



**ASSOCIATION PROVENÇALE DE RECHERCHE  
ET D'EXPÉRIMENTATION LÉGUMIÈRE**

*Au cœur de notre terroir,  
un réseau actif...*

## **Fertilité des sols et fertilisation en cultures maraîchères : enjeux agroécologiques, pratiques et outils**

François LECOMPTE, INRA-PACA, Unité Plantes et Systèmes de Culture Horticoles  
Claire GOILLON, APREL

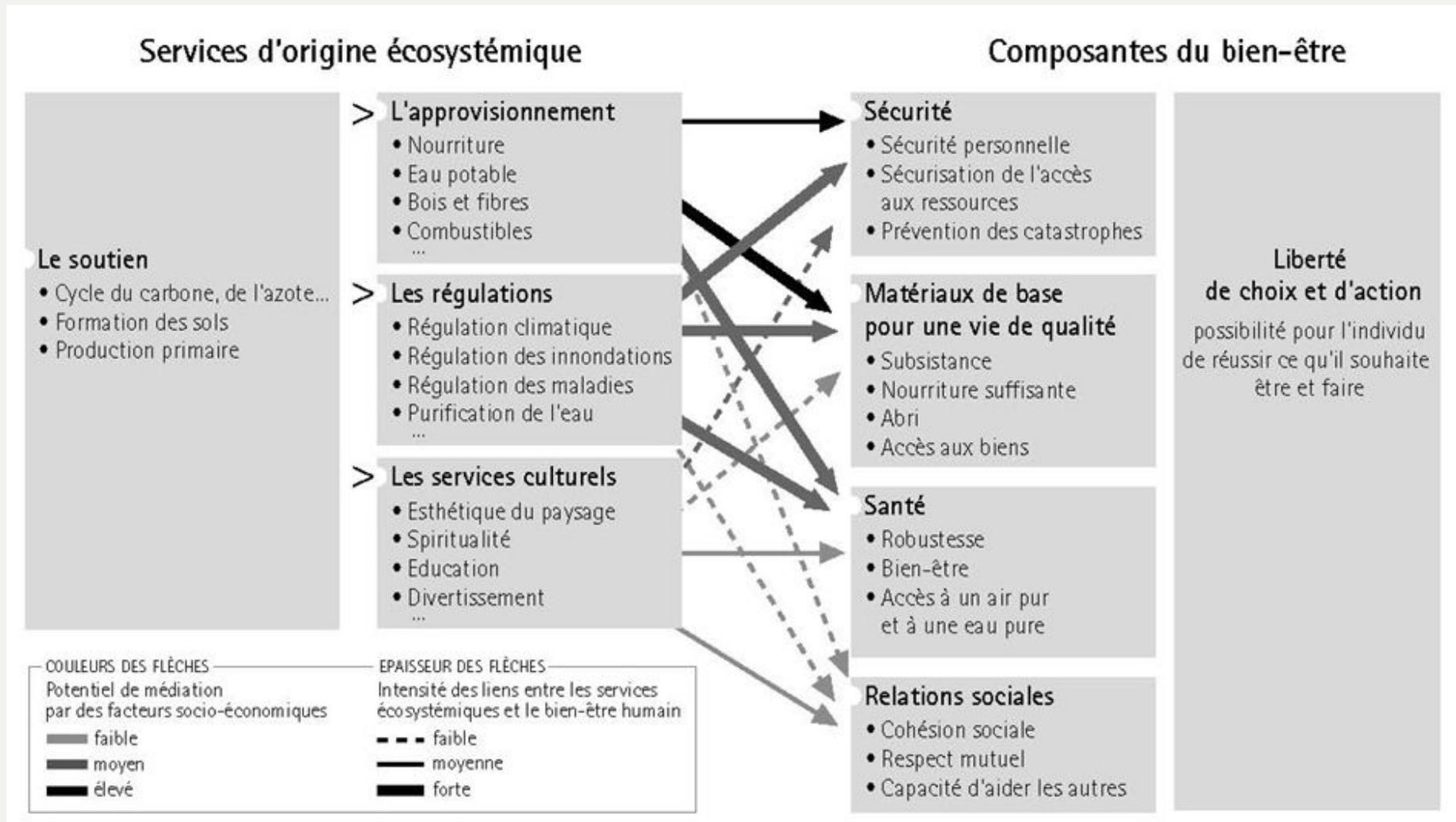
## Agroécologie : quel contour?

Dictionnaire des mots de l'agronomie :

- L'agroécologie vue comme une **déclinaison des concepts de l'écologie en agriculture** : du champ cultivé aux agroécosystèmes
- L'agroécologie vue comme un **ensemble de méthodes et de pratiques** pour une agriculture respectant les ressources naturelles
- L'agroécologie vue comme **programme interdisciplinaire**, support d'un développement agricole et alimentaire durable
- L'agroécologie vue comme un **mouvement social, une éthique de vie**

« [Agroécologie \(Document d'orientation INRA\)](#) : l'analyse des agroécosystèmes, dans une optique de conception de systèmes agricoles durables. Elle vise à comprendre et valoriser les régulations biologiques s'appliquant au champ cultivé et aux agrosystèmes. Cela suppose de prendre en compte la diversité biologique à tous les niveaux d'organisation et de fonctionnalité pour comprendre la dynamique du vivant et son rôle dans les services écologiques rendus par les agroécosystèmes»

# Les services écosystémiques : la vision du Millenium Ecosystem Assessment



## Fertilité des sols et fertilisation

**Fertilité des sols** : pas de définition très simple, « **Capacité des sols à assurer la production de biomasse** » ?

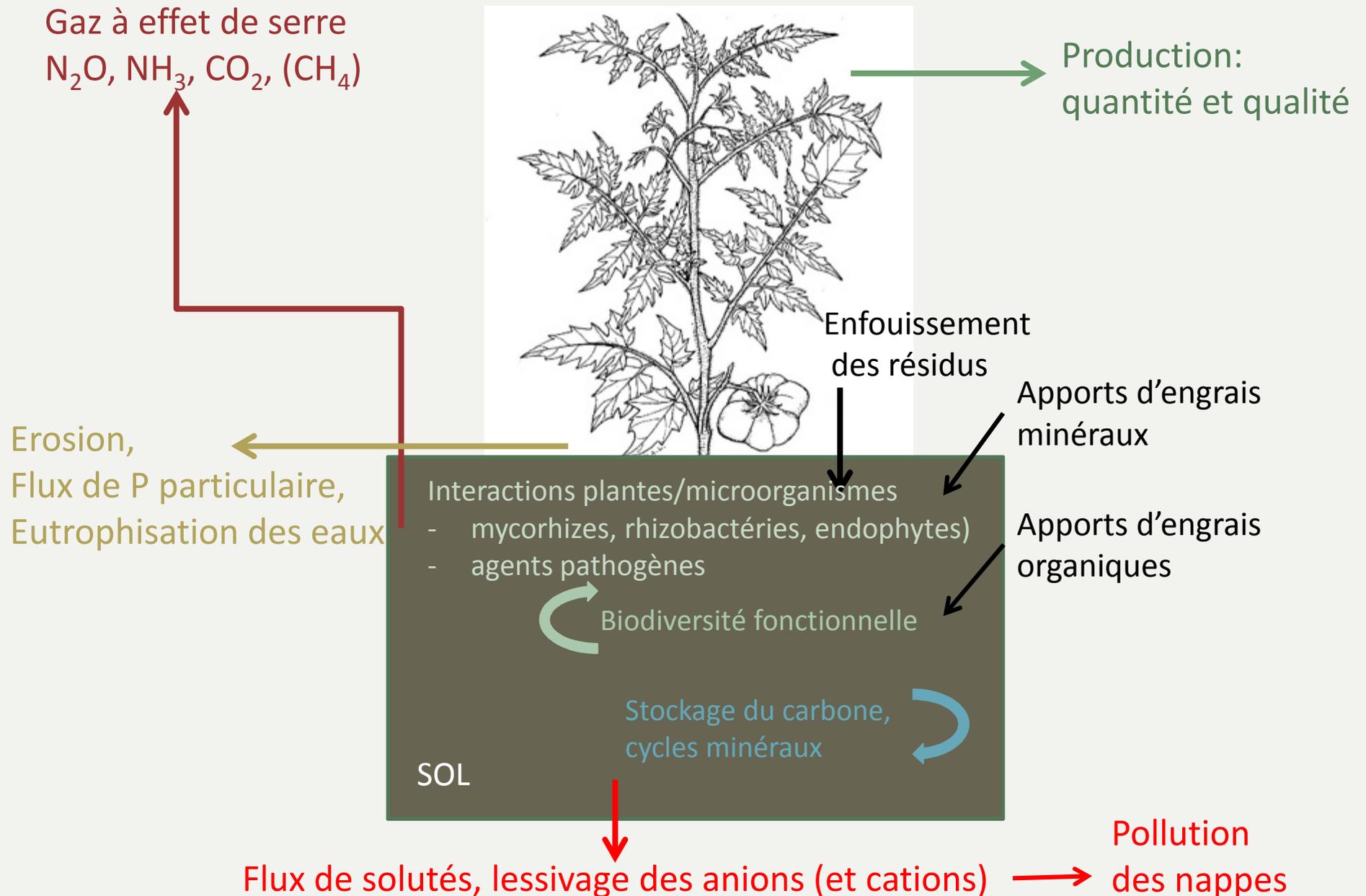
Ambiguïté entre les facteurs intrinsèques (naturels) et extrinsèques (techniques culturales)

Renvoie à des caractéristiques variées des sols:

- **Physique** : volume, structure, texture, porosité, conductivités hydraulique et thermique, ...
- **Chimique** : minéraux, matières organiques, pH, état d'oxydation, CEC...
- **Biologique** : microfaune, macrofaune, microorganismes, biodiversité fonctionnelle, ...

**Fertilisation** : apports exogènes d'éléments nutritifs pour les plantes, sous forme de matières minérales ou organiques. Elle vient en **COMPLEMENT** des ressources disponibles dans le sol, pour assurer un **objectif de production**. Elle modifie les caractéristiques et le fonctionnement des sols.

# Fertilisation et enjeux agroécologiques

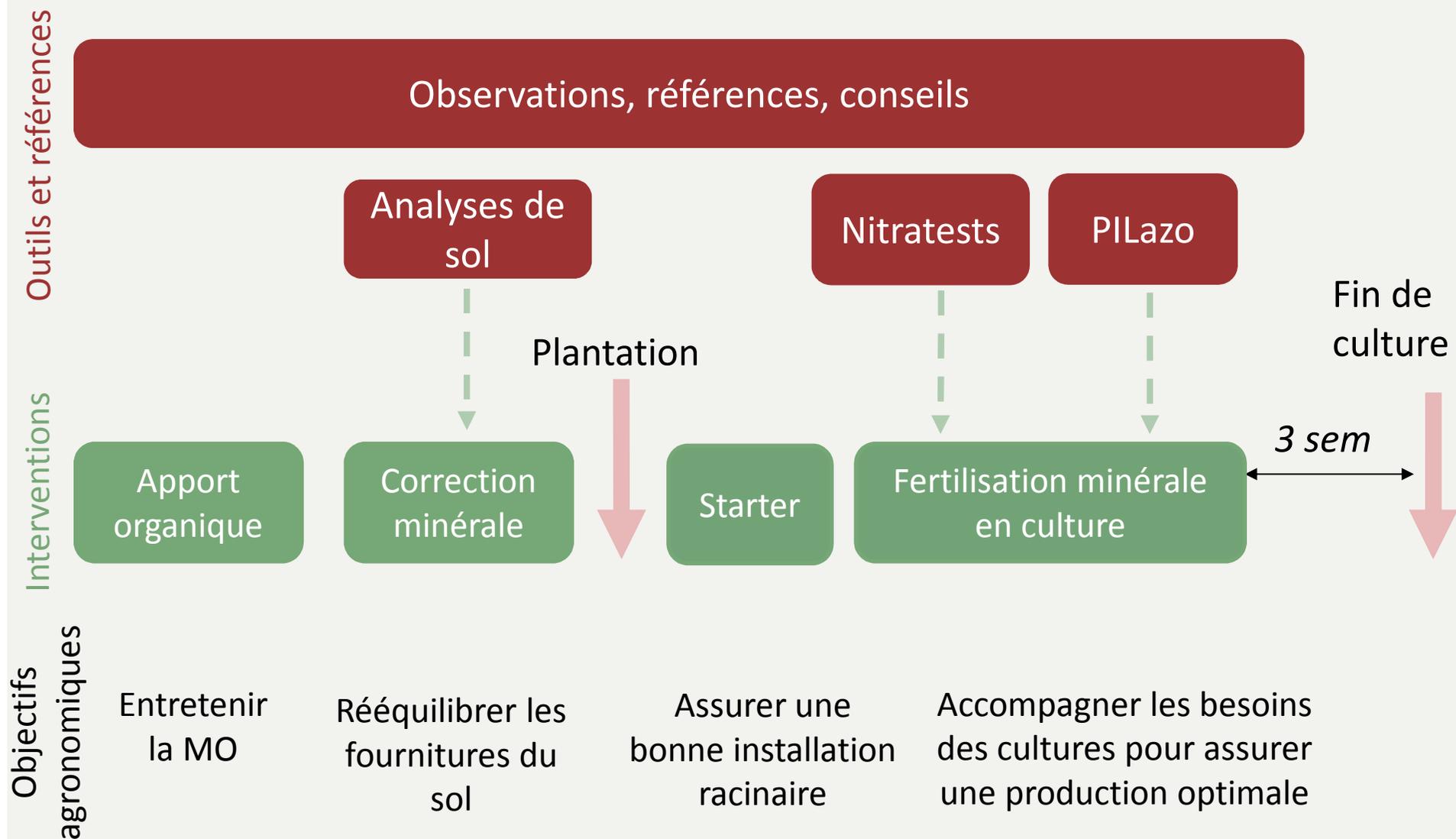


## Problématique des cultures maraîchères

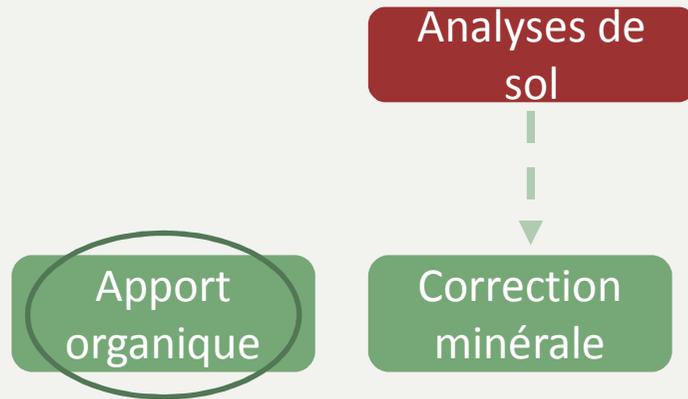
- Rotations rapides = système intensif  
2 à 3 cultures/an sur la même parcelle,  
peu de diversification d'espèces
- Exportation d'éléments minéraux importante :  
Quantités de MS/ha/an > céréales  
Spécificité sur la part élevée de cations prélevés
- Peu de restitution au sol
- Hétérogénéité du couvert et donc des prélèvements
- Ferti-irrigation localisée, continue



# La fertilisation des cultures maraîchères, en pratique :



## Fumure de fond



Extrait à l'eau : pertinence de l'analyse ?  
P faible % dans la solution du sol  
K, Ca, Mg = bases échangeables  
Quel référentiel ?

- structure du sol,
- capacité de stockage et d'échange d'ions,
- biodiversité (y compris fonctionnelle),
- **minéralisation et fourniture d'éléments minéraux**

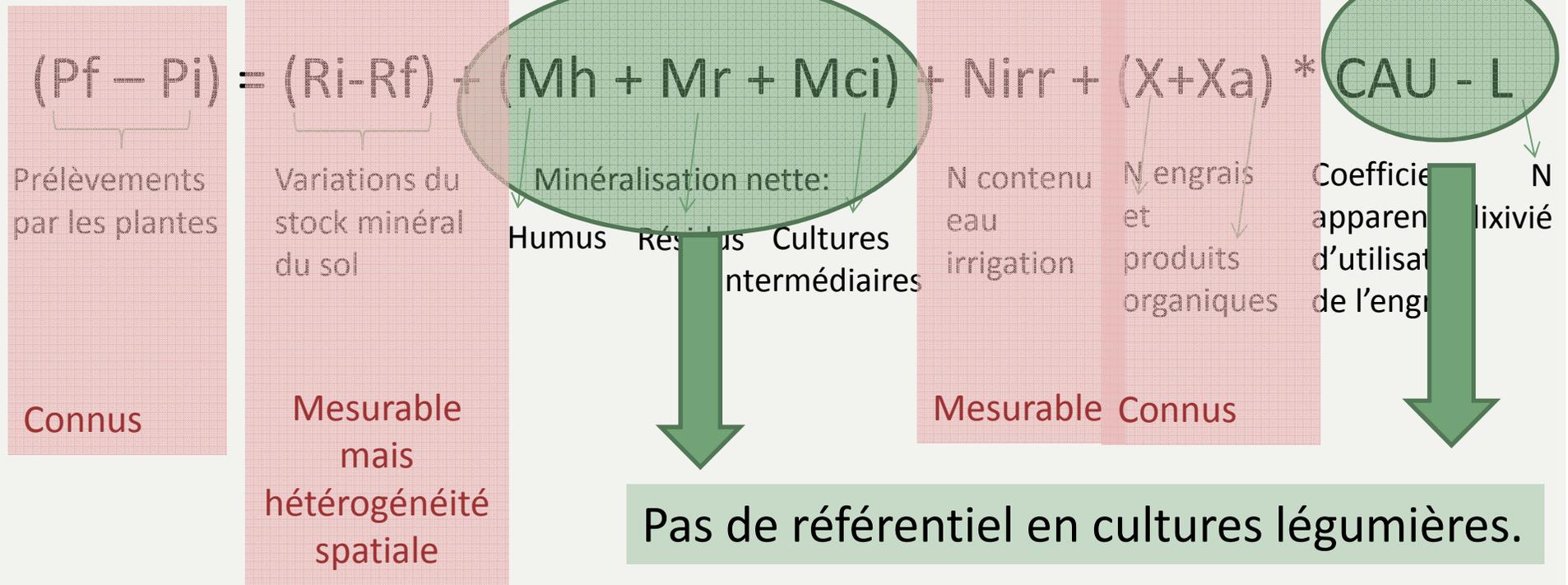


- décomposition de la MO fraîche (apports exogènes et résidus),
- turn-over de la MO vivante,
- évolution de la MO stable

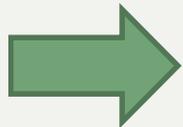
Quelles références de minéralisation  
adaptées à la parcelle ?

# Fertilisation azotée

Equation simplifiée du bilan azoté (COMIFER):



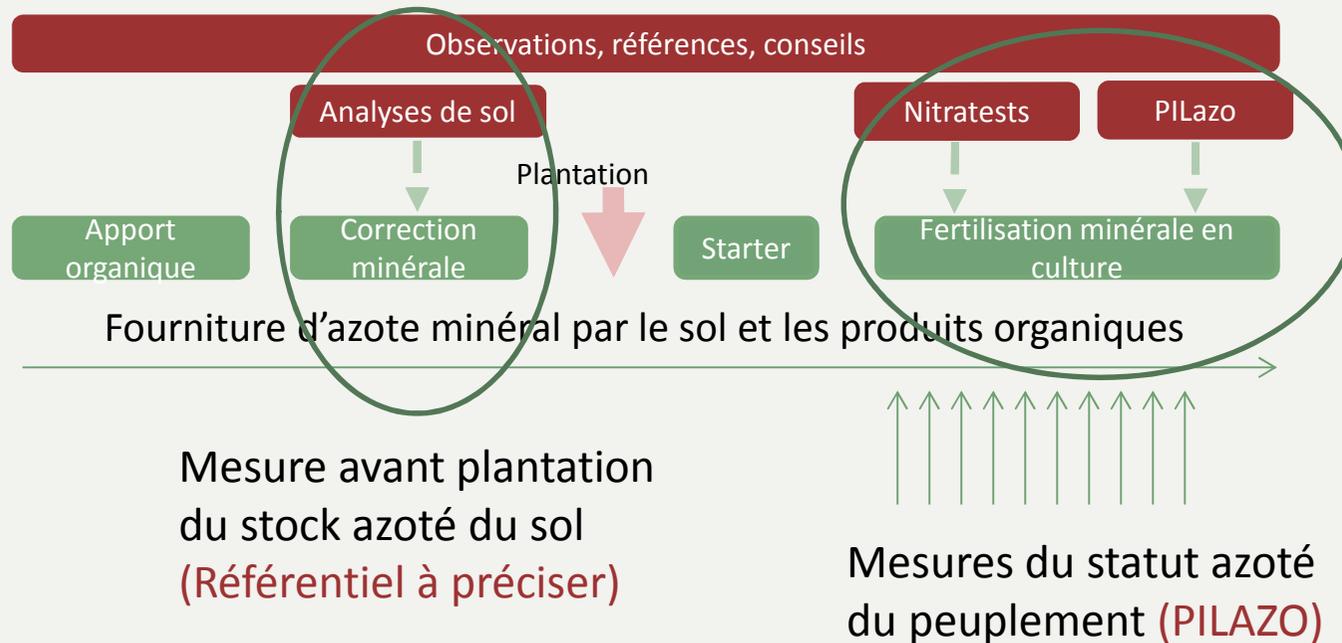
Hétérogénéité spatiale du sol avec irrigation et fertilisation localisées



La méthode du bilan azoté qui est la base de calcul de la fertilisation en grandes cultures n'est pas exploitable actuellement. Pas de solution à court et moyen terme

# Azote : les solutions

**Solution alternative:** mesures dynamiques pour ne pas ajouter d'engrais lorsque celui-ci n'est pas nécessaire



## Méthode partiellement satisfaisante

- Difficilement applicable en fertilisation uniquement organique (AB)
- Pas d'estimation des pertes, ni de l'efficacité. Nécessité d'une bonne maîtrise de l'irrigation (cf exposé suivant)
- Outils disponibles sur certaines cultures uniquement
- Faible appropriation actuellement par les agriculteurs

## Azote : la réglementation en zone vulnérable nitrates

**GREN = Groupe Régional Expertise Nitrates PACA.**

Position initiale (en urgence) sur cultures maraîchères : dose plafond correspondant à une dose maximale d'engrais. **Dose = a x rendement + b** avec a et b sans signification agronomique, calés sur des références (INRA, CTIFL)

Logique du bilan : Besoins plantes =  $\underbrace{\text{engrais minéraux}}_{\text{Couvrir les besoins}} + \underbrace{\text{minéralisation - pertes}}_{\text{Supposé positif ou nul}}$

### Problème

- Initialement Dose = engrais minéral.
- Dans l'arrêté préfectoral **Dose = engrais minéral + tous les produits organiques** → la minéralisation de l'humus et des résidus doit couvrir les pertes. Révision 2014 des coefficients a et b pour ne pas prendre de risque

Il faut absolument évoluer.

Déterminer  **$Pf = a * \text{rendement}$** , avec a coefficient ayant un sens agronomique, à déterminer par culture.

Equation d'efficience:  **$Pf = PO + (X+Xa) * CAU$**   
Plus agronomique. Acquisition de références nécessaires sur PO et CAU

« Méthode » Arvalis PACA grandes cultures:  
 **$(X+Xa) = Pf + C - Reliquat$**   
+ facile, + « proche » de la méthode plafond actuelle. C coefficient empirique à définir.

→ QUI FAIT QUOI ? AVEC QUEL MANDAT ? Les experts GREN n'ont pas vocation à fournir les outils : travail coordonné recherche-instituts techniques-développement

## Phosphore : un calcul simple

Fertilisation type pour une culture de tomate sous

abri avec des engrais complets (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) :

2 \* 50 kg de 12-61

16 semaines 15-10-30 \* 100 kg/semaine

$$= (100 * 0.61 * 0.44) + (16 * 10 * 0.44)$$

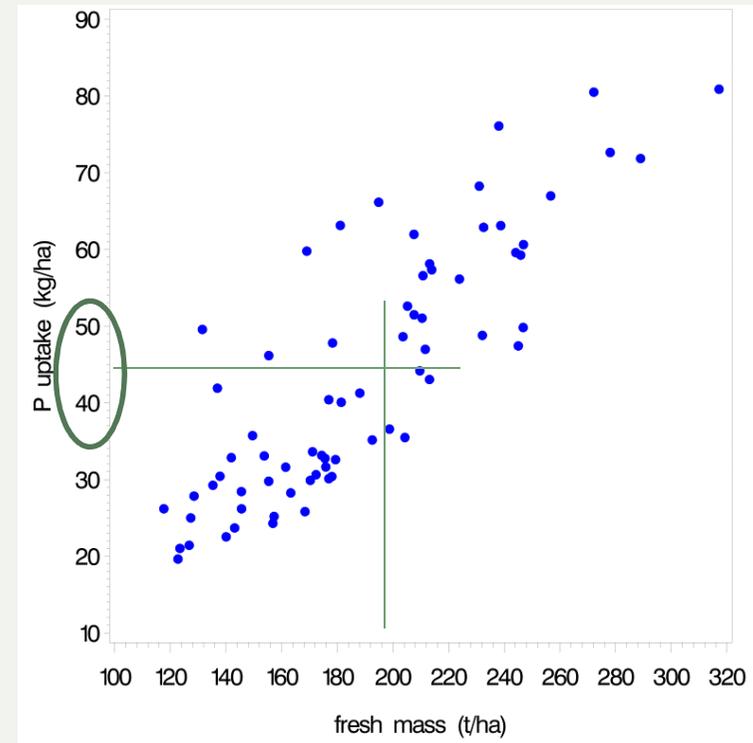
=> **Apports = 97 kg P**

Calcul théorique des prélèvements

Rendement de 15 kg/m<sup>2</sup>,

Biomasse fraîche = 200 t/ha avec indice de récolte estimé à 0.75

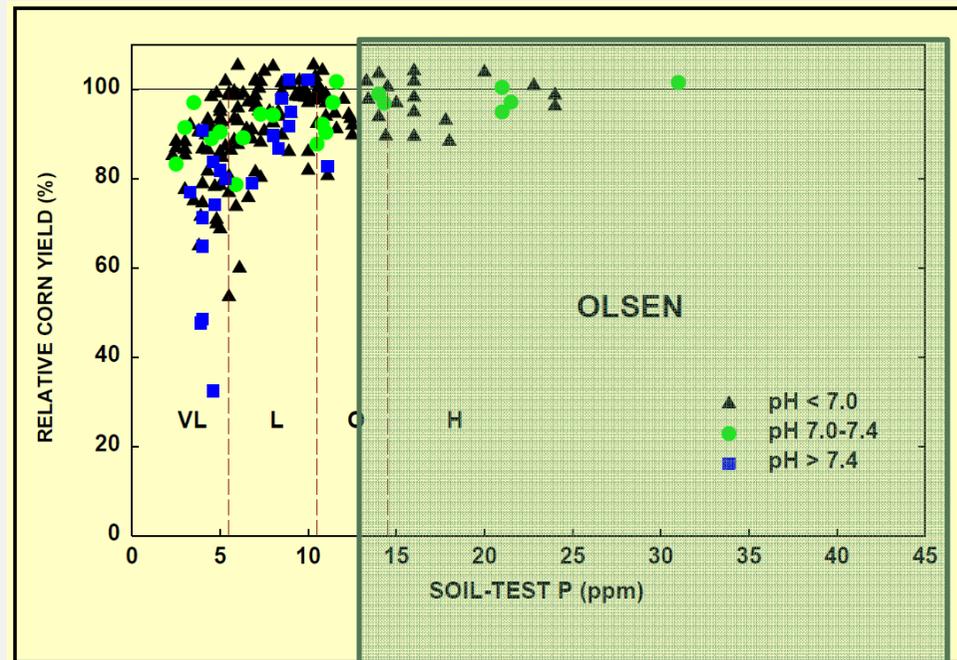
=> **Prélèvements = 40-50 kg P**



- Sur-fertilisation en P en cultures maraîchères, notamment à cause d'un usage généralisé d'engrais complets mal équilibrés
- Accumulation de stocks de P dans les sols, non révélée par les analyses d'extraits à l'eau

## Phosphore : que faire?

- Utiliser les analyses de P extractible (OLSEN...),
- Adapter les outils de décision COMIFER



Zone dans laquelle l'analyse ne permet pas de décider

Zone dans laquelle l'analyse permet de décider : pas de ferti sans baisse de rendement

Zone dans laquelle se trouvent actuellement les exploitations maraîchères ?

- Diminuer radicalement les doses (impasses en P) pour faire baisser les stocks
- Aller vers des engrais simples pour adapter les équilibres NPK aux besoins.
- Développer des outils permettant un pilotage quand les stocks auront baissé.

## Conclusions

Les enjeux agroécologiques liés à la fertilisation sont importants

❑ Ils sont en partie liés aux enjeux autour de la **fertilité des sols**.

- Connaissance du type de sol
- Bonne gestion des matières organiques (humus stable et activité microbienne)
- Raisonnement du travail du sol
- Correction des carences
- Ajustement de l'irrigation



**Fertilité intrinsèque**

**Entretien de la fertilité  
par les pratiques  
culturales**

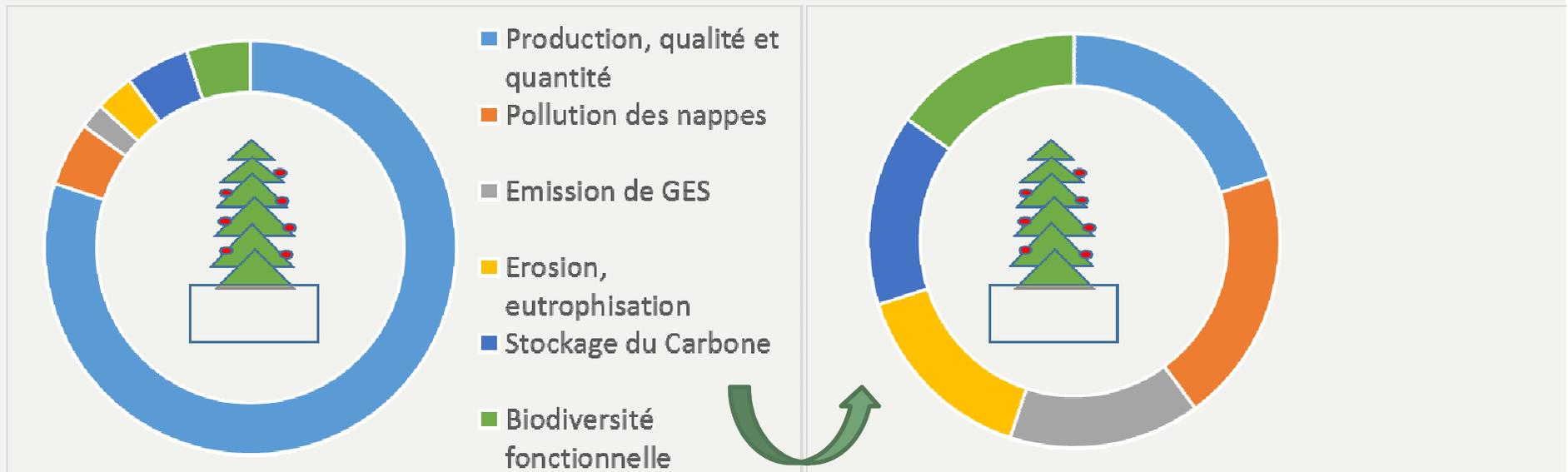
❑ **Maîtrise des doses de fertilisation** par rapport à un objectif de production :

- des progrès ont été faits sur l'azote, avec les outils de pilotage. Mais faible appropriation par les agriculteurs de ces outils, les risques de pollution ne baissent pas
- Du point de vue réglementaire (ZVN), la solution actuelle n'est pas satisfaisante, et pas de mandat clair pour évoluer.
- Des outils pour P et K doivent impérativement être développés en cultures maraîchères pour revoir les règles de fertilisation (projet INRA-CTIFL-Stations ?)

❑ **Maîtrise de l'irrigation**

## Fertilisation et enjeux agroécologiques : quelles priorités ?

- ❑ **L'enjeu de production** est aujourd'hui le facteur de décision principal des praticiens (exploitants et conseillers). Peu de références sur les GES, sur la biodiversité, sur l'usage d'organismes bénéfiques, sur les pathogènes telluriques et aériens...
- ❑ Comment se donner les moyens d'évoluer vers un système économiquement viable où les autres enjeux sont mieux pris en compte ? **Vers quel équilibre ?**



- ❑ Petite famille de la R&D légumes, questions complexes et grande diversité : au-delà de la structuration et de la mutualisation, quels moyens pour faire face ?

Merci de votre attention



En route pour le bien-être ...