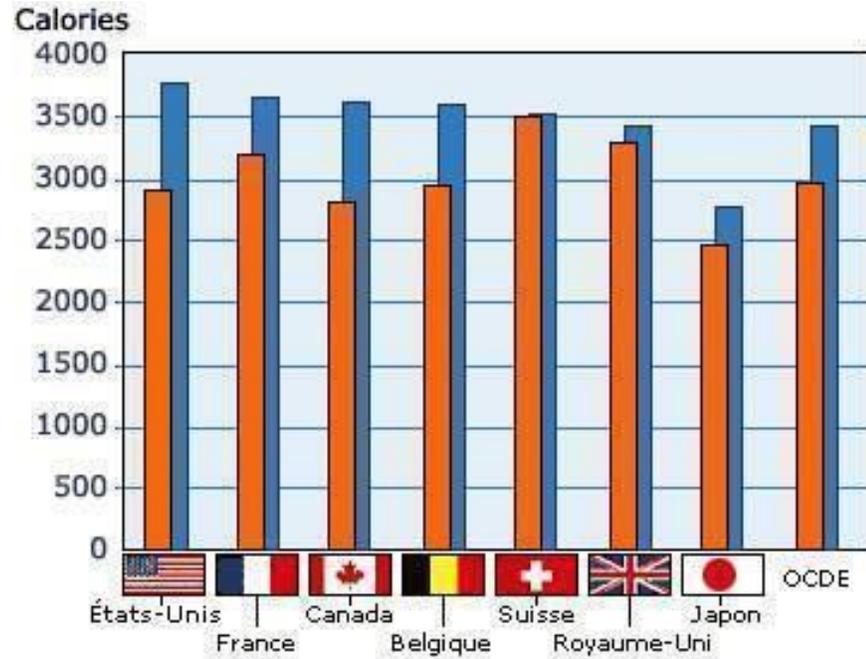
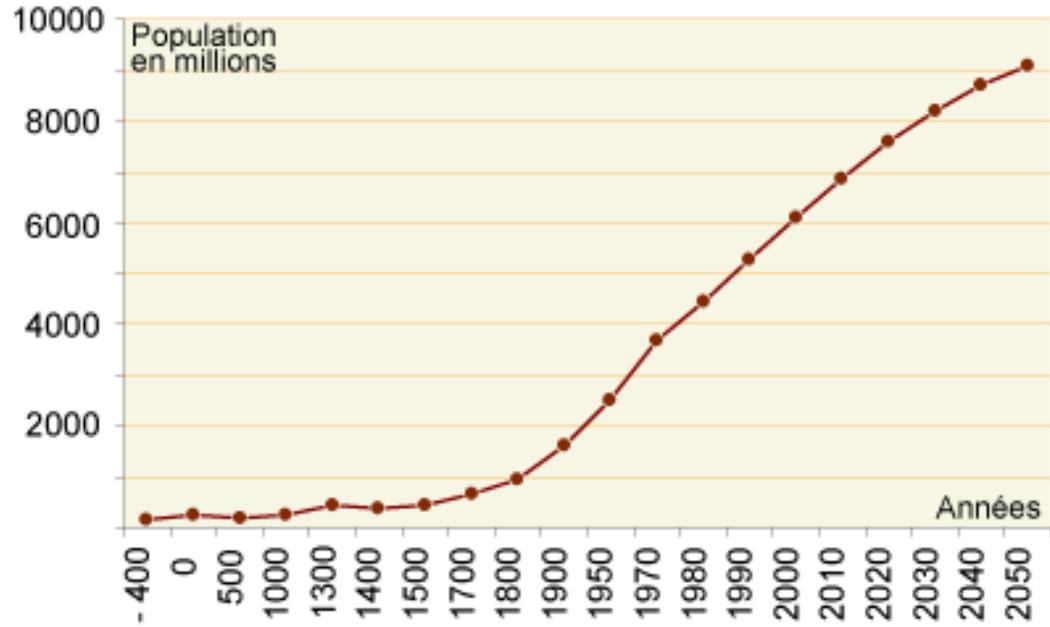


# Partie II : Nourrir l'humanité

Chapitre 1: Vers une agriculture durable au niveau de la planète

## Population de -400 avant JC à aujourd'hui



Le nombre de calorie nécessaire en moyenne par jour est de 2200 pour une femme et de 2400 pour un homme

# Les émeutes de la faim

☼ Emeutes liées à la hausse des prix alimentaires    Pays déclarés « en grave insécurité alimentaire » selon la FAO



- Actuellement 7 milliards d'habitants sur Terre.
- Prédiction : 9 milliard de Terriens en 2050.
- 850 millions de personnes sous-alimentés.

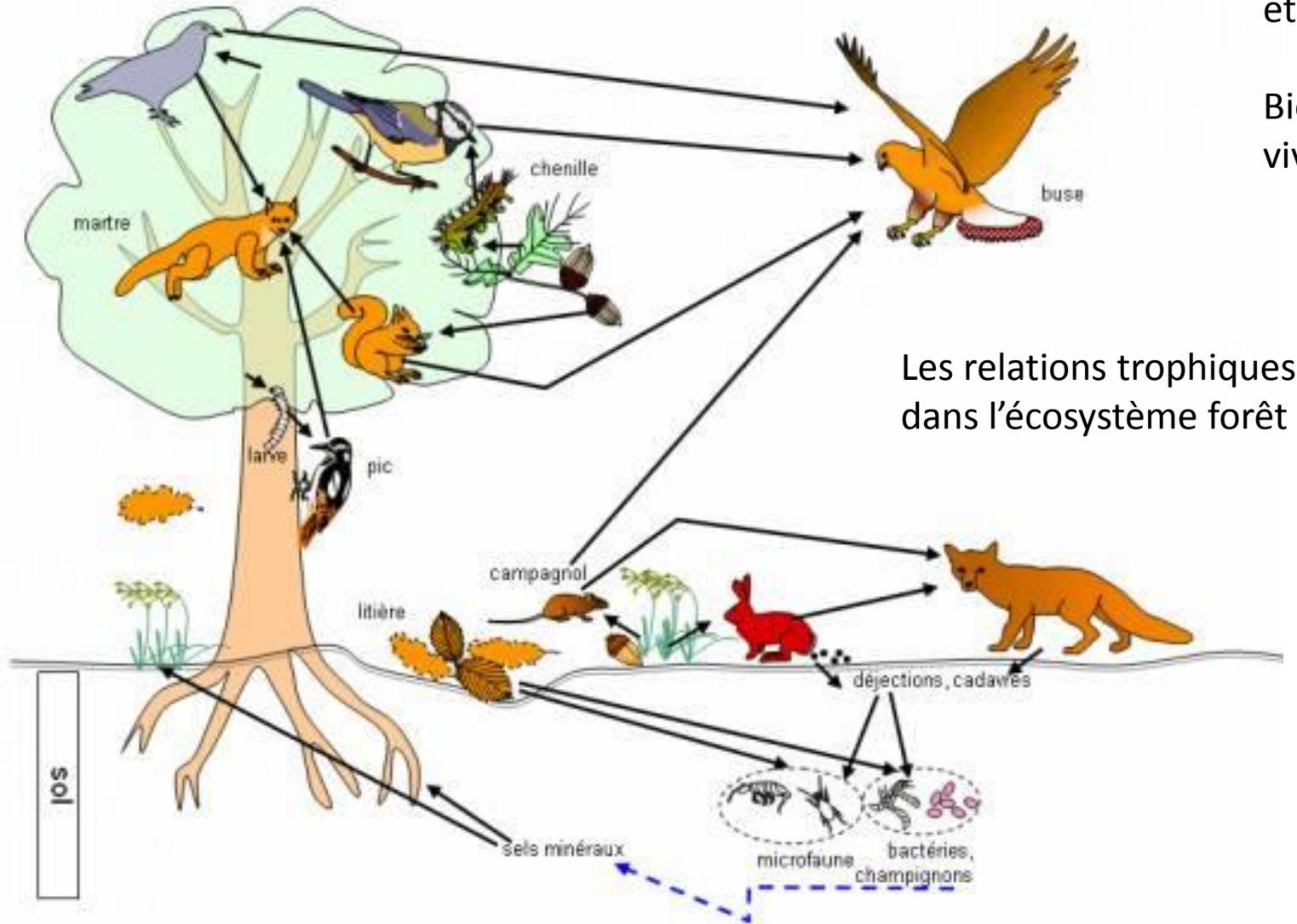
Comment nourrir 9 milliards d'êtres humains en conciliant production alimentaire massive et respect de l'environnement pour les générations futures ?

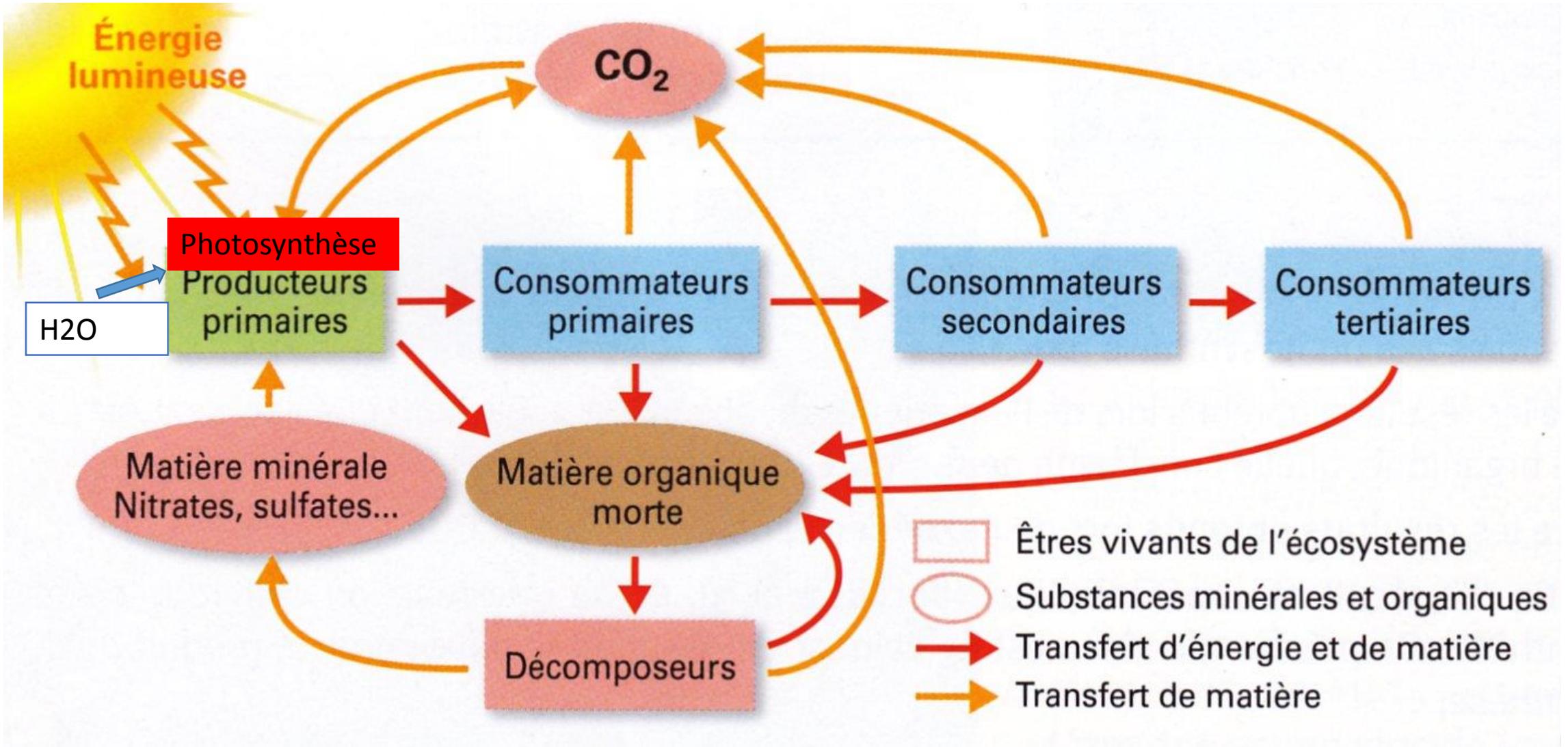
# I. Une agriculture pour nourrir les Hommes

## 1. Rappel : fonctionnement d'un écosystème

Biotope : caractéristiques physiques et chimique de l'écosystème

Biocénose : ensemble des êtres vivants peuplant un écosystème





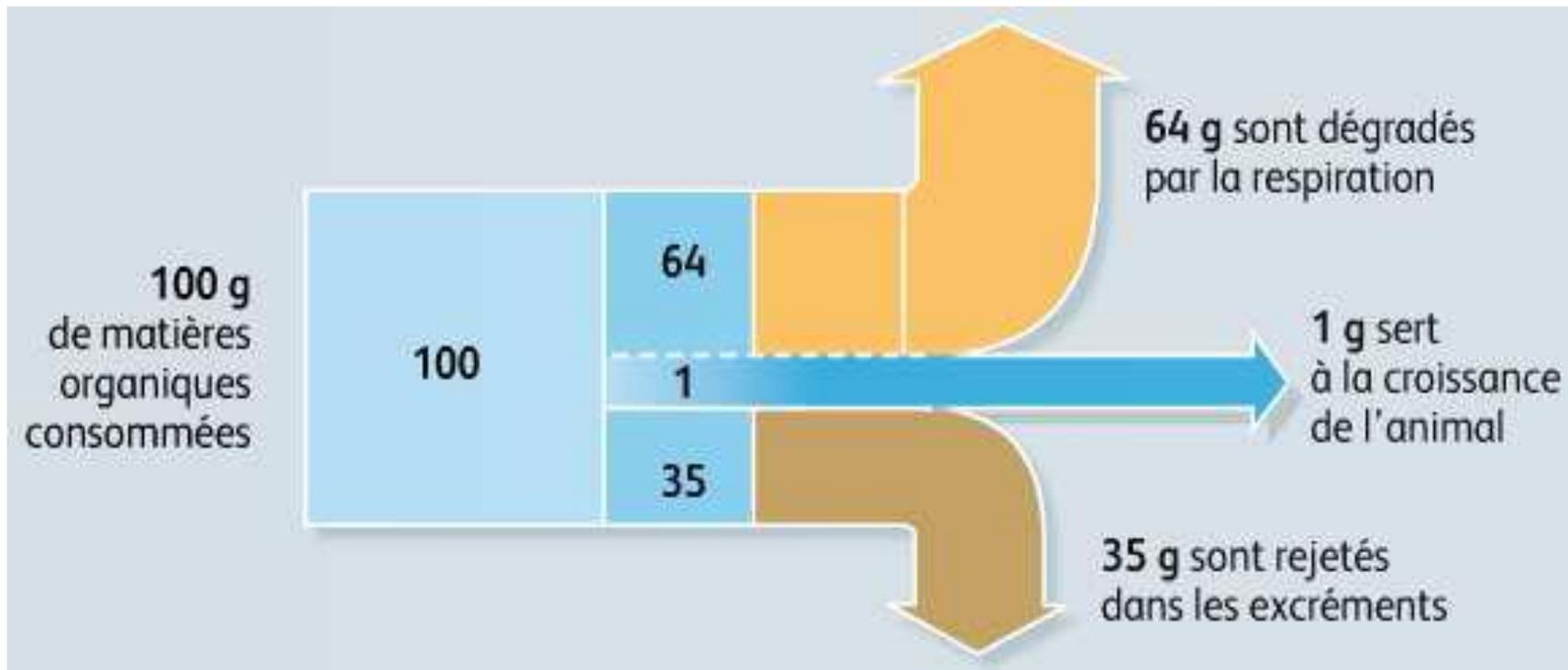
Un écosystème est un système en équilibre



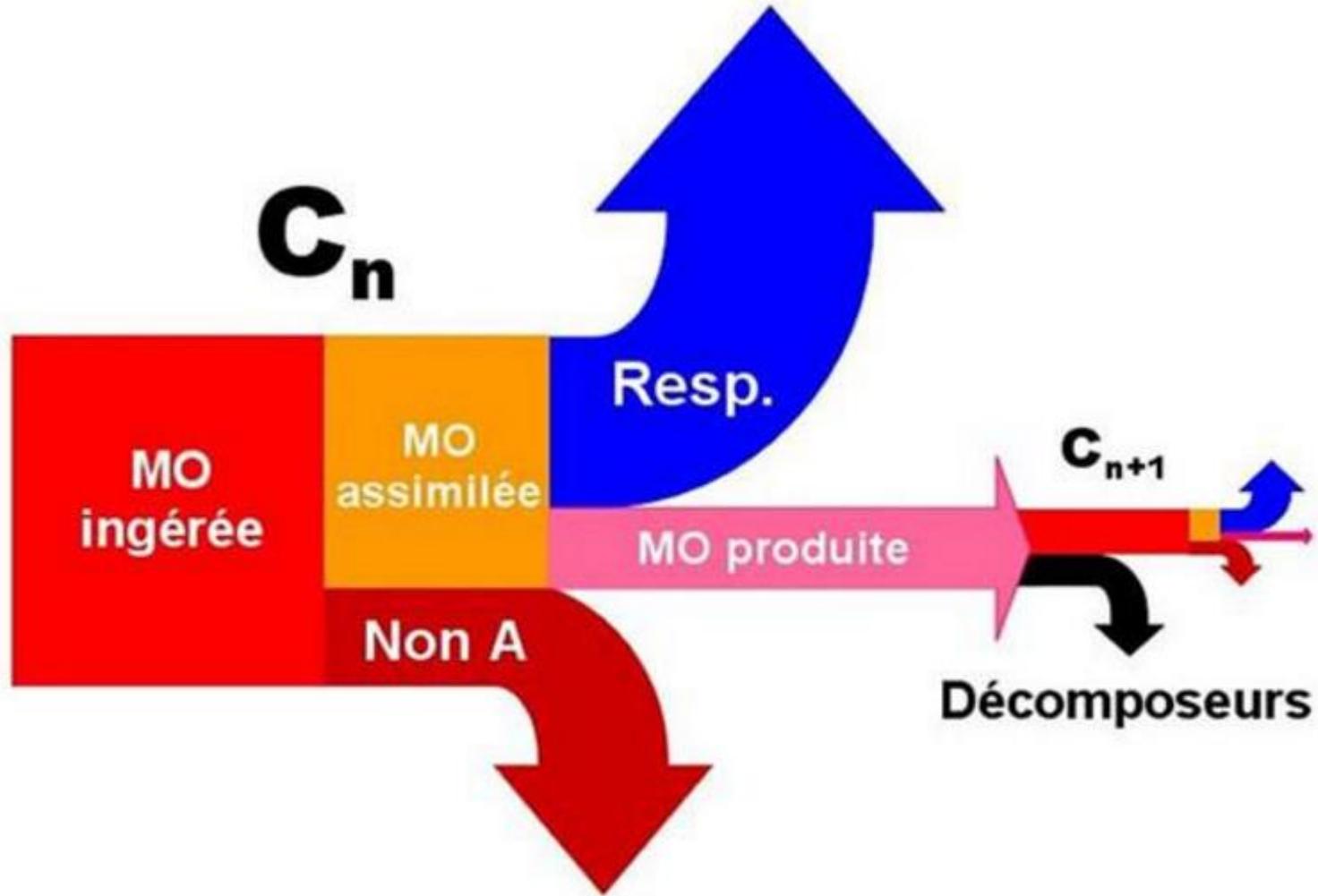
Matière carbonée  
organique

Décomposeurs

Matière minérale



## 2. Transfert de matière et d'énergie au sein d'un écosystème



Transfert de matière et d'énergie entre deux niveaux trophiques

Productivité = biomasse produite par unité de temps et par unité de surface.

Rendement énergétique =  
productivité  
nette/matière ingérée  
X 100

**Carnivores de 2<sup>e</sup> ordre**

0,1

**Carnivores de 1<sup>er</sup> ordre**

1

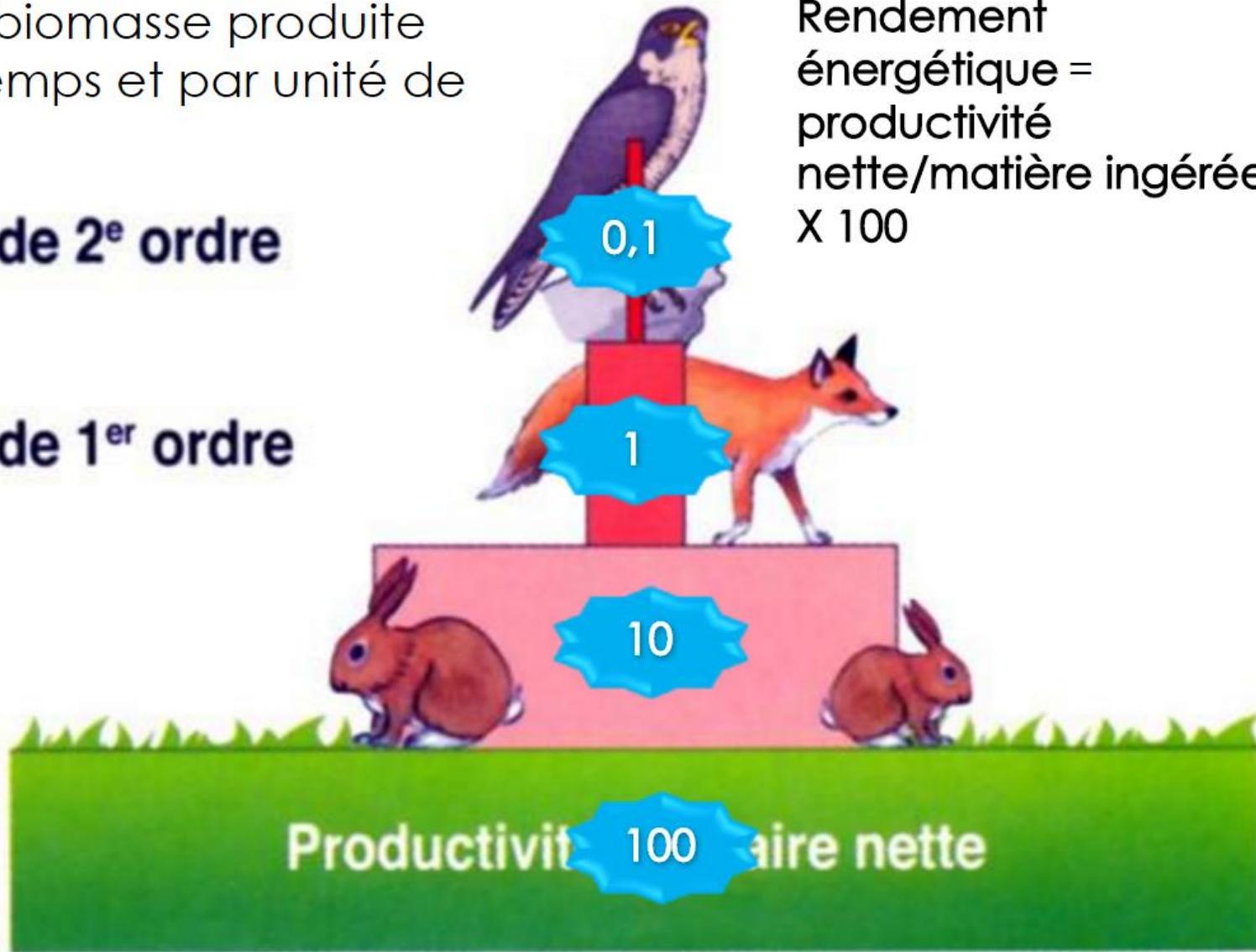
**Herbivores**

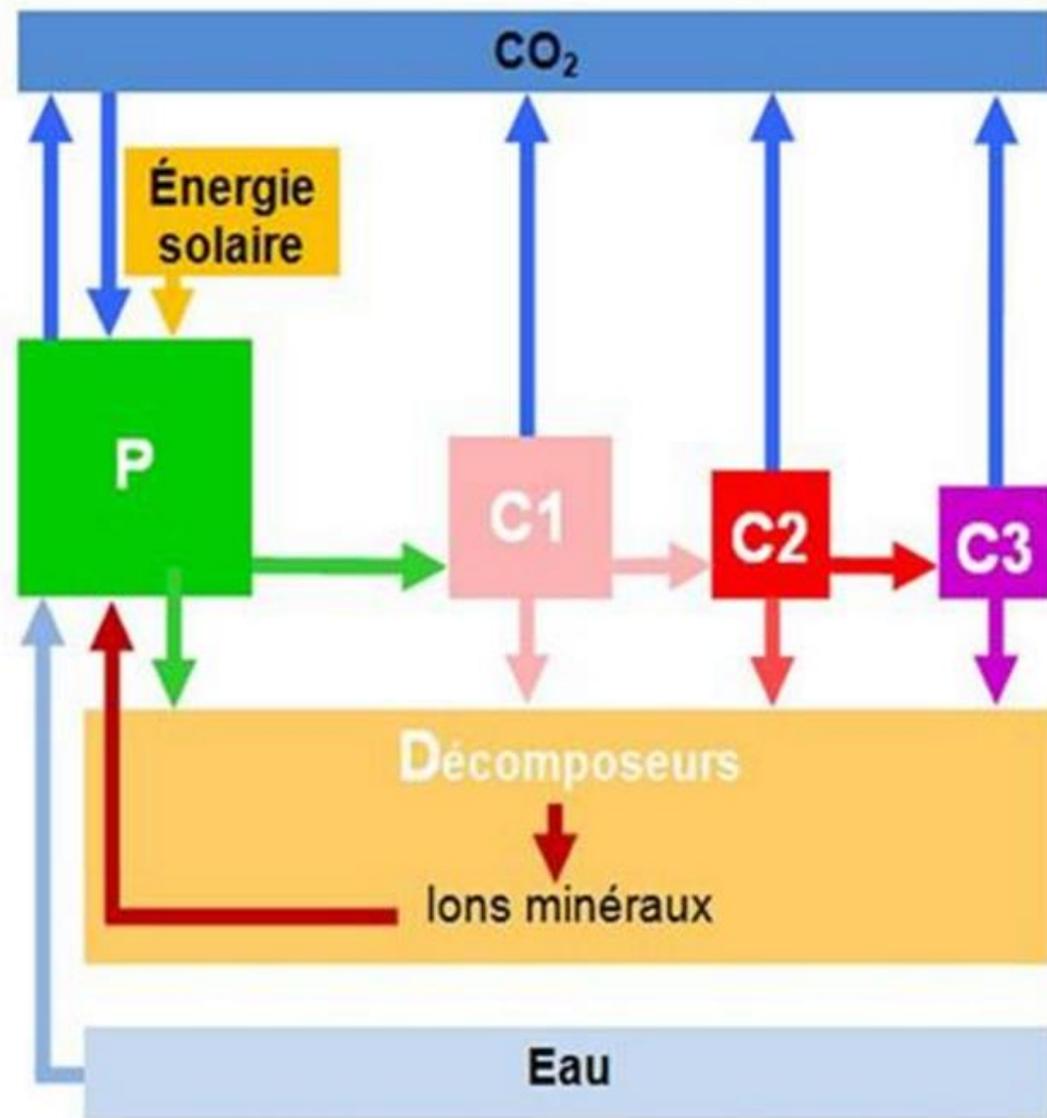
10

**Végétaux**

Productivité 100 aire nette

Pyramide des productivités





Cycle de matière et flux d'énergie dans un écosystème naturel

## II. L'agriculture repose sur la création et la gestion d'agrosystèmes



Les écosystèmes englobent les cultures et les élevages effectués par l'homme : ils ont la particularité d'être monospécifiques

# Agrosystème

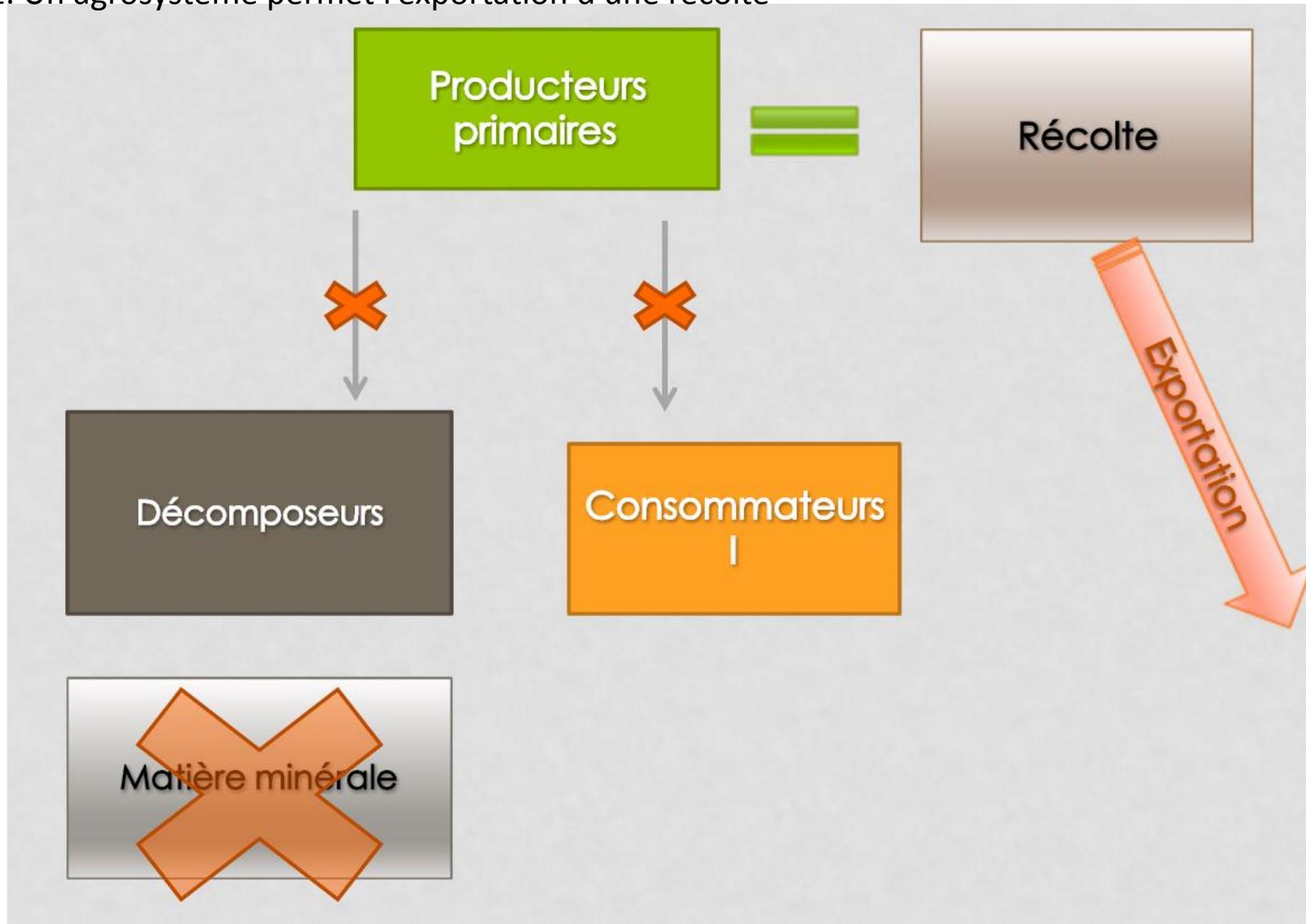
```
graph LR; A[Agrosystème] --- B[alimentation]; A --- C[Matières premières]; A --- D[Ressources énergétiques];
```

alimentation

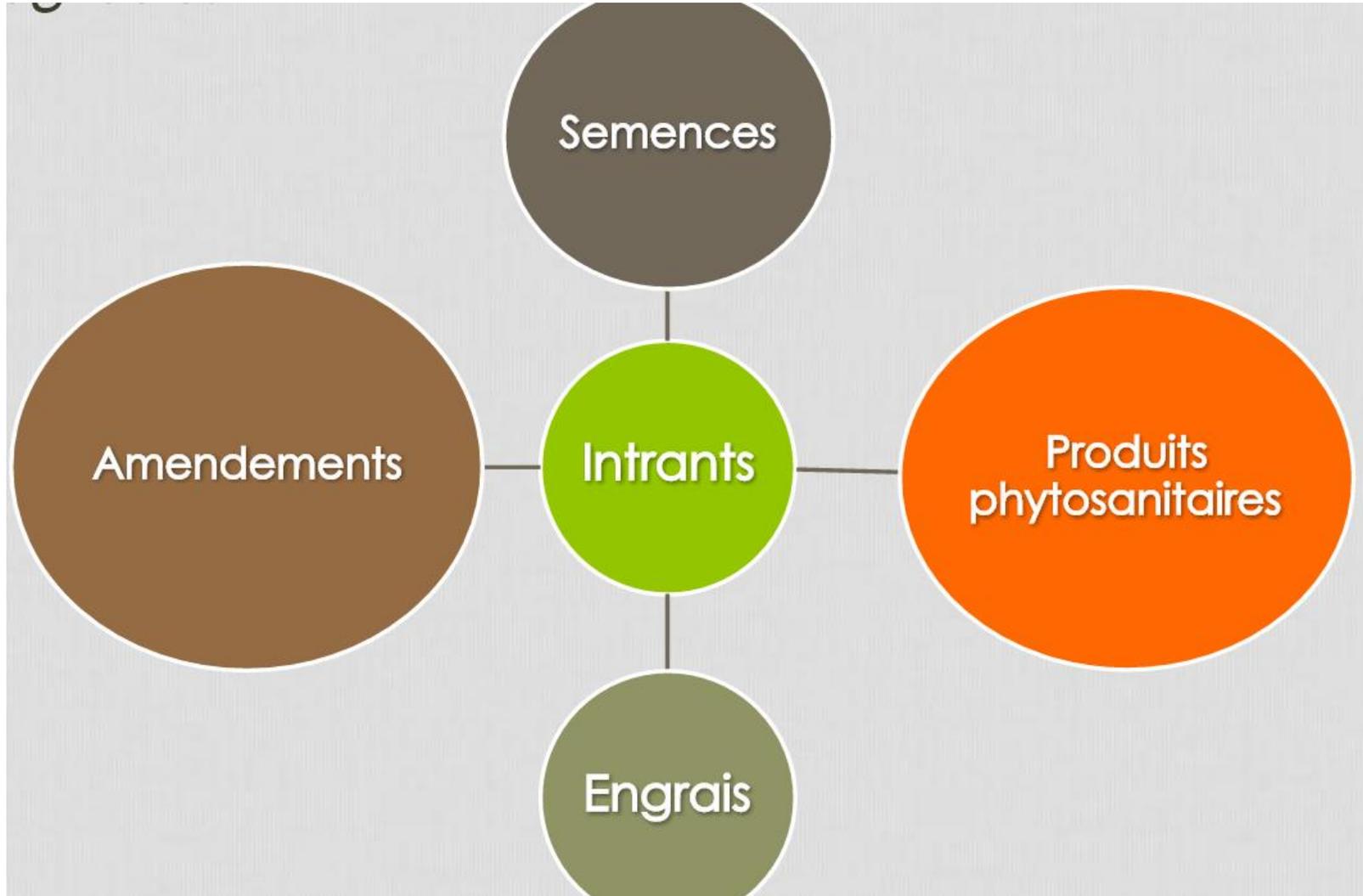
Matières  
premières

Ressources  
énergétiques

1. Un agrosystème permet l'exportation d'une récolte



## 2. Les intrants permettent d'améliorer les rendements agricoles



## Engrais

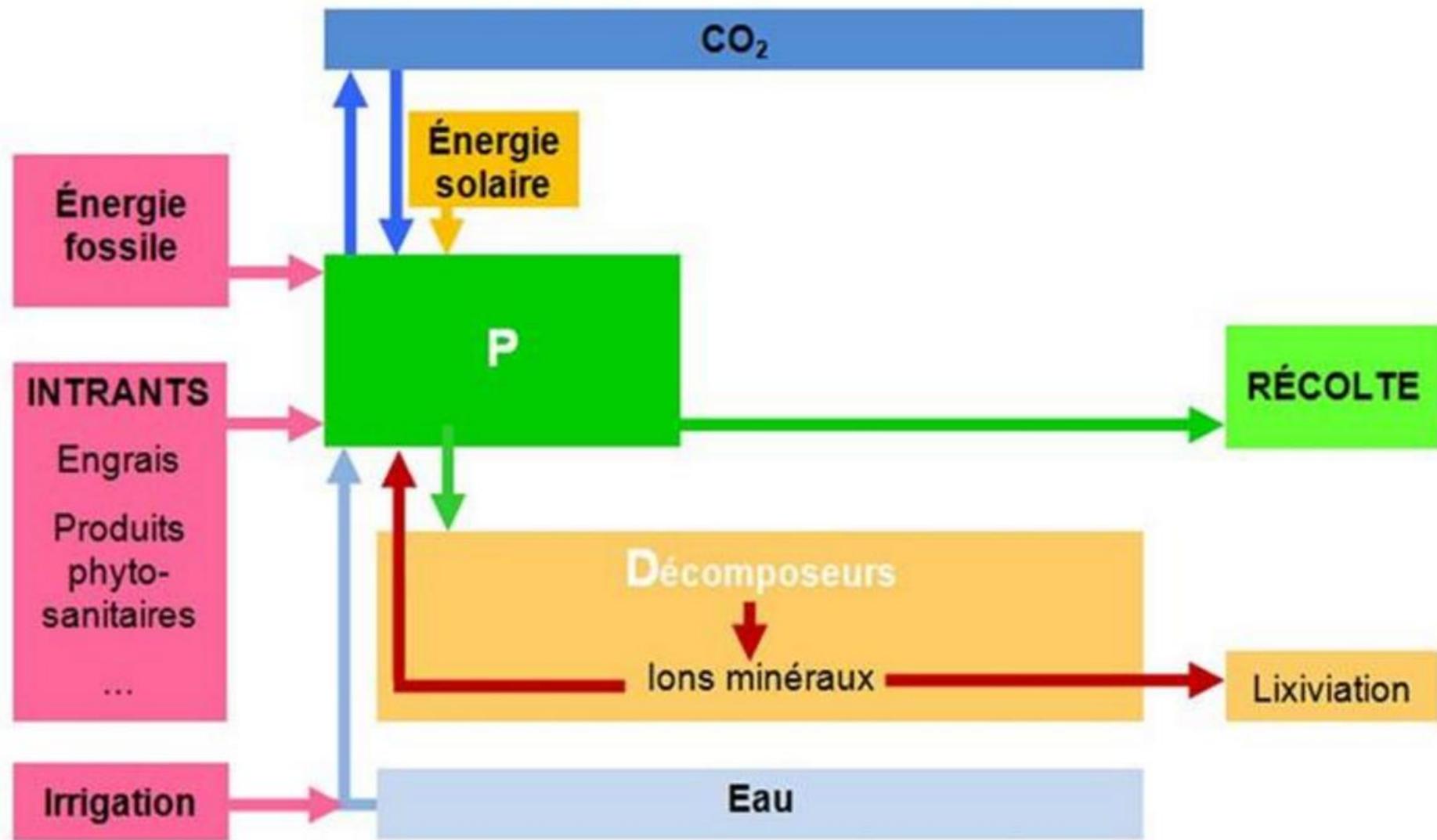
- Éviter l'épuisement des sols

## Irrigation

- Produit entrant dans la photosynthèse
- constituant des cellules
- Permet de puiser les sels minéraux

## Produits phytosanitaires

- = pesticides (herbicides, insecticides, fongicides, ...)
- Permet de protéger les cultures.



Flux de matière et d'énergie dans un agrosystème de production végétale

### 3. La production animale : une rentabilité énergétique réduite

Bœuf  
1kg - 1 500 kcal

Céréales 3 kg - 9 000 kcal

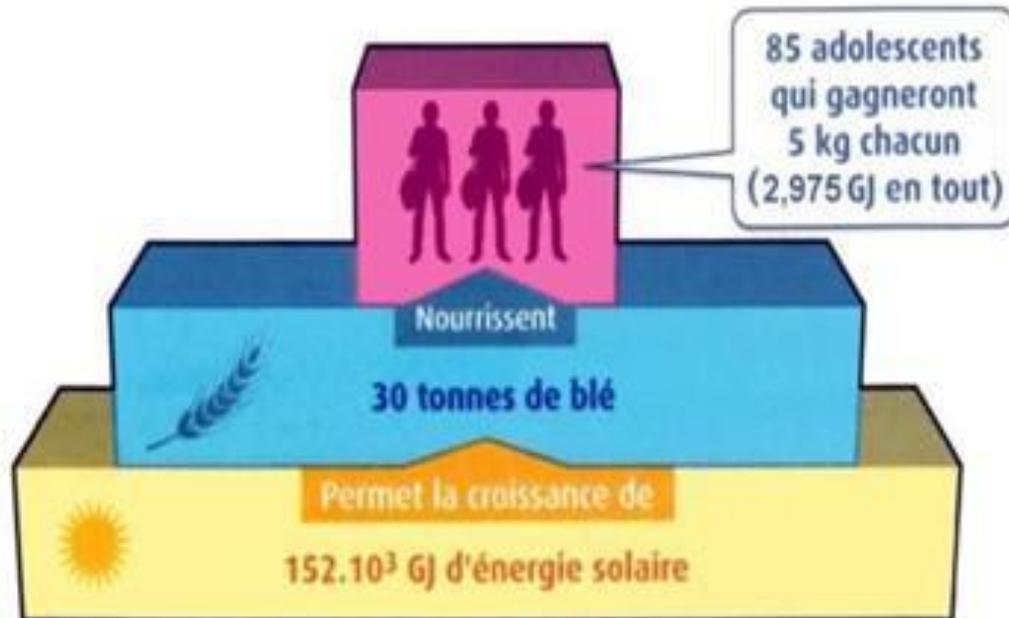
40 000 L d'eau

Sous forme de  
viande : 3 kg de  
céréales +  
40 000 L d'eau

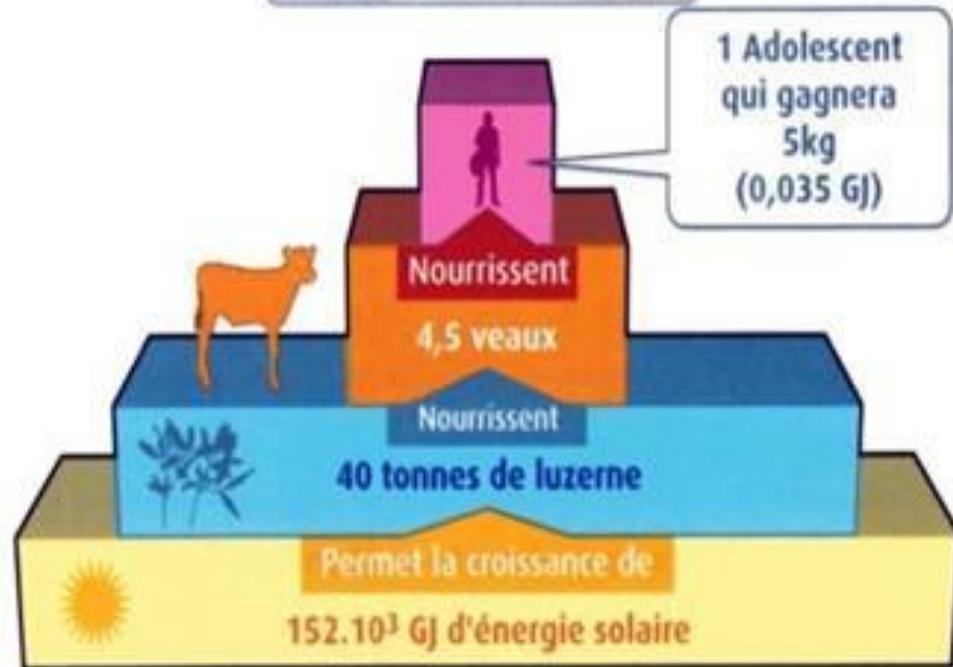
Sous forme de  
céréales :  
500 g de céréales  
+ 6 500 L d'eau

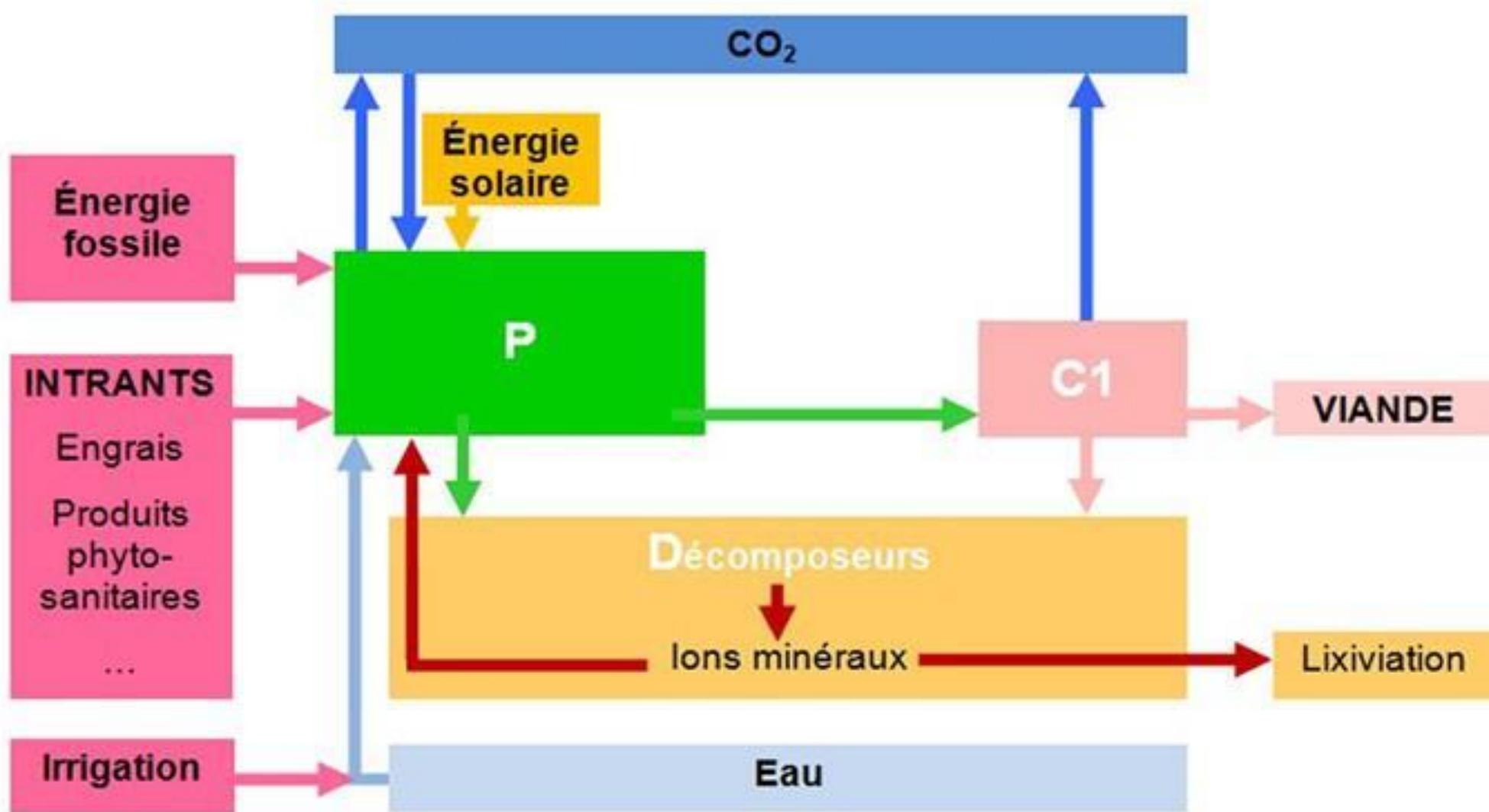
Ration  
énergétique  
= 1500 kcal  
/ jour

Alimentation «100% blé»



Alimentation «100% veau»





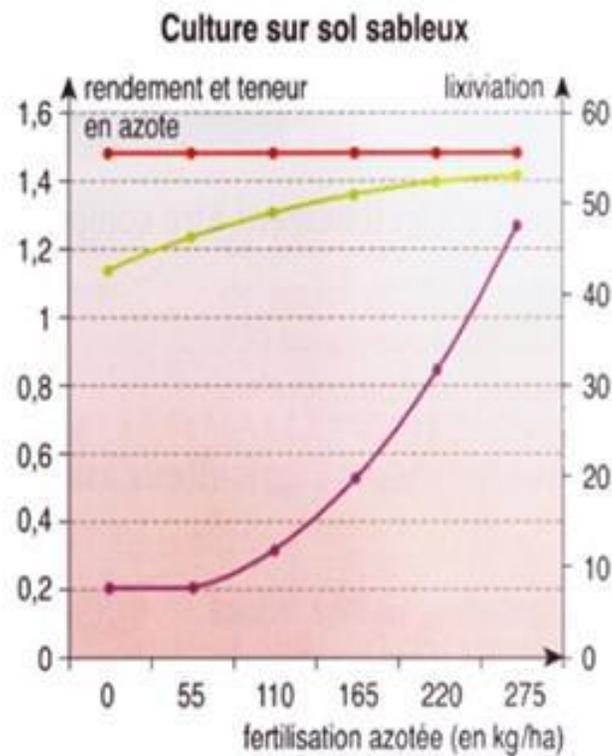
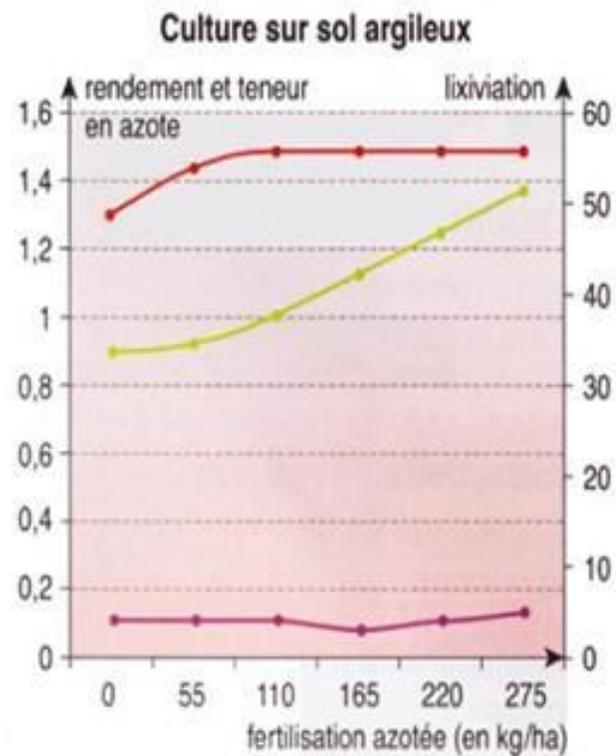
Flux de matière et d'énergie dans un agrosystème de production animale

### III. Pratiques alimentaires collective et perspectives globales

1. Les pratiques alimentaires et agricoles ont un impact sur l'environnement et la santé

a) Un exemple de pollution liée au nitrate

Les **nitrate**s ont pour origine d'une par **les engrais** d'autre part **les déjections animales**



- rendement grains (x 10 t MS/ha)
  - teneur en azote dans les grains (en % MS)
  - lixiviation (en kg/ha)
- MS = matière sèche



Rétention des nitrates dans le sol

DOC.

1

## Marées vertes et nitrates

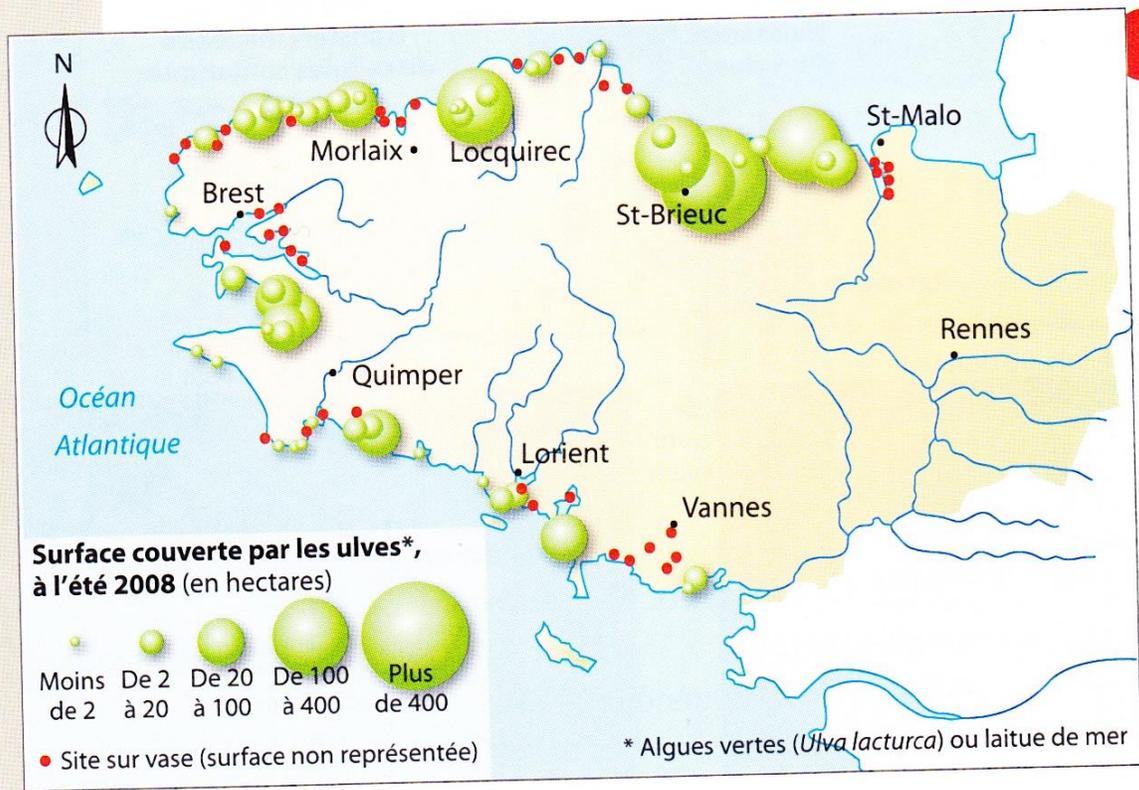


*Ulva armoricana*

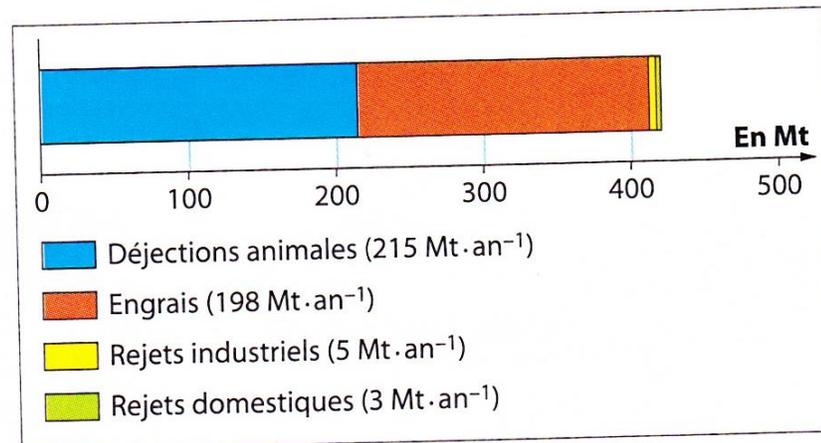
A

### Le phénomène de « marée verte ».

La marée verte correspond à une prolifération brutale et massive d'algues vertes telles que *Ulva armoricana* qui survient généralement au printemps et en été. Ces algues vont s'échouer massivement sur les plages et se décomposer. Leur décomposition s'accompagne de la production d'hydrogène sulfuré, un gaz qui peut être dangereux, voire mortel, car il bloque la respiration cellulaire.



## B Répartition des marées vertes en Bretagne.



## C Origine des nitrates dans les eaux des rivières en Bretagne (en millions de tonnes par an).

## D Une situation qui évolue.

« Pour réduire les marées vertes sur le littoral breton, il faudrait que, dans les cours d'eau touchés par la pollution agricole, la teneur en nitrate descende à moins de 10 milligrammes par litre. Aujourd'hui, la concentration en nitrate est de 32 mg·L<sup>-1</sup> contre 37 en 2003. Donc la situation s'améliore. Mais il faut savoir que ces progrès ne résoudront rien. Les simulations que nous avons effectuées montrent qu'à 20 mg·L<sup>-1</sup> les algues vertes continuent de

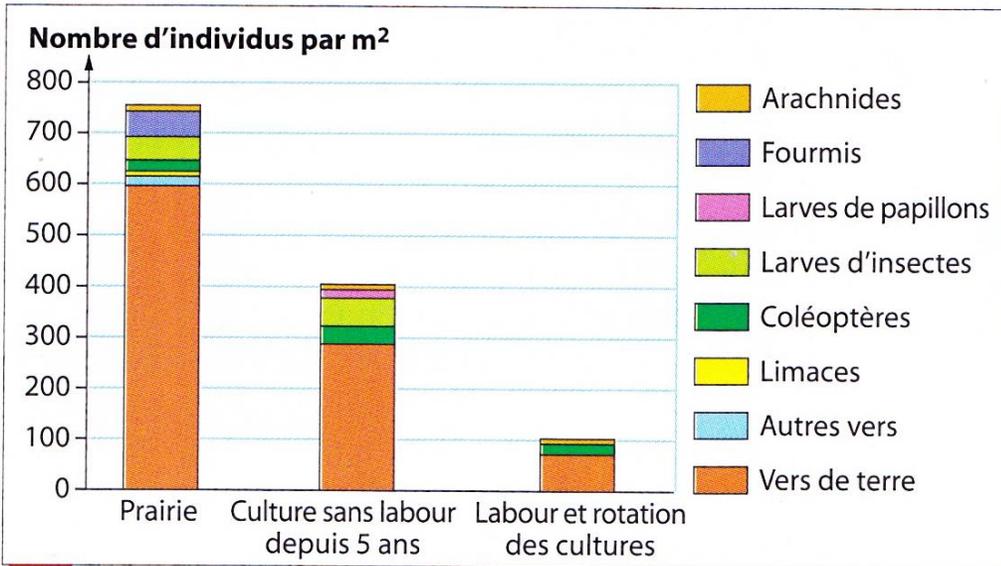
se développer. À 10 mg·L<sup>-1</sup>, on commence à obtenir des résultats et à 5 mg·L<sup>-1</sup>, c'est encore mieux. Nous avons en Bretagne des cours d'eau qui rejettent 95 kg d'azote par hectare. À titre de comparaison, la Seine en rejette 11, la Loire 8 et le Mississippi 6...», affirme Alain Menesguen, directeur de recherches à l'Ifremer.

© Delphine Chayet, *Le Figaro*, 2010.

## A Les effets de l'agriculture conventionnelle sur le sol.

Avec les pratiques conventionnelles de l'agriculture, les sols s'érodent d'un millimètre par an. Or, pour reconstituer cette minuscule épaisseur, il faut dix années. Des labours fréquents et profonds, l'usage intensif d'engrais et de pesticides perturbent les organismes du sol, réduisent le stock de matière

organique et bouleversent sa structure. Les pratiques agricoles sans labour, ou avec labour léger, alliées à une rotation des cultures et une mise au repos des sols (jachère) permettent une exploitation « éternelle » d'un sol.



## B Biodiversité du sol et pratiques agricoles.

La faune du sol joue un rôle mécanique (fragmentation de la matière organique et aération du sol) et un rôle chimique (dégradation de la matière organique en matière minérale) fournissant ainsi des éléments minéraux pour les végétaux.



## C Lombrics.

Véritables « ingénieurs » du sol, ils contribuent au mélange permanent des couches du sol. On estime que les vers de terre assurent à eux seuls plus de 50 % de la macroporosité dans le sol.

## Vers une agriculture raisonnée



**A** *Trichogramma brassicae* parasitant une plaque d'*Ostrinia nubilalis* (pyrale du maïs).

Des prédateurs naturels remplacent parfois les insecticides. Ainsi, les trichogrammes parasitoïdes qui pondent dans les œufs de lépidoptères empêchent la naissance des chenilles ravageuses. Cette méthode est appelée la lutte biologique.

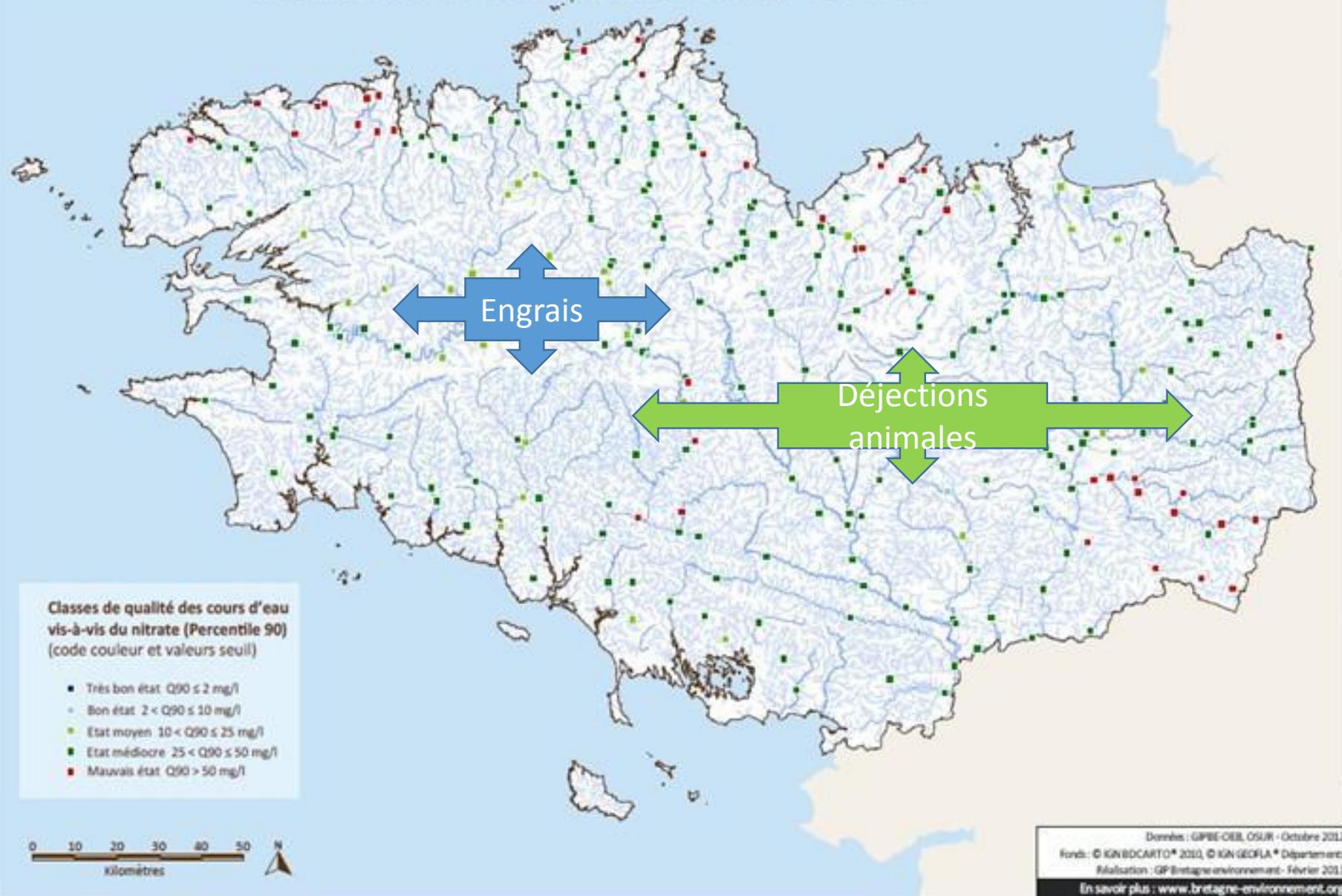


**B** La luzerne, une légumineuse.

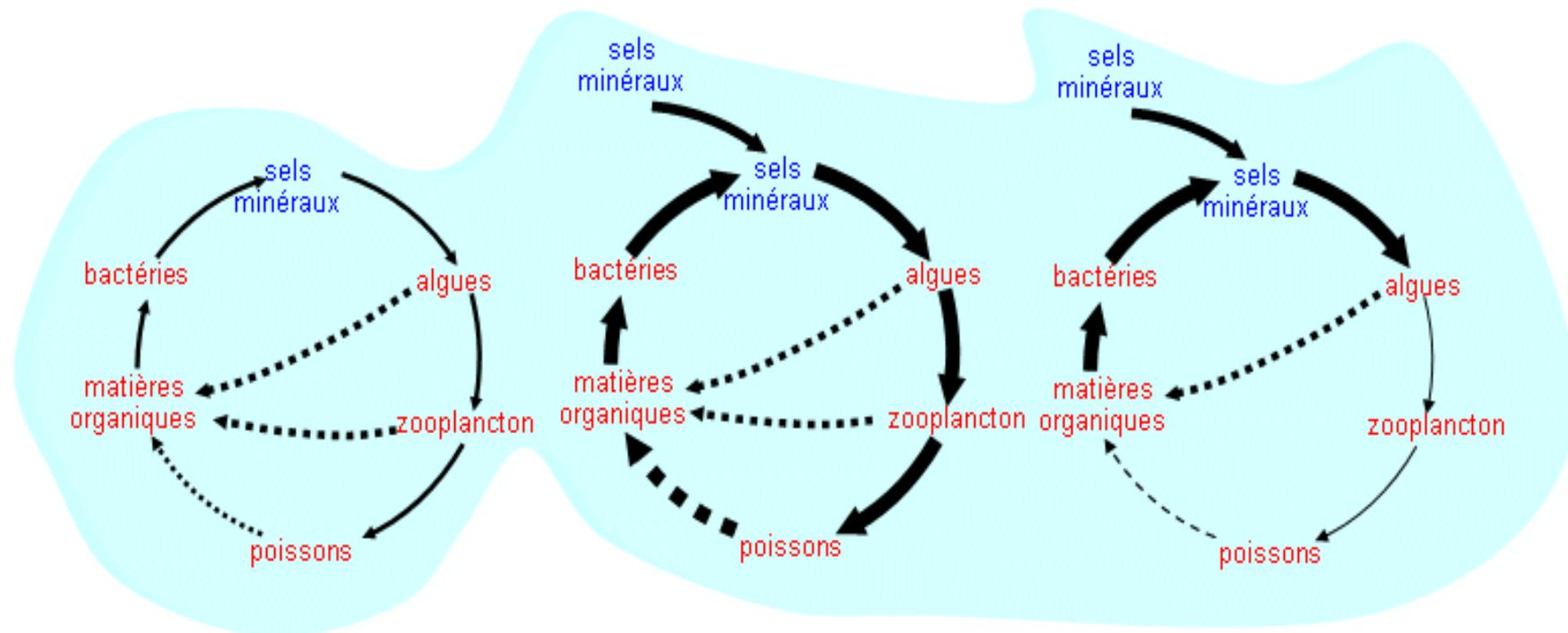
Une rotation des cultures permet de varier la demande en eau et en nutriments, évitant ainsi certaines carences en minéraux dans le sol. La culture de légumineuses, plantes capables de fixer et transformer l'azote de l'air grâce à des bactéries qu'elles abritent, permet d'augmenter le taux d'azote dans le sol.

# QUALITÉ DES COURS D'EAU VIS-À-VIS DU NITRATE (PERCENTILE 90) POUR L'ANNÉE HYDROLOGIQUE 2010-2011

Stations suivies par les réseaux départementaux / RCS / RCO / RCALB



## apports excessifs de matières minérales et eutrophisation



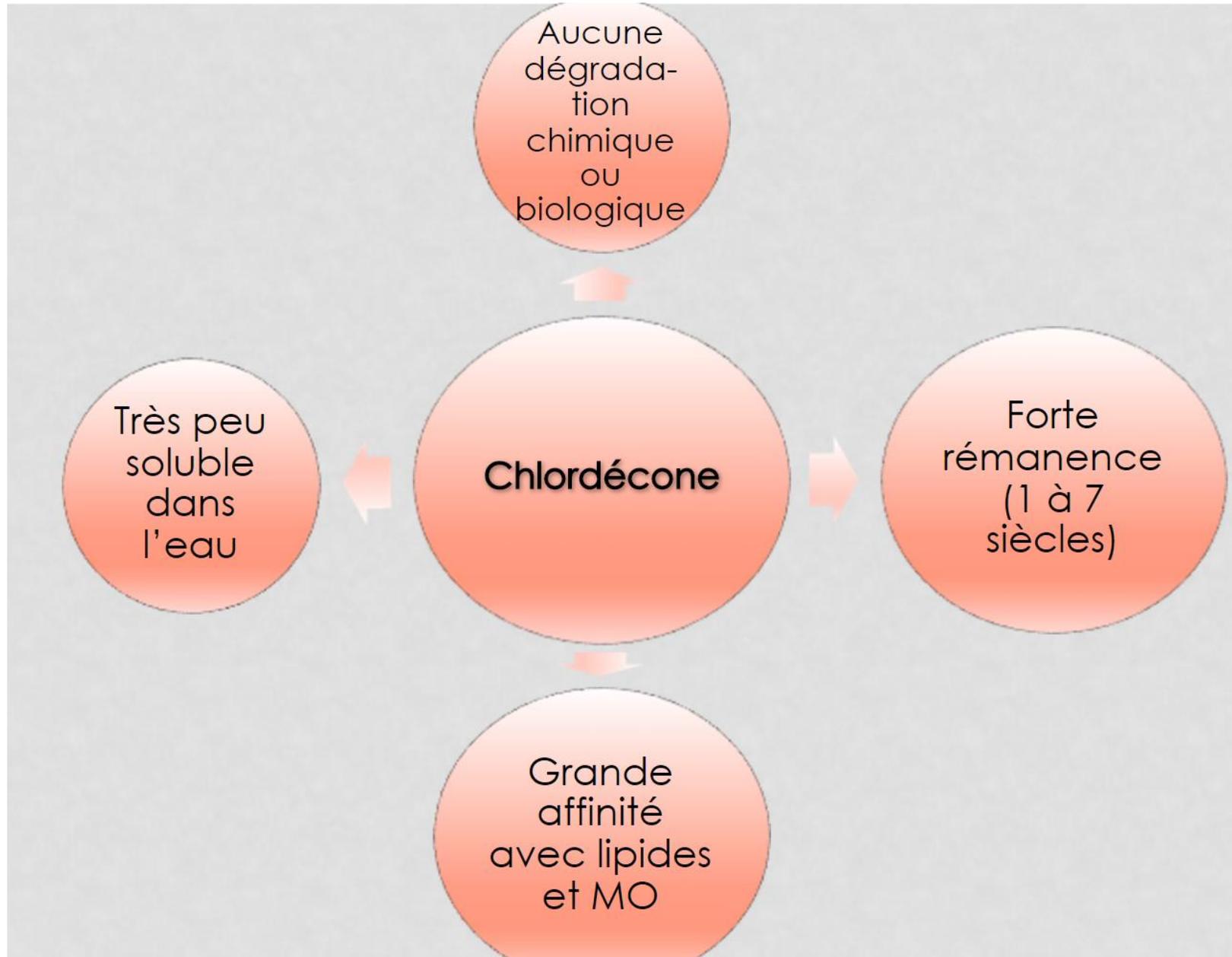
des apports excessifs de matières minérales (phosphate, ammoniacale et nitrate) → enrichissement du cycle biologique et donc eutrophication : → déséquilibre → disparition de certaines étapes du cycle

b) Un exemple de pollution liée à un insecticide



Le charançon du bananier est un insecte occasionne des dégâts considérables au bananier qu'ils infestent

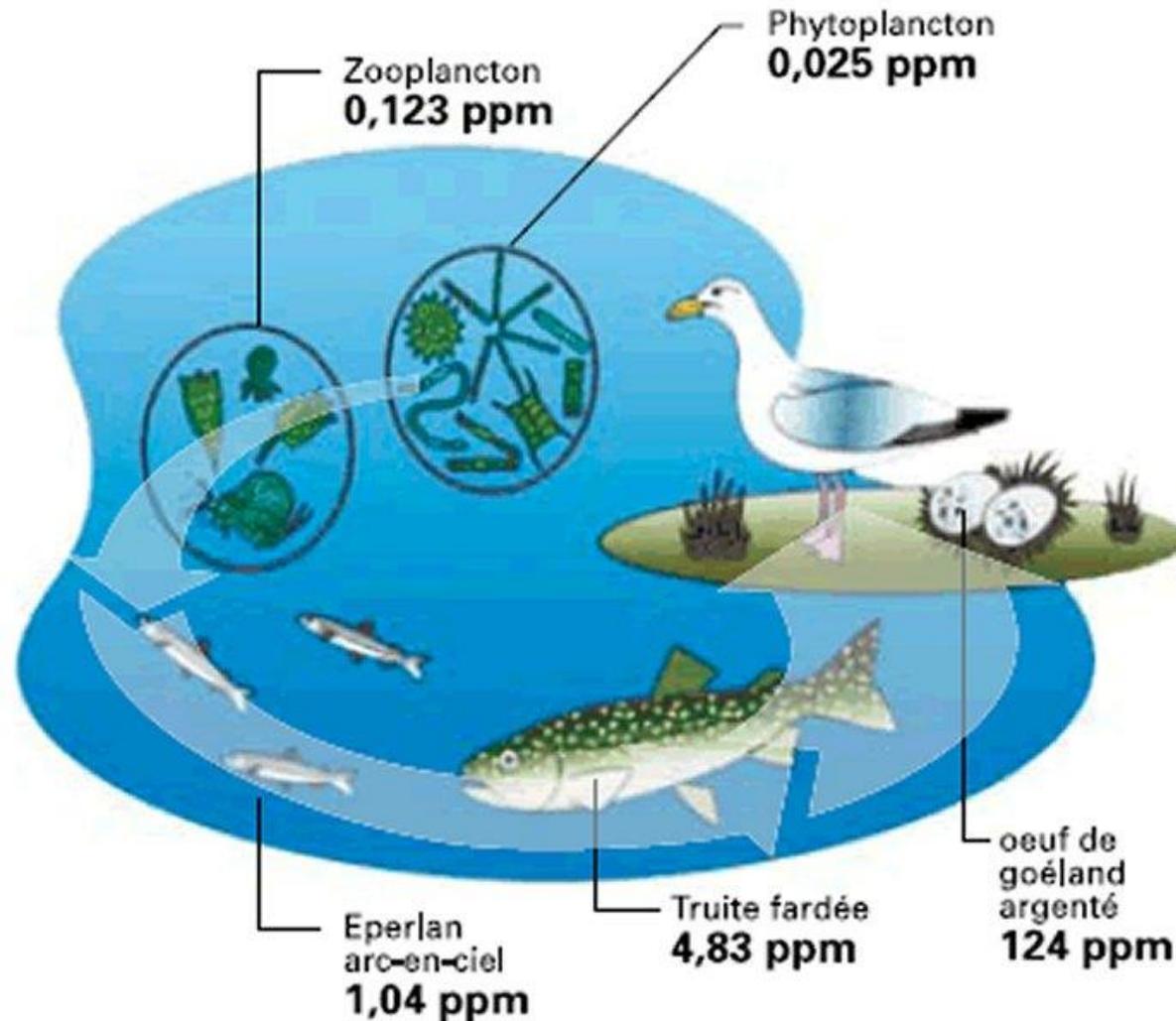
Le **chlordécone** est un insecticide organochloré utilisé en Martinique et en Guadeloupe, entre 1972 et 1993, pour lutter contre les attaques de charançon du bananier.





Crue dans un cours d'eau en Guadeloupe

Lors des crues le **chlordécone** est entraîné dans les milieux aquatiques par le transport de particules en suspension (lessivage). Toutes les espèces terrestres et aquatiques sont ainsi exposées et peuvent être contaminées par ingestion.



**La bioaccumulation** (1 ppm = 1mg/kg ou 1mg/L).

**Lipophile et non biodégradable, le chlordécone** se concentre dans les tissus adipeux (graisses) des animaux qui le consomment accidentellement et s'accumule à chaque maillon de la chaîne alimentaire. Il se concentre d'autant plus que les chaînes alimentaires sont longues, comme c'est le cas en milieu marin. On parle de **bioaccumulation**.



Le chlordécone a une faible spécificité. Il est non seulement toxique pour les insectes mais aussi pour les végétaux et pour les animaux dont l'Homme qui peut être contaminé par ses aliments. Le chlordécone perturbe le système nerveux, le foie, les régulations hormonales, la reproduction et augmente le risque d'apparition de cancer de la prostate.



L'emploi des pesticides a des répercussions sur la santé : intoxications aiguës ou effets chroniques, cancers ou maladies causées par les agents pathogènes du fumier transmis par l'eau... Les agriculteurs sont ainsi les premiers exposés à ces produits. Les aliments ingérés peuvent également représenter un danger pour l'homme, notamment s'ils contiennent des métaux lourds ou nocifs pour l'organisme, à l'instar du plomb.



Les élevages où les animaux vivent enfermés en promiscuité nécessitent l'utilisation d'antibiotiques et de médicaments en prévention, pour soigner ou favoriser leur croissance et accroître le rendement de viande.

D'après l'OMS 50 % des antibiotiques produits dans le monde sont destinés aux animaux.

Cette utilisation massive d'antibiotiques favorise l'apparition de bactéries résistantes de plus en plus difficiles à éliminer.

## 2. L'amélioration des espèces domestiques permet aussi d'augmenter la productivité

### a) la sélection génétique

Cette technique est apparue de manière empirique dès le début du néolithique, il y a environ 10 000 ans. Elle consiste à croiser entre eux les individus les plus performants pour les caractères recherchés.



© University of Wisconsin-Madison, Hugh Iltis

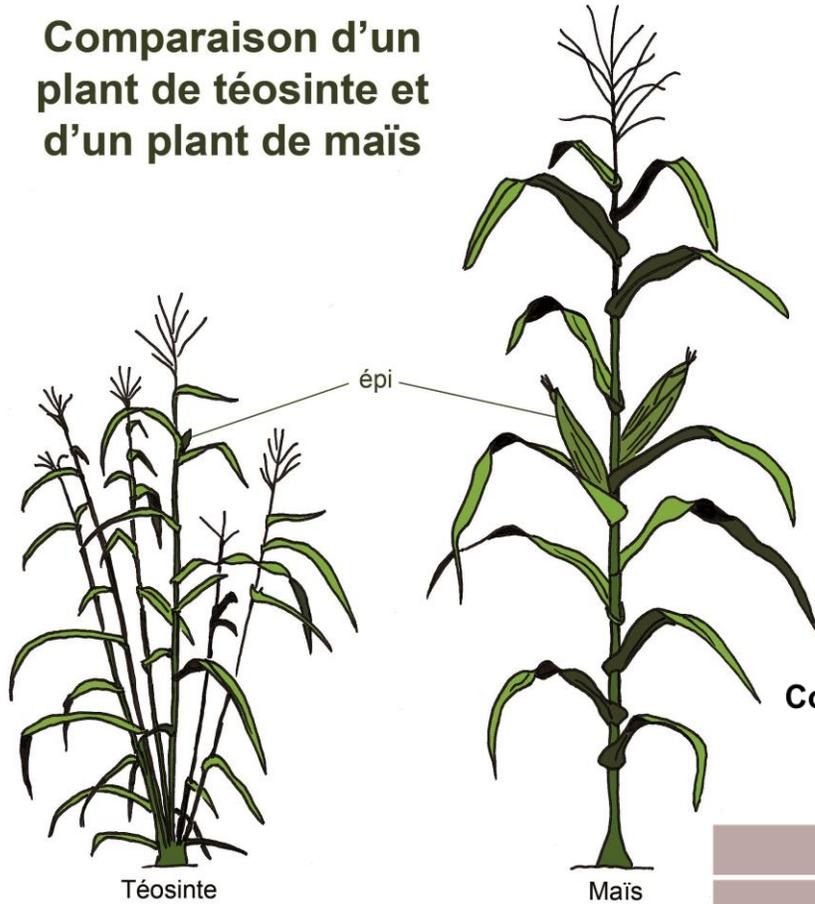
Epis de téosinte (genre *Zea*)



© INRA, Corine Ennad

Epis de maïs (*Zea mays*)

## Comparaison d'un plant de téosinte et d'un plant de maïs



## Amélioration de l'utilisation alimentaire humaine et animale:

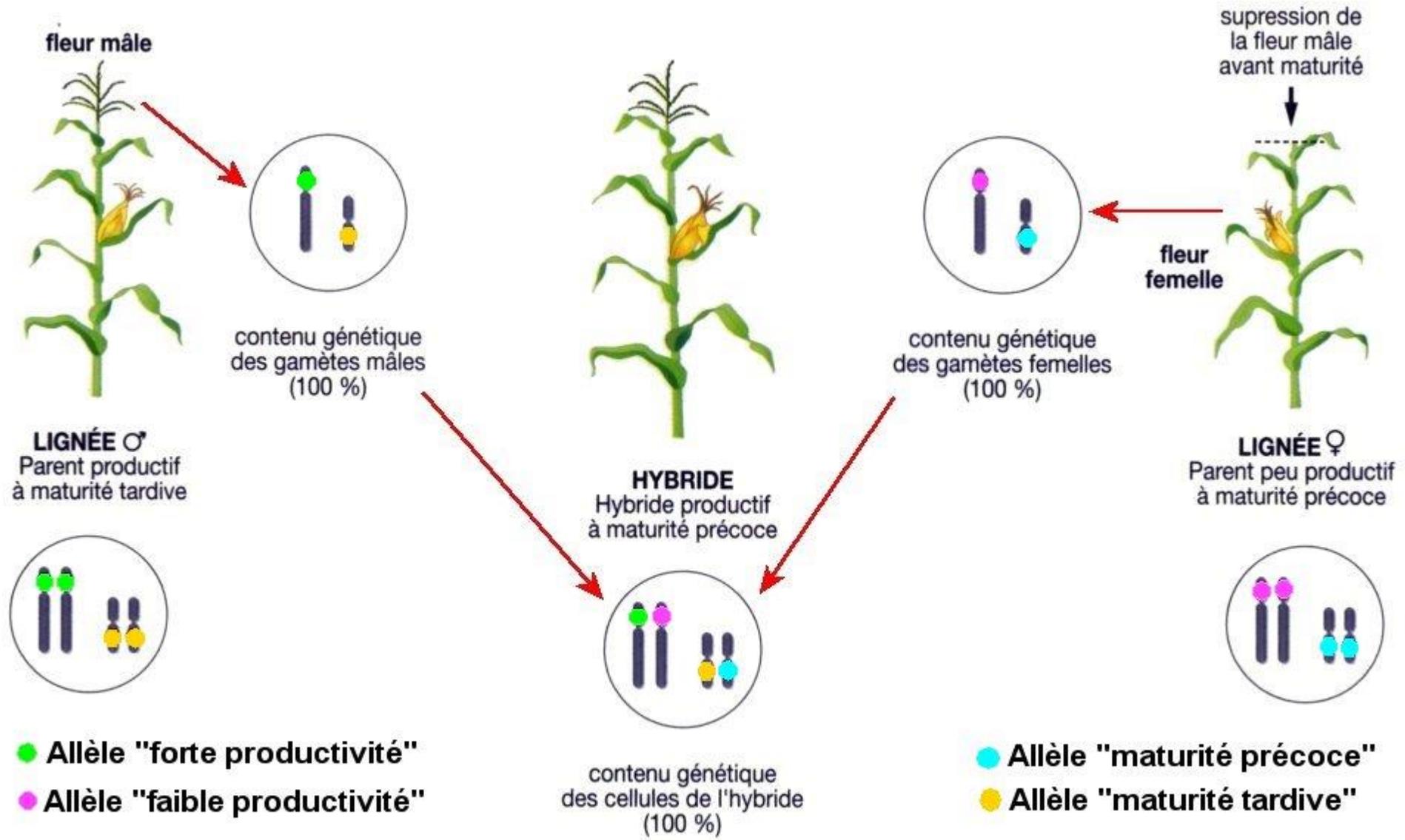
- graines nues
- graines plus grosses
- graines plus riches en glucides

Comparaison des caractéristiques de la téosinte et du maïs

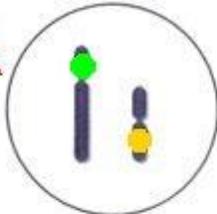
	Téosinte	Maïs
Longueur de l'épi (en cm)	5	30
Masse moyenne d'un grain (en g)	2.5	0.3
Nombre moyen de grains par épi	40	500

## b) l'hybridation

- Sur le plan génétique, une **espèce** se définit par un ensemble de gènes qui codent chacun des **caractères héréditaires** de l'espèce.
- Chaque caractère est codé par un ou plusieurs **gènes** et chaque gène possède une ou plusieurs versions : les **allèles**.
- Chaque individu possède deux copies d'un même gène : soit deux fois le même allèle, soit deux allèles différents.
- Une **lignée pure** est un ensemble d'individus de la même espèce qui portent tous le même allèle pour un ou plusieurs gènes donnés. Ils expriment donc tous le(s) même(s) caractère(s) constant(s).
- Un **hybride F1** (*First Filial Generation*) est le produit du croisement de deux lignées pures.

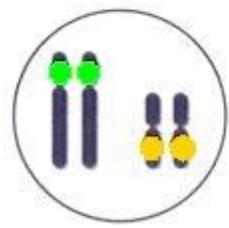


fleur mâle



contenu génétique des gamètes mâles (100 %)

LIGNÉE ♂  
Parent productif à maturité tardive



● Allèle "forte productivité"  
● Allèle "faible productivité"



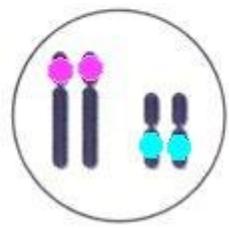
contenu génétique des gamètes femelles (100 %)

supression de la fleur mâle avant maturité



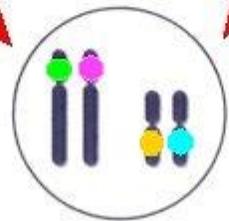
fleur femelle

LIGNÉE ♀  
Parent peu productif à maturité précoce



● Allèle "maturité précoce"  
● Allèle "maturité tardive"

HYBRIDE  
Hybride productif à maturité précoce

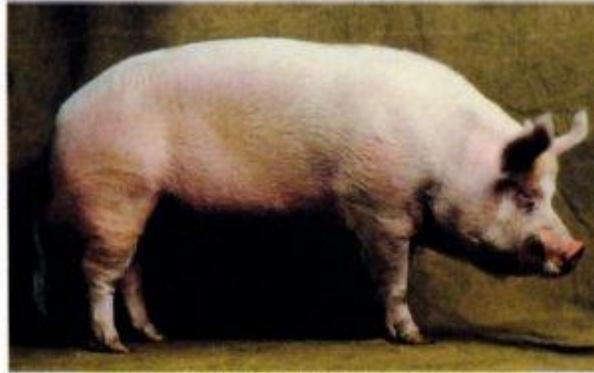


contenu génétique des cellules de l'hybride (100 %)



**Race : LANDRACE  
(femelle de lignée pure)**  
Bonne prolificité.  
Bonne qualité maternelle.  
Bonne performance  
d'engraissement.  
Bonne qualité de la viande.

X



**Race : LARGE WHITE  
(mâle de lignée pure)**  
Croissance exceptionnelle.  
Bon taux de muscle.  
Bonne qualité de viande.



**Hybride F1 : « effet hétérosis ».**  
Qualités des deux parents.  
Qualités nouvelles inattendues  
(exemple : grande prolificité et  
précocité sexuelle des femelles).

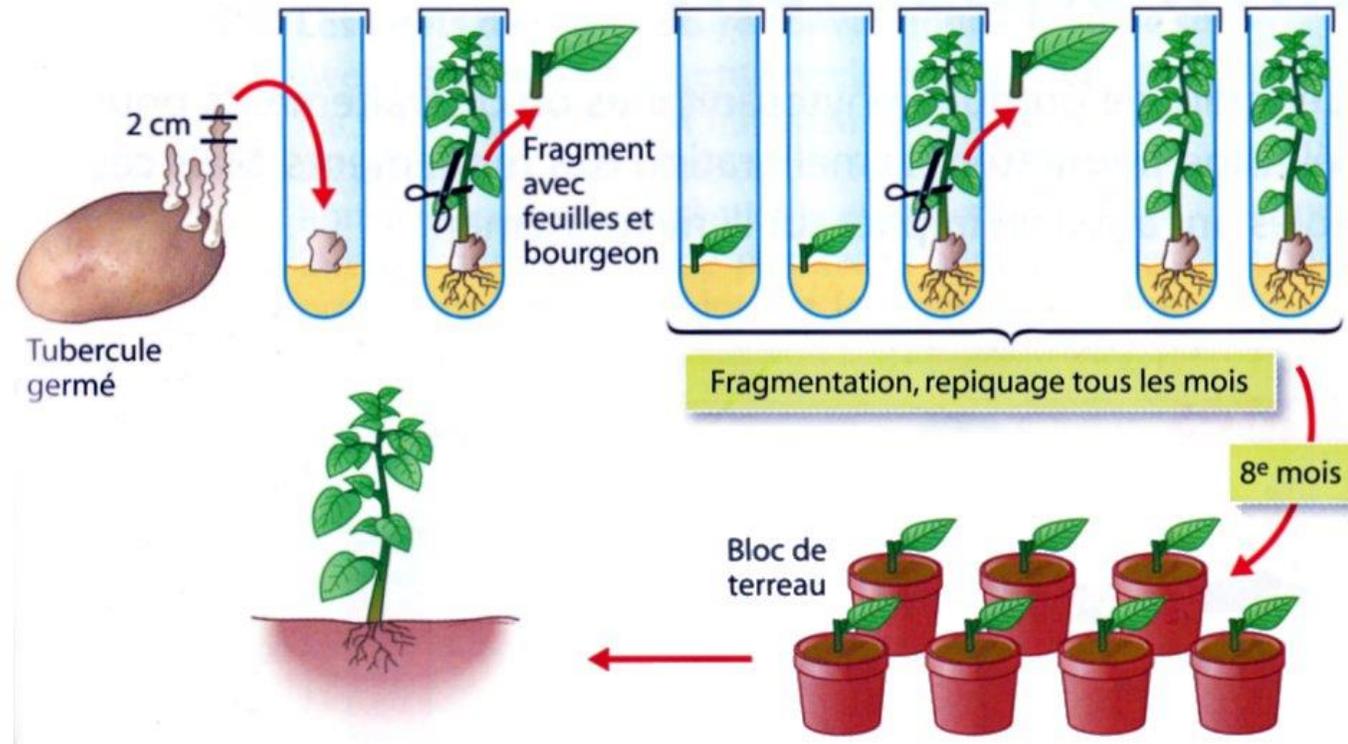
En croisant ces deux lignées on obtient des **hybrides de première génération** (dits F1) présentant des caractéristiques homogènes. Dans certains cas, selon la manière dont s'expriment les allèles, l'hybride cumule les avantages de chacun des deux parents. Plus rarement, l'hybride présente de nouvelles qualités, on parle alors de **vigueur hybride** (ou **hétérosis**). Celle-ci est d'autant plus fréquente que les parents sont éloignés génétiquement.

### c) La transgénèse



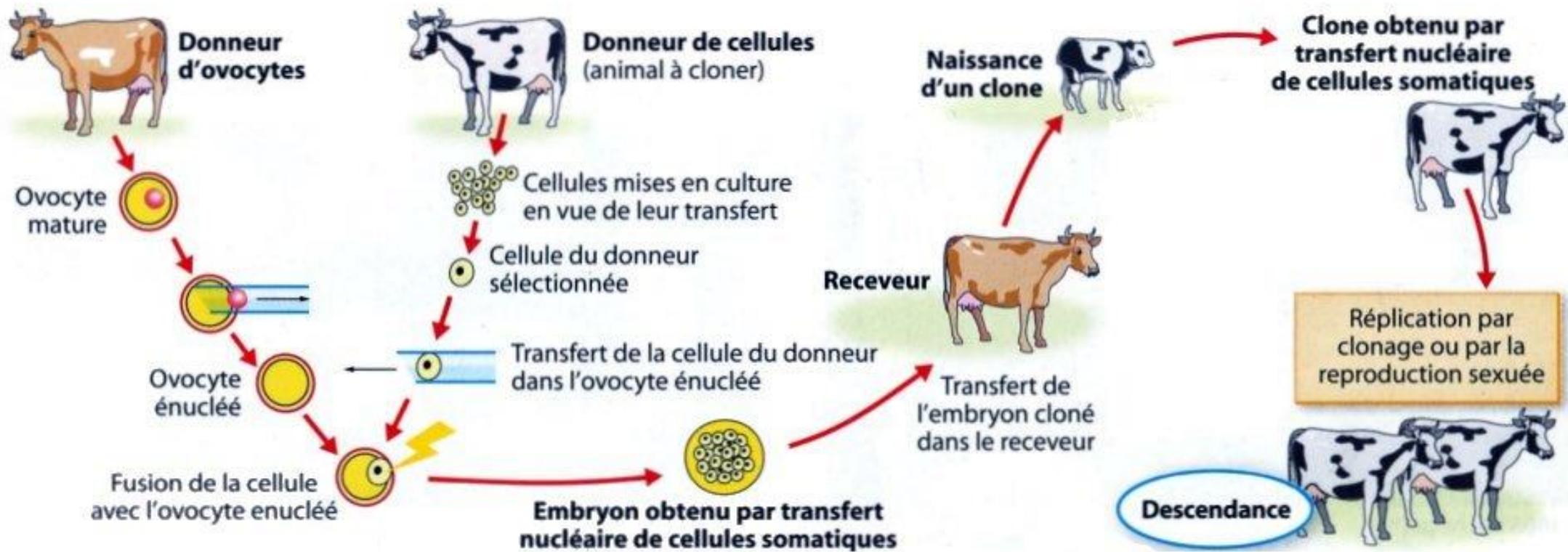
Le saumon d'AquaBounty (1) est un saumon de l'Atlantique auquel on a ajouté deux gènes (**organisme génétiquement modifié** ou **OGM**). L'un, issu du saumon Chinook, favorise la production de l'hormone de croissance. L'autre, issu d'une autre espèce de poisson, code une protéine jouant le rôle "d'antigel" qui permet à l'animal de se développer dans une eau très froide. Ce *frankenfish* atteint une taille optimale en 16-18 mois, contre 30 pour une individu banal (2 est du même âge que 1).

## d) La multiplication par clonage



### Microbouturage de la pomme de terre

Cette technique présente l'avantage d'être rapide, peu encombrante et d'obtenir un grand nombre d'individus à partir d'un seul.



## Clonage chez la vache

Le clonage animal est actuellement encore très coûteux et délicat. Il n'est envisagé que pour des animaux reproducteurs.