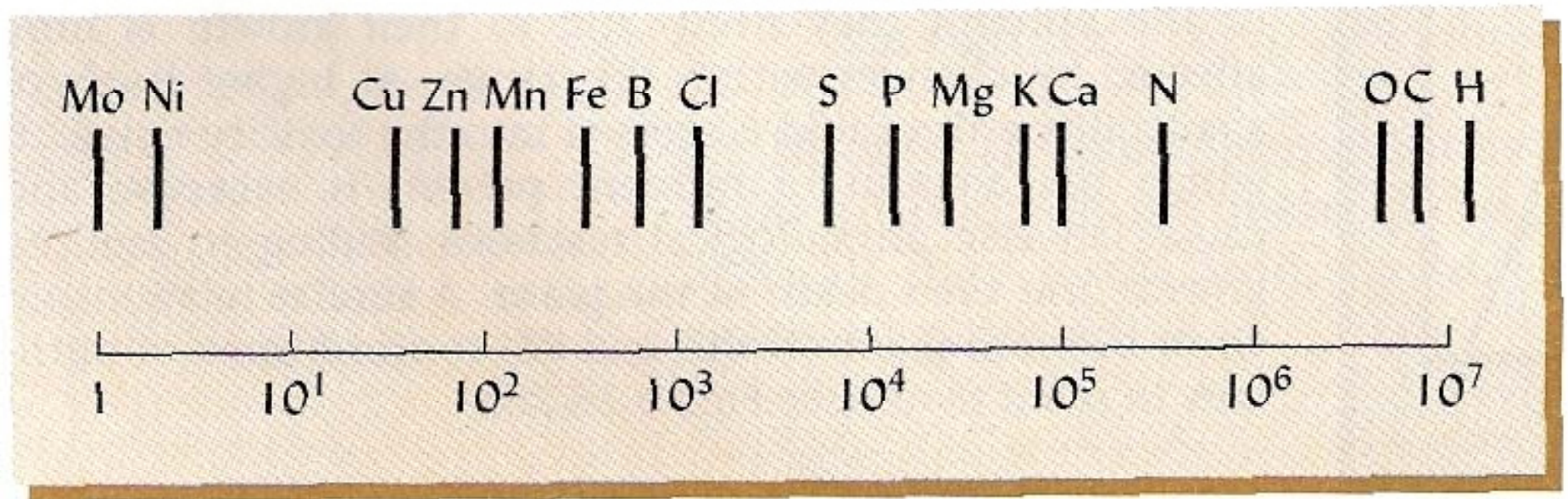
Pour assurer la synthèse des protéines, des lipides, des glucides, des vitamines et des « éléments minéraux », tout organisme vivant a besoin, en proportions équilibrées, de 27 éléments chimiques sur les 115 existant sur et dans la terre !



- 6 éléments de structure : C, H, O, N, P et S.
- 5 à mécanisme physiologiques : K, Ca, Mg, Cl et Na.
- 15 oligo éléments ou éléments traces : Fe, Cu, Zn, B, As, Cd, Cr, Co, F, Mn, I, Mo, Ni, Se, Sn et V

Quid des 115 – 27 = 88 restant ? Neutres ou indésirables et qui peuvent se retrouver dans le vivant !!!!

# Teneur relative des différents éléments dans une luzerne



(Viets et al., 1965)

## Curiosité ? Problème existentiel ?

**Il a suffit, et il suffit, de 27 éléments chimiques sur les 115 existant pour :**

**@ réussir ce que je suis et ce que vous êtes !**

**@ assurer mon fonctionnement quotidien, et le votre !**

**Alors, l'hypothétique créateur n'a-t-il pas bossé inutilement  
et consommé de la matière (et de l'énergie nucléaire) sans raison ?**



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

# Une différence majeure entre végétaux et animaux!



Eoures

**Les plantes sont autotrophes  
Les animaux sont hétéro-trophes !**



# Les plantes sont autotrophes

## Les animaux sont hétérotrophes !



**Les plantes prélèvent, assimilent et synthétisent.**

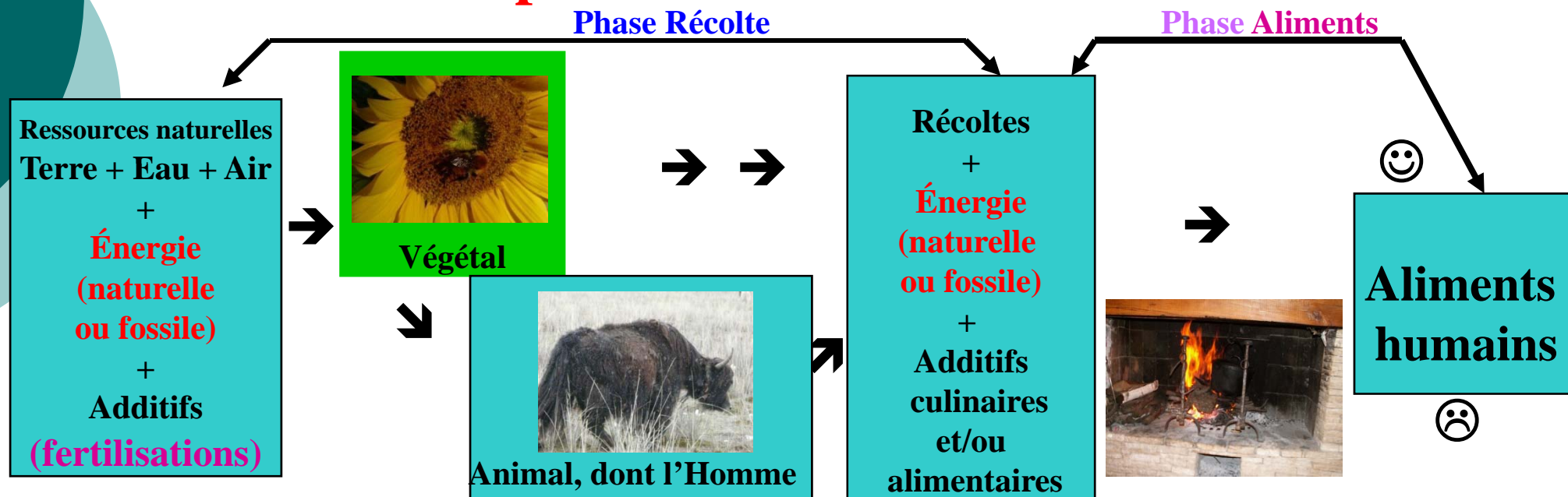
**Les animaux ingèrent,  
puis digèrent et dégradent ce que les plantes  
avaient synthétisé, puis rejettent !**



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

# Processus de formation de nos récoltes

## puis de nos aliments



**Bilan : Nos aliments devant assurer notre santé ont pour origine :**

- \* les milieux naturels,
- \* les additifs,
- \* et les végétaux « collecteurs ».

# Satisfaire nos besoins pour être en bonne santé

Nos aliments doivent nous apporter des protéines, des lipides, des glucides, 13 vitamines, voire des facteurs de protection, et 20 éléments minéraux, le tout, en proportions équilibrées.


La bonne santé est atteinte en consommant, pour chacun de ces constituants indispensables, l'apport nutritionnel recommandé :

## L'ANR

En dessous c'est la carence et au dessus ça peut craindre !!

L'ANR, ce n'est ni  ni  ni 

c'est le travail des nutritionnistes !



# Satisfaire nos besoins pour être en bonne santé

Si l'ANR est significativement dépassé il y a du souci à se faire !!!!!

**Car, comme dans les sols, il est plus facile d'ajouter  
un élément que d'en retirer un lorsqu'il est  
potentiellement polluant !!,**



# Satisfaire nos besoins pour être en bonne santé

Si l'ANR n'est pas atteint avec les aliments utilisés, nous devons « fortifier » notre alimentation. Nous pouvons :

- \* **Changer de crèmerie !! C'est toujours mieux dans le pré d'à côté !**
- \* **Nous doper aux pilules de la pharmacienne !!**
- \* **« Fortifier » nos aliments en « chargeant » les végétaux en leur apportant plus et mieux : biofortifions en fertilisant avec les éléments déficients dans les récoltes !**

Satisfaire nos besoins pour être  
en bonne santé,  
c'est consommer l'ANR de toute chose !

Et le travail du  c'est de proposer des méthodes  
pour que les récoltes permettent d'atteindre l'ANR sans la dépasser  
significativement



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »



# **Apprendre à gérer la fertilisation pour accroître l'ANR par « biofortification »**

---

**En France, en moyenne, à l'échelle de la population :**

- \* l'ANR est atteinte pour des éléments comme N, P, K, Ca ...,**
- \* l'ANR ne serait pas atteinte pour Se et Zn (70 % et 85 %)**

**Analysons donc le potentiel de  
« biofortification » des récoltes, via  
des fertilisations, pour les deux  
éléments Se et Zn**

# Comment gérer deux oligoéléments indispensables et potentiellement toxiques ?

---



**\* Le Sélénium, Se.**

**Indispensable aux animaux mais non indispensable aux plantes.**

**\* Le Zinc, Zn.**

**Indispensable aux plantes et aux animaux**



# Le sélénium Se



Vers l'alnavin

Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »




# Se

## ANR (de bien portant !) et compagnie

---

En  $\mu\text{g}$  par jour

Carence :	11
ANR	20 à 100
Dose de sécurité :	300
Dose létale 	5 000

Les teneurs de Se dans les produits végétaux sont comprises entre 0.01 et 0.30 mg Se par kg MS



**Le sélénium est indispensable aux humains et aux animaux**

**Se autorisé en tant qu 'additif alimentaire animal et humain !!!!!**

**Le sélénium ne semble pas indispensable aux végétaux**

**Se non autorisé en tant que matière fertilisante  
Teneur maximale signifiée dans certains intrants**

**Faire évoluer la logique et la réglementation !!!!!!!**



**Consommation Se moyenne des français :  
75 % de la valeur recommandée**



# Se

---

**La question posée est alors:  
comment assurer une ingestion  
de Se suffisante chez les animaux  
et les humains ?**

- \* Alimentation biofortifiée ?**
- \* Additif alimentaire ?**

# **Coefficient Réel d'Utilisation de Se des engrais minéraux Se**

---

**CRU % entre 0.01 % et 30 %  
selon la forme chimique minérale  
utilisée**

**(Importance majeure de la spéciation de l'élément)**



**La modification des teneurs de Se dans les plantes  
est certaine avec le sélénate**



**Une certaine logique pousserait à autoriser  
la mise sur le marché d'engrais séléniques  
pour « biofortifier » nos récoltes en Se!!**

**Transmongolien**

# **Le zinc : Zn**

**Indispensable aux plantes et aux humains**

**Apport nutritionnel recommandé : 15 mg Zn j<sup>-1</sup>**



**Col de l'Alpavin**



# Zinc : Zn

---



I. Cakmak

Déficiencia de Zinc sur du blé (Turquie)

# Zn chez les humains

## Doses à ingérer (en mg j<sup>-1</sup>)

- \* Carence : 2 à 3
- \* ANR : 7 à 40
- \* toxicité : 500
- \* létale ☠ : 6 000



Au pied du Potala

# Notions d'ingestion et d'absorption métabolique

La majorité du Zn ingéré par les animaux (dont par ma pomme) n'est pas biodisponible pour notre métabolisme, c'est-à-dire susceptible d'absorption métabolique car lié à du phytate (spéciation)

Le phytate est un composé organique phosphaté, localisé essentiellement dans les graines, qui ne relâche ses constituants (P, Ca, Mg, Zn, etc ... ) que sous l'action d'enzymes phytasiques (voir les volailles !)

De fortes fumures phosphatées, et une alimentation surtout constitué de céréales, sont deux limites à la possibilité pour les humains d'utiliser « . ».

Tout n'est pas forcément facile à résoudre lorsque des mécanismes opposés fonctionnent !!!

# Zn

**Coefficient Réel d'Utilisation  
de Zn des matières fertilisantes Zn  
appliquées sur les terres**

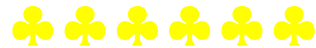
**CRU % entre 0.1 % et 2 % max**

(pouvoir fixateur du sol pour  $Zn^{++}$   )

**En conséquence la modification des teneurs de Zn dans les plantes  
sera difficile à obtenir à un coup économique acceptable  
par fertilisation au sol !**

**Choisir la fertilisation foliaire comifér !**

# Possibilités d'action de l'agronome fertilisant



Élément Fonction	N	P	K	Ca	Zn	Se	
Apport Nut Recommandé	18 g j <sup>-1</sup>	2.2 g j <sup>-1</sup>	5 g j <sup>-1</sup>	1 g j <sup>-1</sup>	10 mg j <sup>-1</sup>	100 µg j <sup>-1</sup>	
<b>Fonction</b>	M et S	M et S	M	M	M	M	
Indisp. Plantes	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	
CRU % Matière fert.	3 - ≥ 40 %	3 à 10 %	# 30 %	# 10 %	1 à 2 %	0.1 à 25 %	
Effet sur	Rdt	++++	+	++	+	+	0
	Teneur	++++	+	+++	+	+	+++
Pouvoir fix. terre	# 0	Fort	Moyen	Moyen	Très fort	Faible	

Liaison  
Effet sur teneur  
Et  
Pouvoir fixateur

\*S = Fonction de structure

\*M= Fonction métabolique

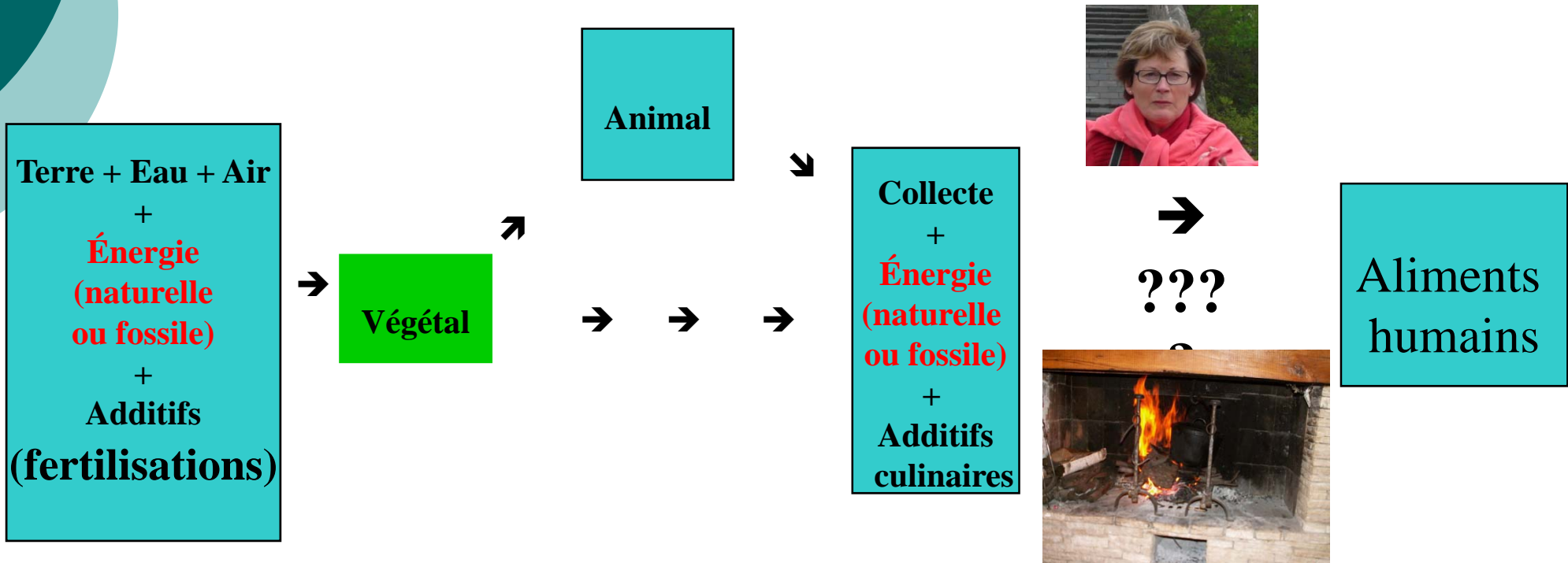
# Et après la récolte ????

---



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

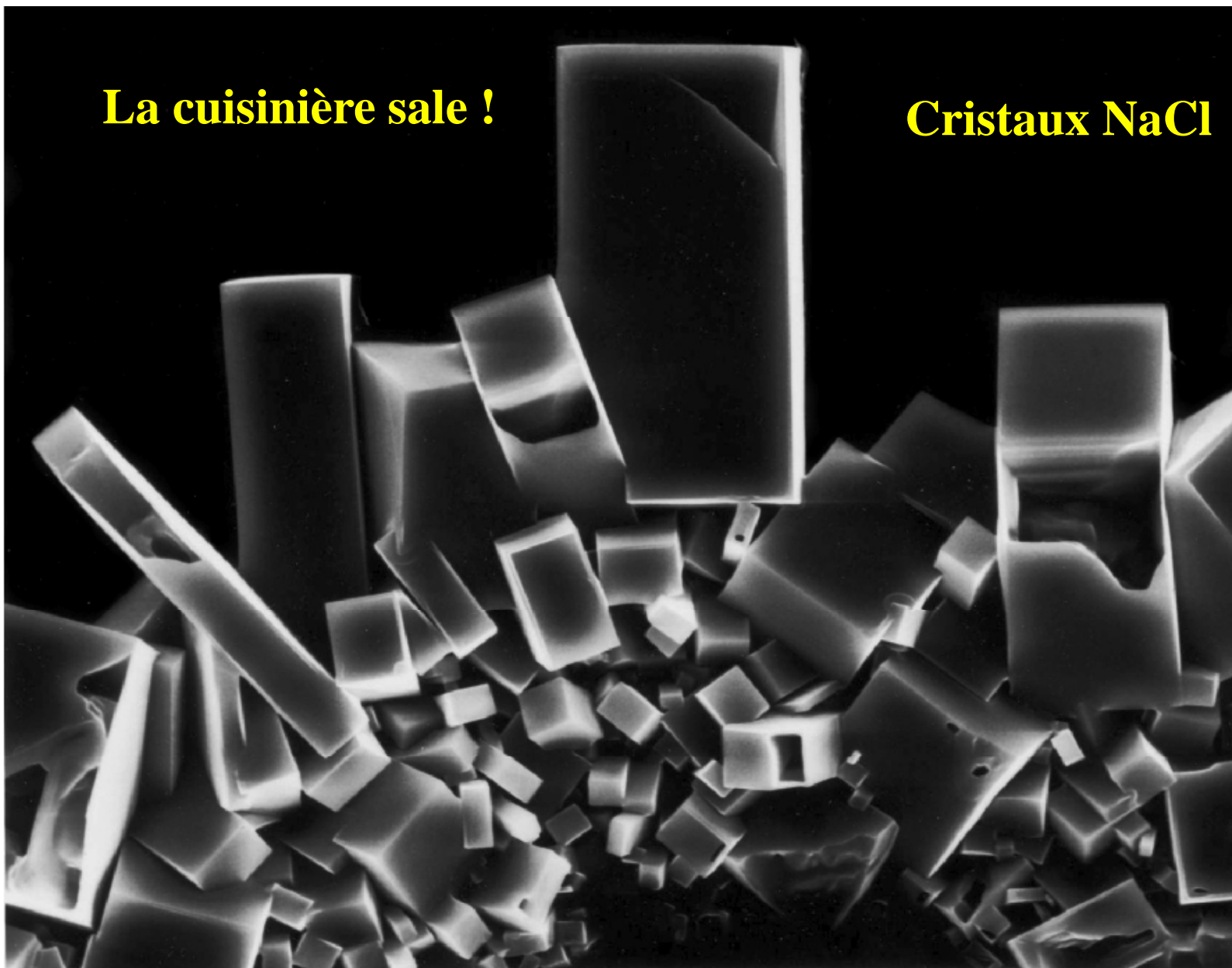
# Processus de formation de nos aliments



## Les méfaits de la cuisinière !!!

**La cuisinière sale !**

**Cristaux NaCl**



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »



# Les méfaits de la cuisinière !

## **K<sup>+</sup> - Na<sup>+</sup>** **Un couple diabolique !**

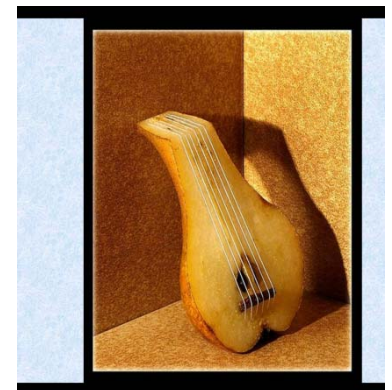
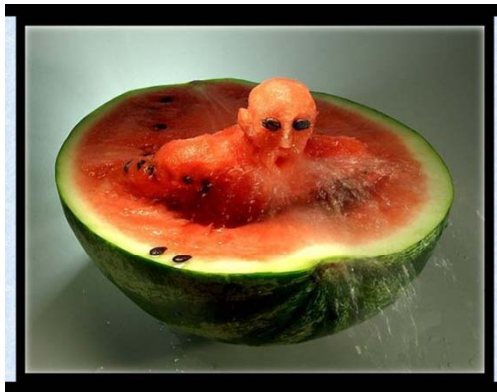
	<b>Il y a 10 000 ans</b> (+ 350 générations)	<b>Maintenant</b>
* ingestion de K <sup>+</sup> (gK j <sup>-1</sup> )	8	4
* ingestion de Na <sup>+</sup> (gNa j <sup>-1</sup> )	0.1	4
Rapport K <sup>+</sup> / Na <sup>+</sup>	80	1

**Accroissement des accidents cardiovasculaires !**

**C'était mieux avant !**

**Accroître ingestion de K de 1.6 g j<sup>-1</sup> et diminuer Na : Tension ↘ 2 à 4 mm Hg**


# Manger 5 légumes et fruits par jour !



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »



**Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »**



**La cuisine est un art,  
mais la nutrition est une science !  
Comme l'agronomie !**

# **Bilan agronomico-alimentaire des fonctions des fertilisations**



**Barre des Ecrins**

**Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »**



# Fertilisation et alimentation

## 1. ASPECTS QUANTITATIFS

Accroissements évidents des rendements !


## 2. ASPECTS QUALITATIFS

Les agronomes disposent d'outils  
(CRU % ou CAU % des éléments nutritifs apportés  
comme matière fertilisante et pouvoir fixateur des terres)  
pour prévoir les modifications des teneurs des éléments  
dans les récoltes en fonction des pratiques  
de fertilisation (minérale et/ou organique).

## CONCLUSION

Les agriculteurs sont en mesure de fournir au  
consommateur des matières premières végétales adaptées  
au prélude à une alimentation saine des humains.

**Reste à la cuisinière à en conserver le potentiel !!**



**Y a-t-il des risques de dégradation  
de la qualité nutritionnelle des récoltes  
(et d'une dégradation associée de notre santé)  
à utiliser des matières fertilisantes  
pour favoriser la croissance  
et modifier les contenus des éléments  
dans les végétaux ?**

**Aucun risque, chaque fois que les réglementations  
en vigueur sont respectées !  
Car nul n'est autorisé à mettre sur la terre qu'il cultive  
n'importe quoi, en n'importe quelle quantité,  
pour faire croître ses récoltes !**



## Que peuvent-ils faire dans cette galère ?



**Imaginer, conseiller**



**Spécier droit !  
(Sans tortiller  
du cuir chevelu !)**



**Décrire les  
propriétés des sols**





# Et l'avenir ? Imaginer pour progresser ! Créons des ruptures ! Allons de l'avant !

**Matières fertilisantes :.....améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.**

**Il s'agit notamment des engrais et des amendements**

**Et pourquoi pas les stimulants de la nutrition des plantes et autres produits émergeant ???**

**Proposer des substances qui, appliquées en quantité infinitésimale, vont stimuler la synthèse de métabolites d'intérêt ! Et en particulier de métabolites secondaires favorables aux humains ou aux animaux !**

**Mais !!!!! Cette action n'est pas, *sensu stricto*, de la nutrition végétale. et la sève n'est pas le sang !!!**

**Faire évoluer la L 255-1 !!! Bon courage !!!**



**Allons de l'avant !**

## Quelques possibles conclusions

- 1. Beaucoup de facteurs contribuent à assurer une alimentation de qualité. Et de nombreux régimes alimentaires permettent de satisfaire à l'acquisition de l'ANR pour les différents nutriments nécessaires.**
- 2. La fertilisation raisonnée est un outil permettant de modifier, pour certains éléments, les teneurs des éléments cibles dans les récoltes, donc de modifier les Apports Nutritionnels.**
- 3. La connaissance du pouvoir fixateur des terres pour chaque élément est l'outil le plus efficace pour prévoir l'effet des fertilisations sur les modifications des teneurs des éléments dans les récoltes.**
- 4. Les agriculteurs sont donc en mesure de proposer aux consommateurs des récoltes de grande qualité nutritionnelle**
- 5. Le rôle de la cuisinière (donc de l'industrie agro-alimentaire), est primordial dans le maintien de la qualité nutritionnelle de nos aliments voire pour éviter les allergies !**



*Manet  
Déjeuner  
sur l'herbe*

**Avec retour  
sur l'afes**



**Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »**

Bve. hve.....



Autour du Potala – Lassa

Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009  
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »