

l'analyse de terre aujourd'hui

sommaire

SOMMAIRE GÉNÉRAL

- Les lois de la Fertilité - *Introduction et visuels n° 1 à 20*
- Pratique de l'Analyse de terre - *visuels n° 1 à 10*
- Les analyses au Laboratoire - *visuels n° 1 à 12*
- Clés d'Interprétation - *visuels n° 1 à 17*
- Le GEMAS - *visuels n° 1 à 3*



LES LOIS DE LA FERTILITE

INTRODUCTION

FERTILITÉ CHIMIQUE, BIOLOGIQUE, PHYSIQUE

APPROCHE CLASSIQUE DE LA FERTILISATION

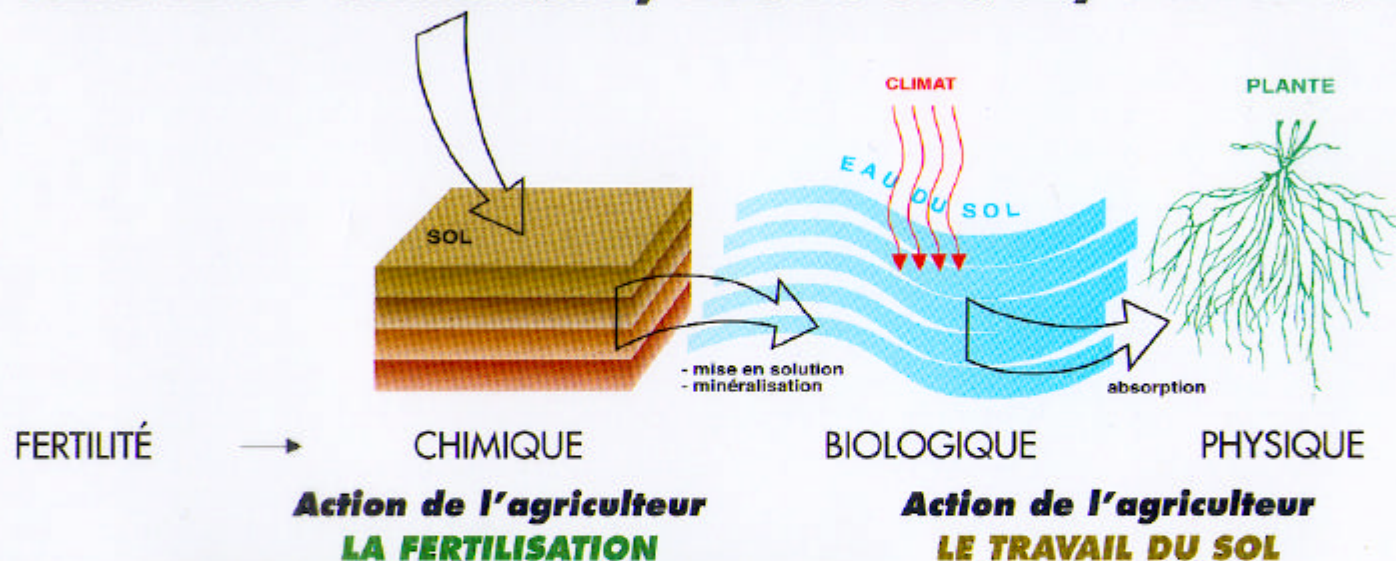
- 1 - LOI DE RESTITUTION OU LOI DES AVANCES
- 2 - LOI DES ACCROISSEMENTS MOINS QUE PROPORTIONNELS
- 3 - LOI DU MINIMUM ET D'INTERACTION
- 4 - EFFET DE MÉMOIRE OU EFFET DE VIEILLE GRAISSE
- 5 - LES LOIS GÉNÉRALES DE LA FERTILISATION
- 6 - LA FERTILISATION RAISONNÉE PAR L'ANALYSE DE TERRE
- 7 - CONSÉQUENCES SUR LES ÉLÉMENTS MAJEURS P-K

LES NOUVEAUX ACQUIS DE LA FERTILISATION PK

- 8 - UNE NOUVELLE QUESTION
- 9 - UNE DÉMARCHE DE 20 ANS D'ESSAIS DE PLEIN CHAMP
- 10 - LE CHAMP D'ESSAI PERMANENT
- 11 - DÉTECTION DE LA NORME DE RENFORCEMENT
- 12 - DÉTECTION DE LA NORME D'IMPASSE
- 13 - UNE CHAÎNE DE RÉFÉRENCES COMPLÈTES ET COHÉRENTES
- 14 - BIODISPONIBILITÉ DES ÉLÉMENTS DANS LE SOL
- 15 - RÉSERVES DU SOL EN L'ÉLÉMENT
- 16 - EXIGENCE DE LA CULTURE
- 17 - PASSÉ RÉCENT DE FERTILISATION
- 18 - POUVOIR FIXATEUR
- 19 - CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT DES RACINES
- 20 - CONSÉQUENCES SUR LES ÉLÉMENTS MAJEURS P-K



FERTILITÉ CHIMIQUE, BIOLOGIQUE, PHYSIQUE



Éléments en jeu	% de l'engrais utilisé dans l'année
AZOTE N	> 70 %
SOUFRE S	
PHOSPHORE P	
POTASSIUM K	< 30 %
MAGNESIUM Mg	
CALCIUM Ca	
OLIGO ÉLÉMENTS	≈ 0 %



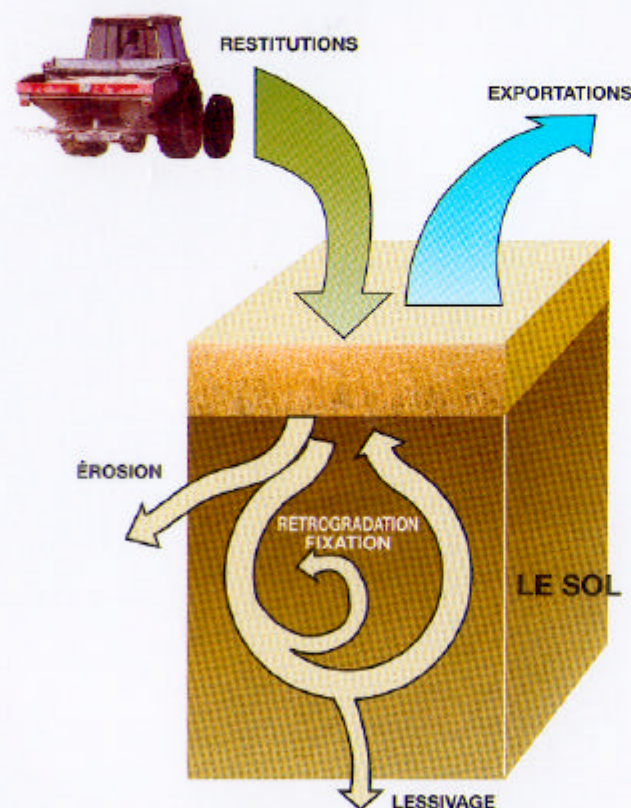
50 ans de Recherche - Développement sur l'analyse de terre

approche *C*lassique de la fertilisation

les lois de la fertilité

1/20

LOI DE RESTITUTION OU LOI DES AVANCES



$$\begin{aligned} \text{RESTITUTION} &= \\ &+ \text{exportations} \\ &+ \text{lessivage} \\ &+ \text{érosion} \\ &+ \text{fixation/rétrogradation} \end{aligned}$$



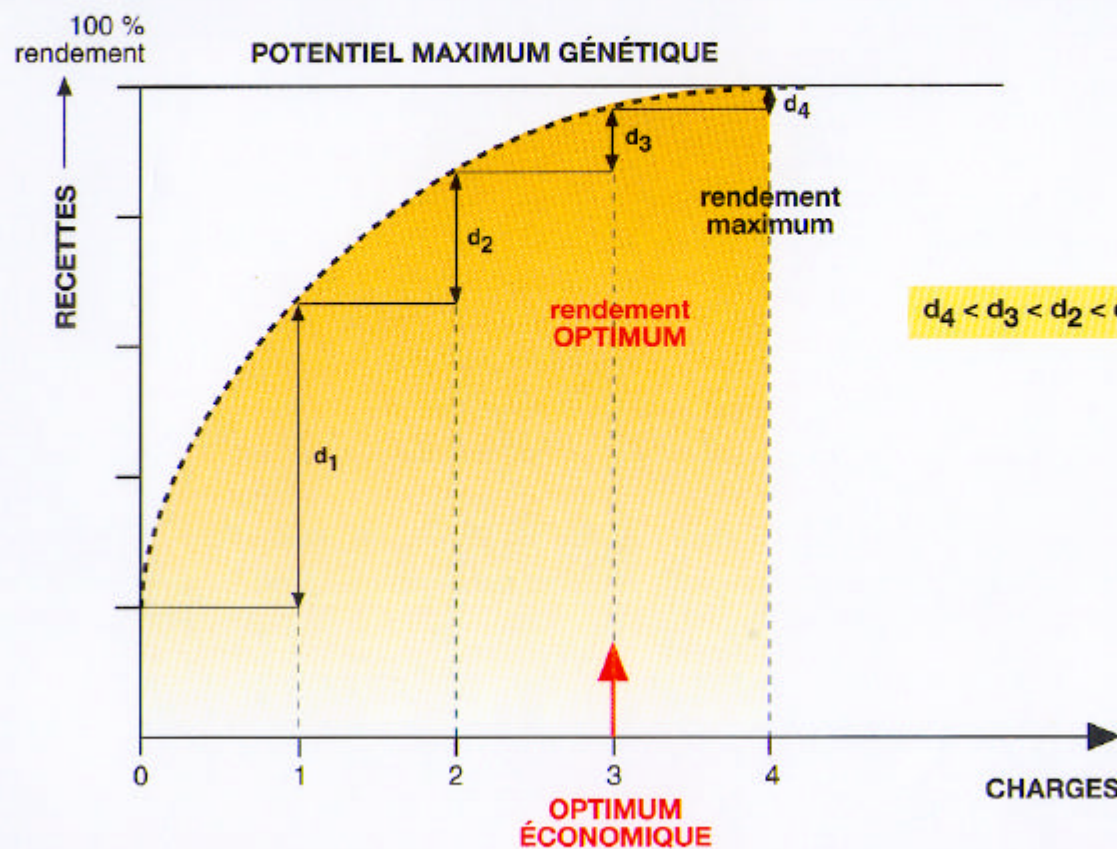
Restituer les pentes

approche *Classique* de fertilisation

les lois de la fertilité

2/20

LOI DES ACCROISSEMENTS MOINS QUE PROPORTIONNELS



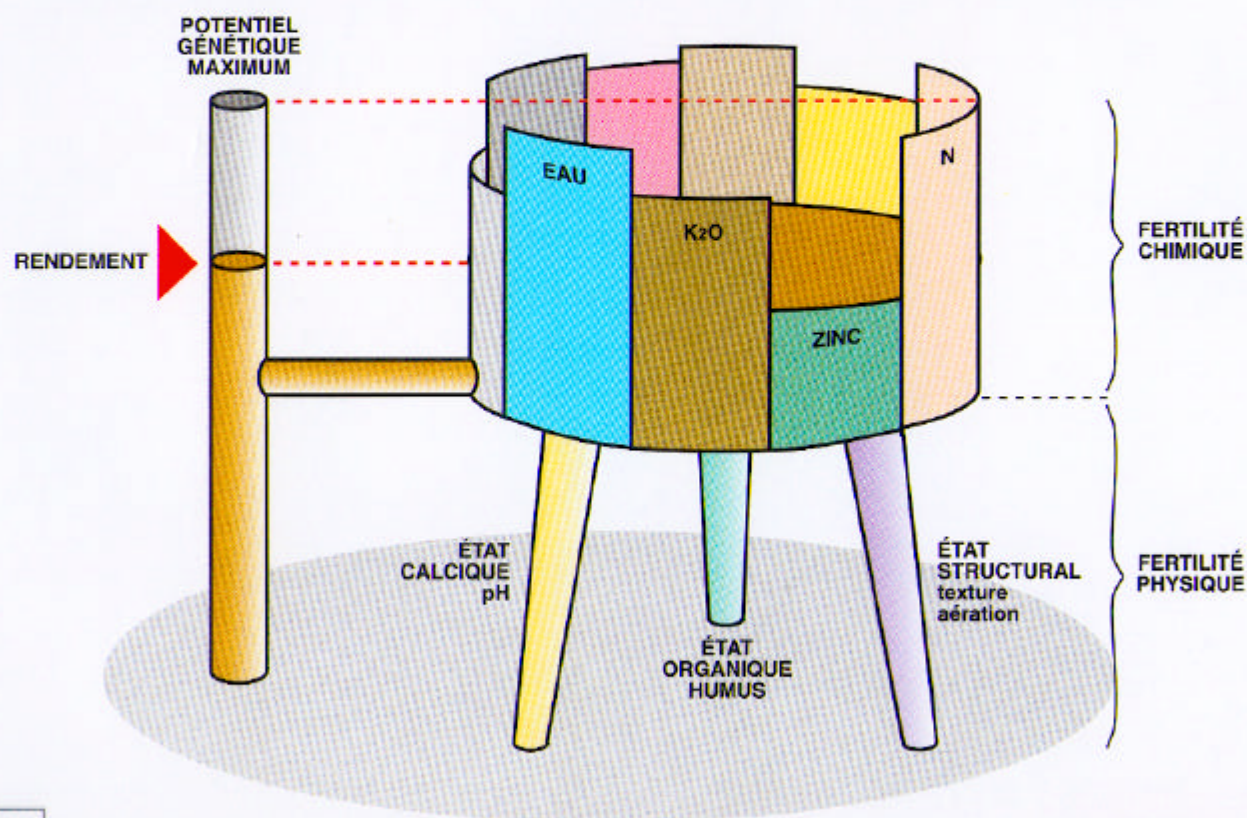
Visez l'optimum économique

approche Classique de fertilisation

les lois de la fertilité

3/20

LOI DU MINIMUM & D'INTERDÉPENDANCE



Chercher le facteur limitant

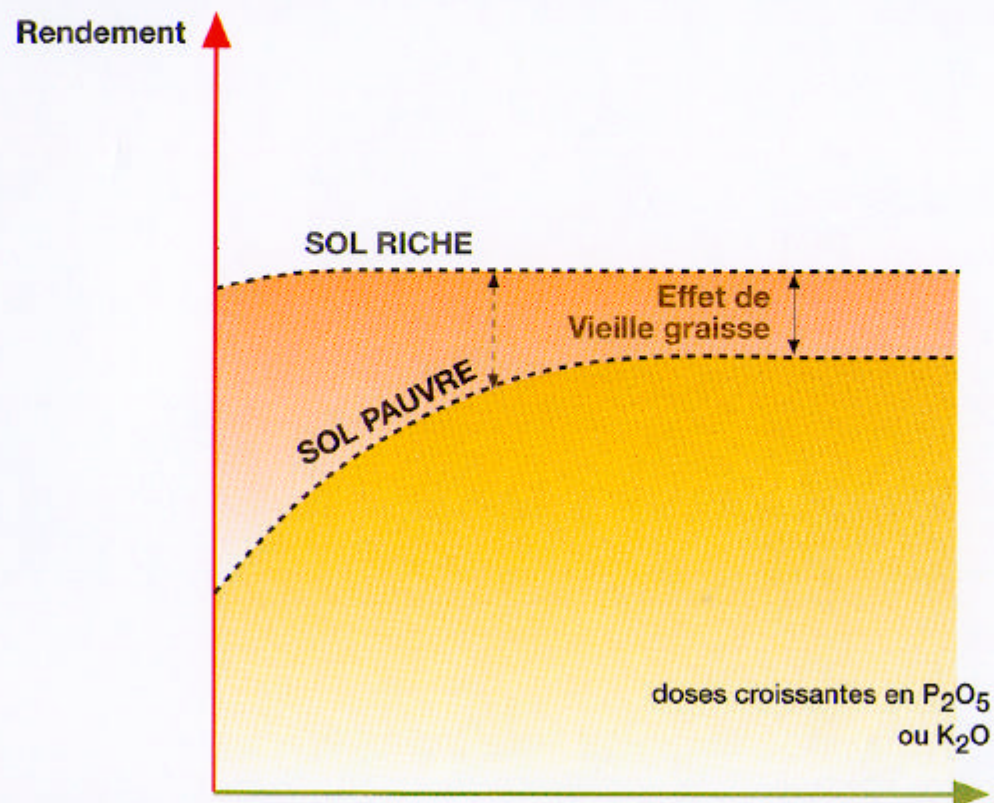


approche Classique de fertilisation

les lois de la fertilité

4/20

EFFET DE MÉMOIRE OU EFFET DE « VIEILLE GRAISSE »



Maintenir le sol à une richesse suffisante



approche **C**lassique de fertilisation

LES LOIS GÉNÉRALES DE LA FERTILISATION

■ Loi de restitution ou des avances - loi universelle de conservation

➔ **restituer les pertes après les avoir évaluées ***

■ Loi des rendements moins que proportionnels - loi universelle économique

➔ **viser l'optimum économique en ajustant les facteurs de production ***

■ Loi du minimum et d'interdépendance - loi universelle biologique

➔ **rechercher les facteurs limitants ***

■ Effet de mémoire ou effet de « vieille grasse » - loi universelle agronomique

➔ **maintenir le sol à une richesse suffisante ***

* par l'utilisation de l'analyse de terre à la parcelle base de la fertilisation raisonnée



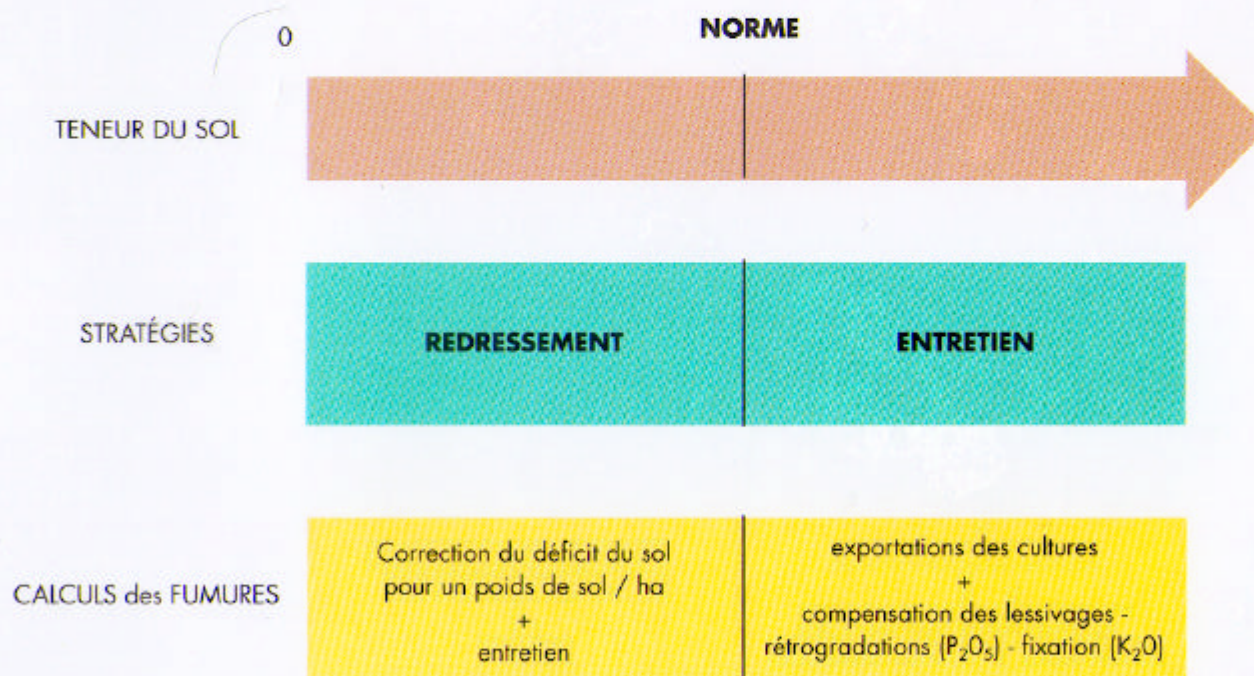
Des principes universels

approche *Classique* de fertilisation

les lois de la fertilité

6/20

LA FERTILISATION RAISONNÉE PAR L'ANALYSE DE TERRE



Un sol est à l'entretien si, sur la rotation, un apport de fertilisant excédentaire, à l'entretien, n'apporte pas de gain de rendement économique, toutes conditions étant favorables par ailleurs.

approcher **Classique** de fertilisation

les lois de la fertilité

7/20

CONSÉQUENCES SUR LES ÉLÉMENTS MAJEURS P-K

- **Mise à niveau de la richesse du sol**
- **Prise en compte de la culture la plus exigeante de la rotation**
- **Norme unique d'interprétation**
- **Surfertilisations possibles**
- **Risques quasi nuls de sous-alimentation des cultures**



L'approche traditionnelle

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

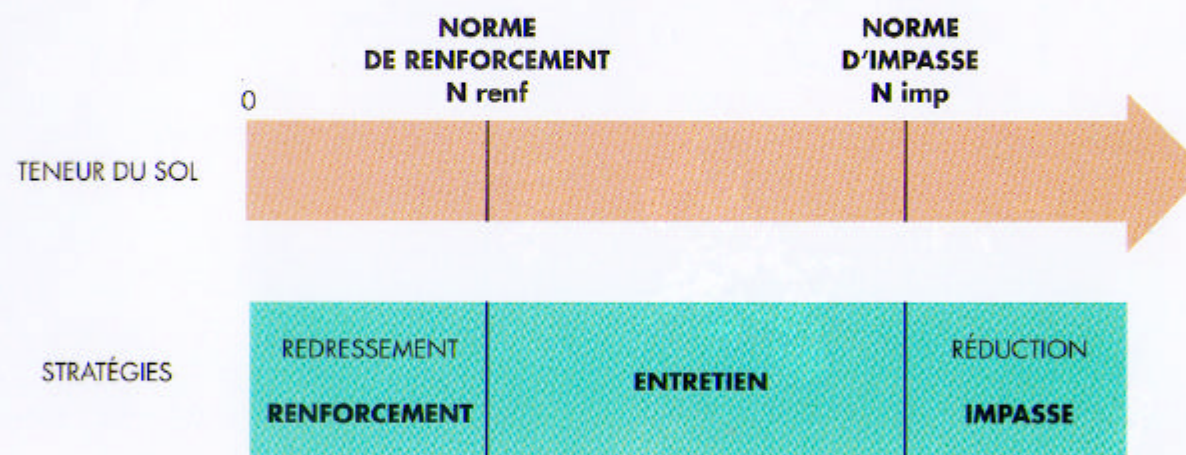
les lois de la fertilité

8/20

UNE NOUVELLE QUESTION

Puis-je faire des économies sur mes fertilisants ? Lesquels ? Comment ?

APPROCHE NOUVELLE DU CONSEIL



EN RELATION AVEC LA SENSIBILITÉ DE LA CULTURE



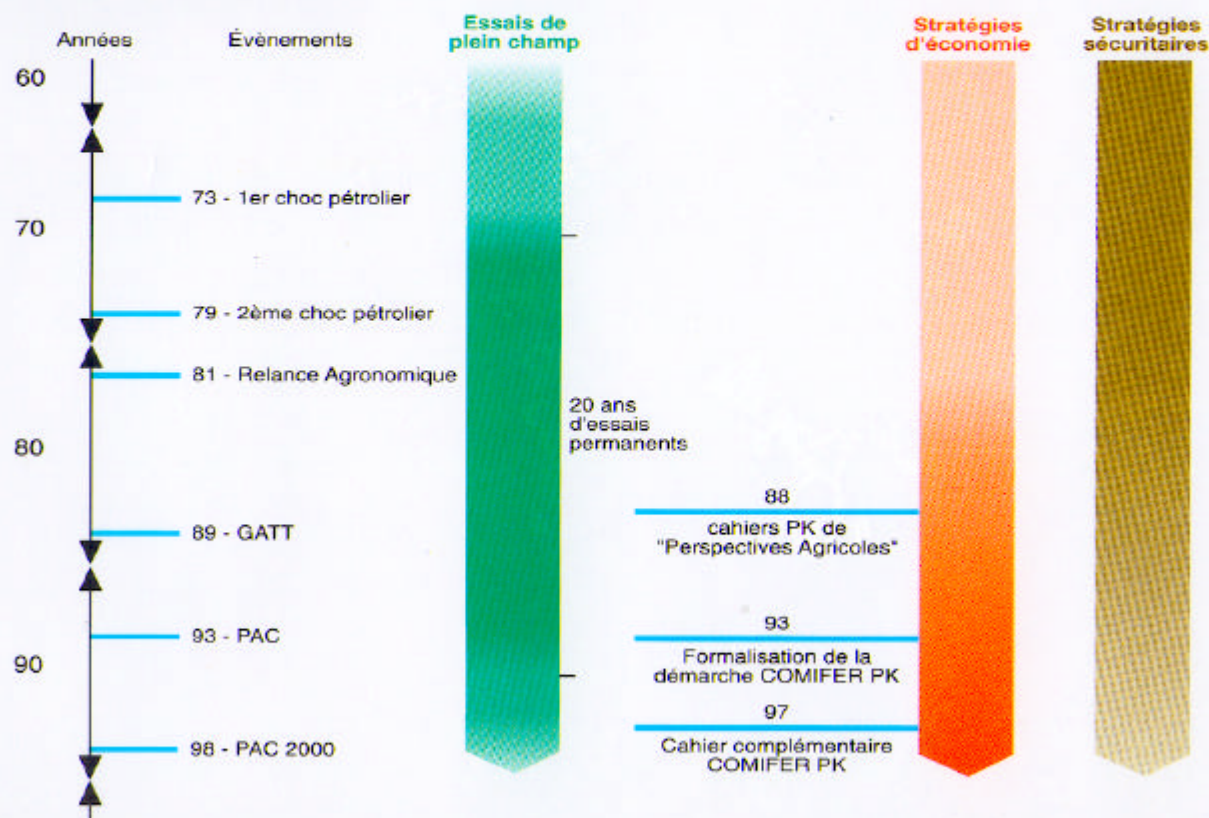
La fertilisation nécessairement raisonnée par l'analyse de terre

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

les lois de la fertilité

9/20

UNE DÉMARCHE DE 20 ANS D'ESSAIS DE PLEIN CHAMP



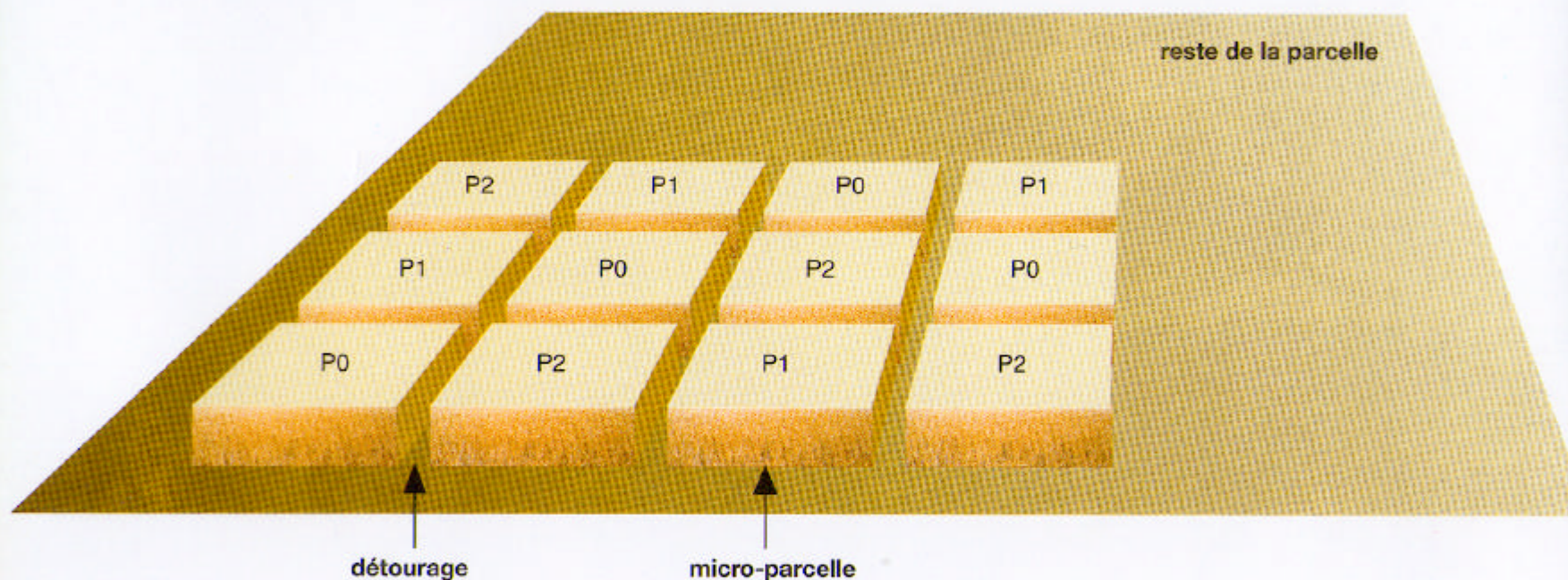
Historique de la démarche

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

les lois de la fertilité

10/20

LE CHAMP D'ESSAI PERMANENT



Exemple : **Essai permanent P_2O_5**

3 traitements : P0
P1 x 4 répétitions = **12 microparcelles sur 15 ans**
P2 (blocs)



Des références régionales

Utiliser l'analyse de sol

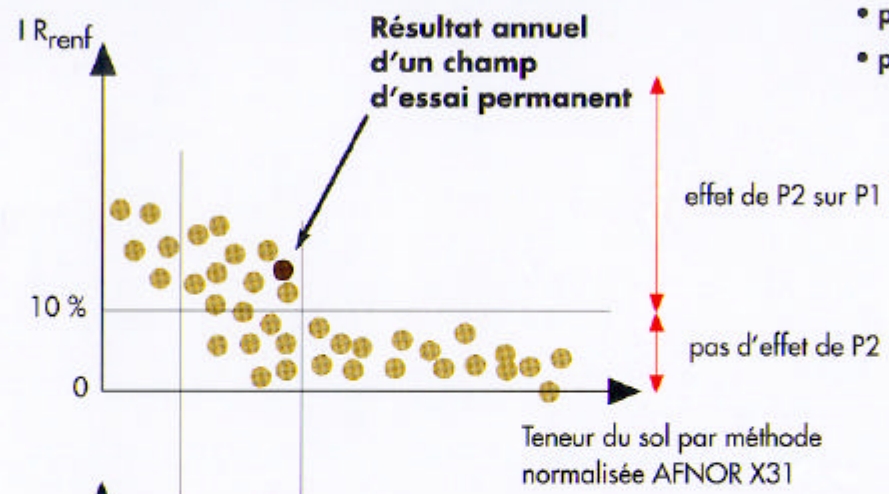
les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

les lois de la fertilité

11/20

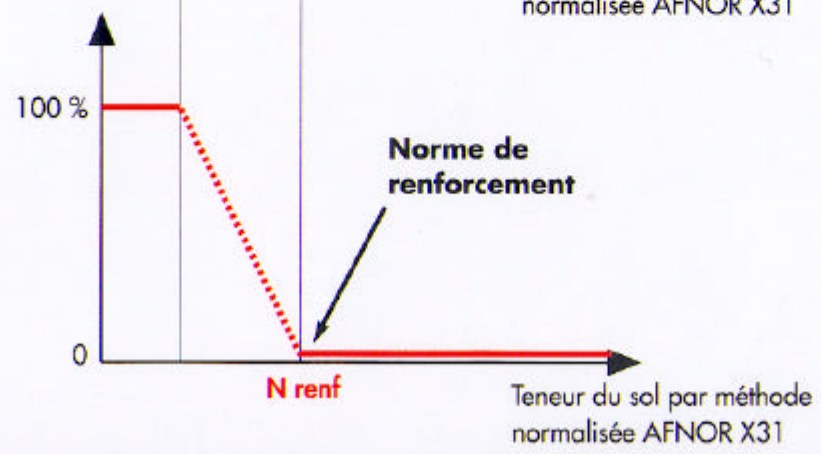
EXPLOITATION D'UNE SÉRIE DE CHAMPS D'ESSAIS PERMANENTS

AUGMENTATION
relative du rendement
suite à un renforcement



- pour un contexte pédo-climatique
- pour une classe d'exigence de la culture

FREQUENCE
d'augmentation
de rendement > 10 %



La norme de renforcement

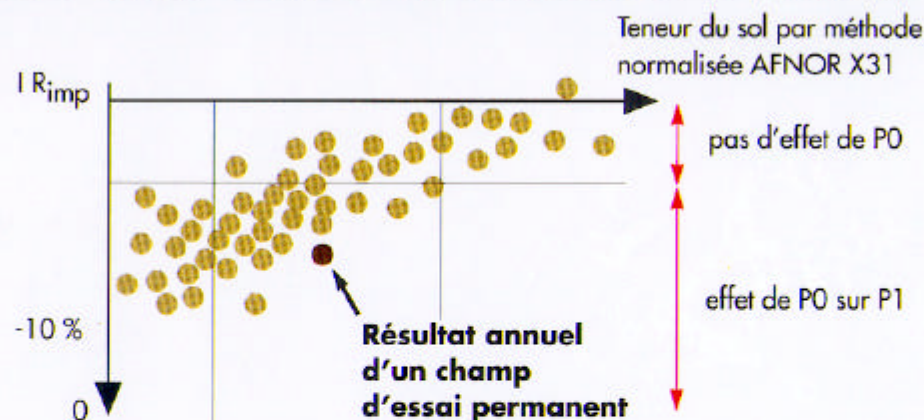
les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

les lois de la fertilité

12/20

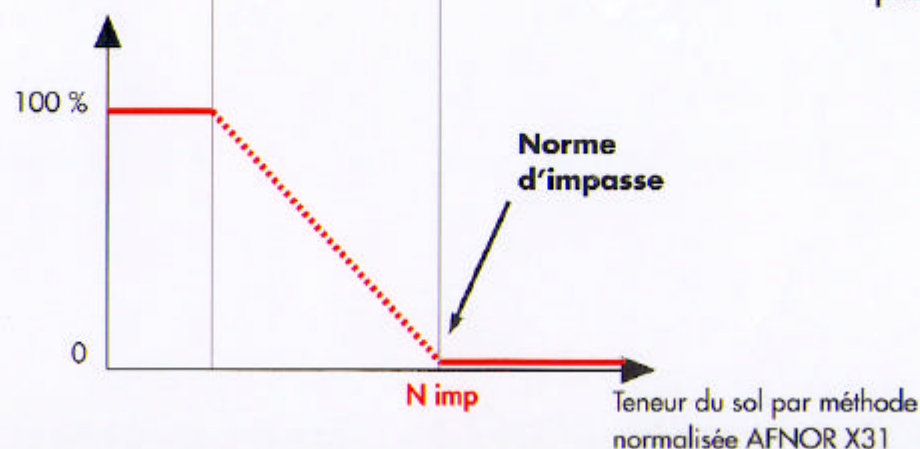
EXPLOITATION D'UNE SÉRIE DE CHAMPS D'ESSAIS PERMANENTS

BAISSE relative du rendement suite à l'impasse



- pour un contexte pédo-climatique
- pour une classe d'exigence de la culture

FREQUENCE de baisse de rendement > 10 %



La norme d'impasse

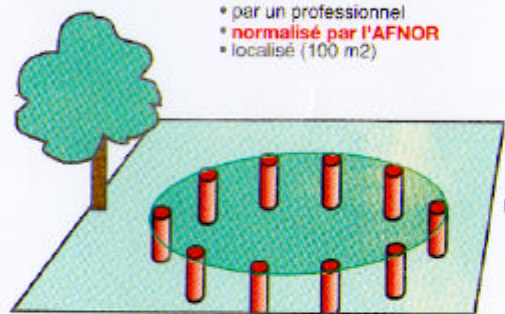
les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

les lois de la fertilité
13/20

UNE CHAÎNE DE RÉFÉRENCES COMPLÈTES ET COHÉRENTES

PRÉLÈVEMENT

- par un professionnel
- **normalisé par l'AFNOR**
- localisé (100 m²)



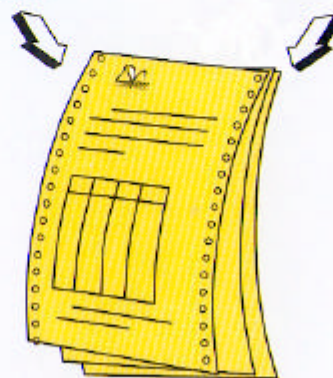
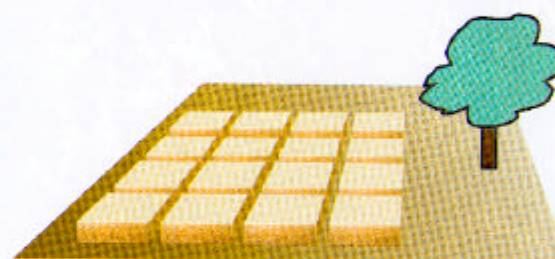
ANALYSES

- **méthodes d'analyses AFNOR**
- laboratoires agréés



ESSAIS EN PLEIN CHAMP

- références régionales
- **interprétation des mêmes méthodes d'analyses AFNOR**



CONSEIL



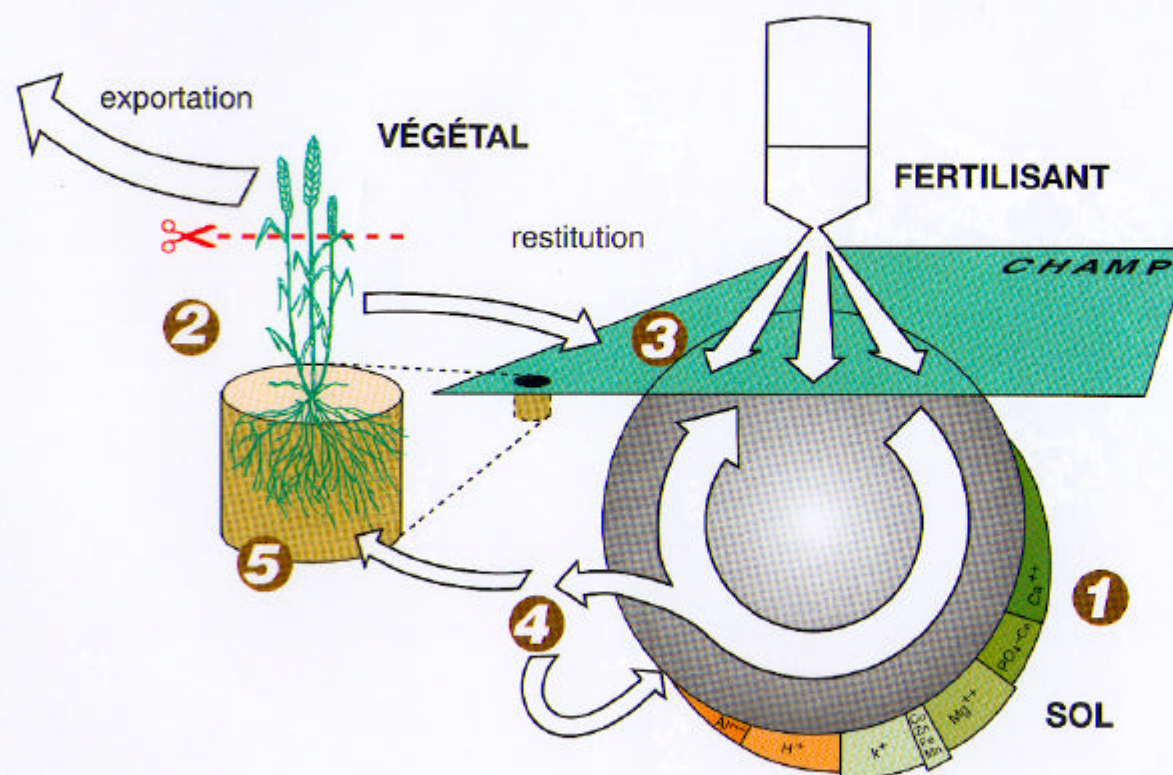
Les mêmes méthodes AFNOR pour l'analyse et l'expérimentation

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation

les lois de la fertilité

14/20

BIODISPONIBILITÉ DES ELEMENTS DANS LE SOL



- ① Réserves du sol en l'élément
- ② Exigence de la culture
- ③ Passé récent de fertilisation
- ④ Pouvoir fixateur
- ⑤ Conditions de développement des racines



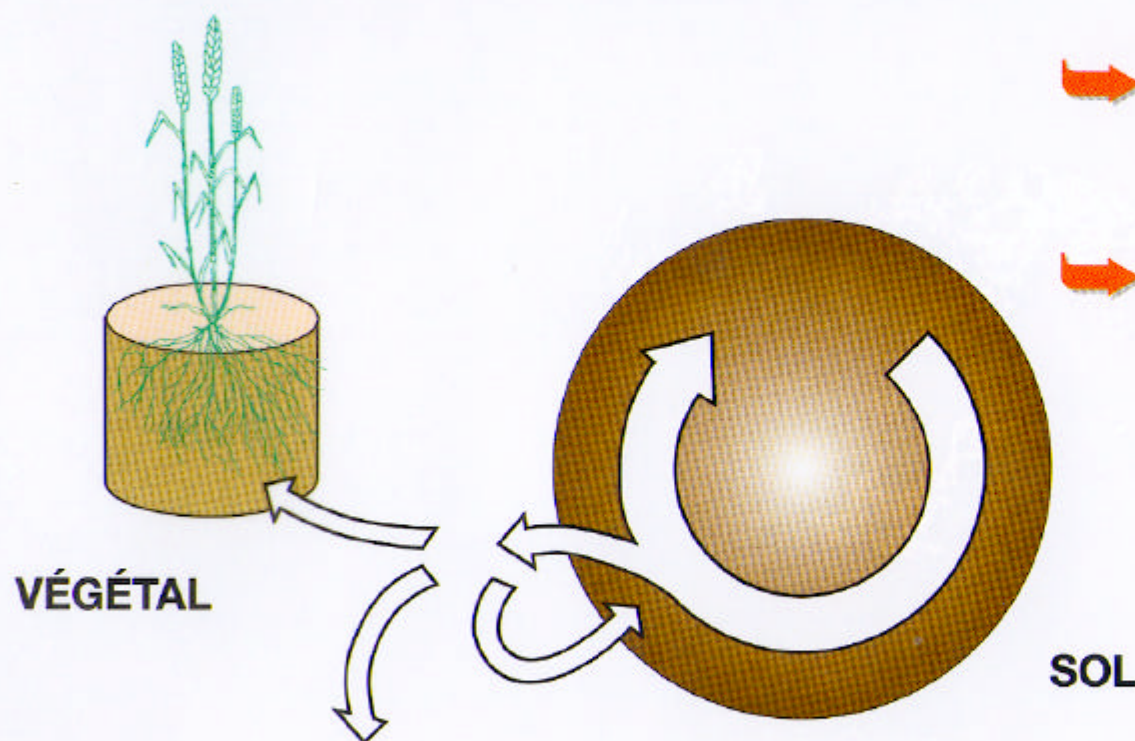
Source : EUROPE-SOLS SA

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation

les lois de la fertilité

15/20

RÉSERVES DU SOL EN L'ÉLÉMENT NUTRITIF



➡ Apprécier la compétition entre le sol et le végétal

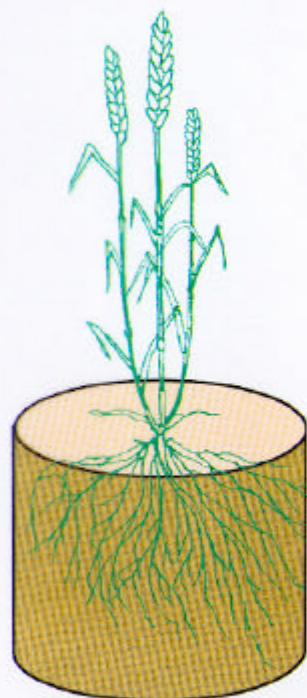
➡ Apprécier les équilibres entre les éléments

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

les lois de la fertilité

16/20

EXIGENCE DES CULTURES —> SENSIBILITÉ



EXIGENCE	PHOSPHORE	POTASSE
FORTE	Betterave sucrière Colza Luzerne Pomme de terre Pois conserve Oignon - Carotte	Betterave sucrière Pomme de terre Pois conserve Oignon Carotte Arbre à noyaux (en production) Actinidia
MOYENNE	Orge, escourgeon Blé dur Blé de blé Maïs fourrage Pois protéagineux Prairie temporaire Féverolle CÉillette Résineux forestiers	Colza Luzerne Tournesol Maïs grain et fourrage Pois protéagineux Prairie temporaire Féverolle CÉillette Vigne (en production) : Arbre à pépins (en production)
FAIBLE	Maïs grain Blé tendre Tournesol Lin graines Avoine Vigne (en production) Arboriculture (en production) Actinidia - Feuillus forestiers	Blé dur Blé tendre Blé de blé Orge, escourgeon Avoine, lin graines Arbres forestiers



Sources : COMIFER 95 : grandes cultures - EUROPE-SOLS SA 98 : plantes pérennes

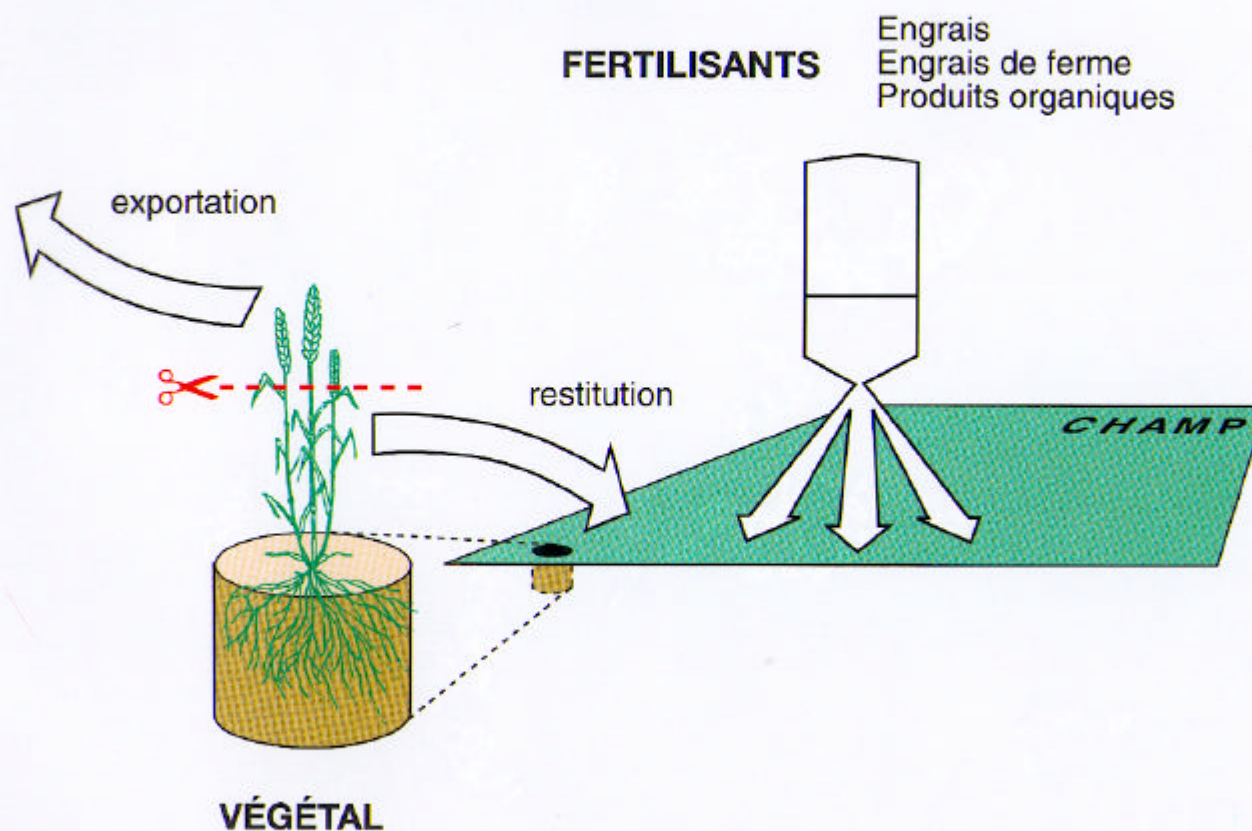
Exemple pour P_2O_5 et K_2O

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation

les lois de la fertilité

17/20

PASSÉ RÉCENT DE FERTILISATION

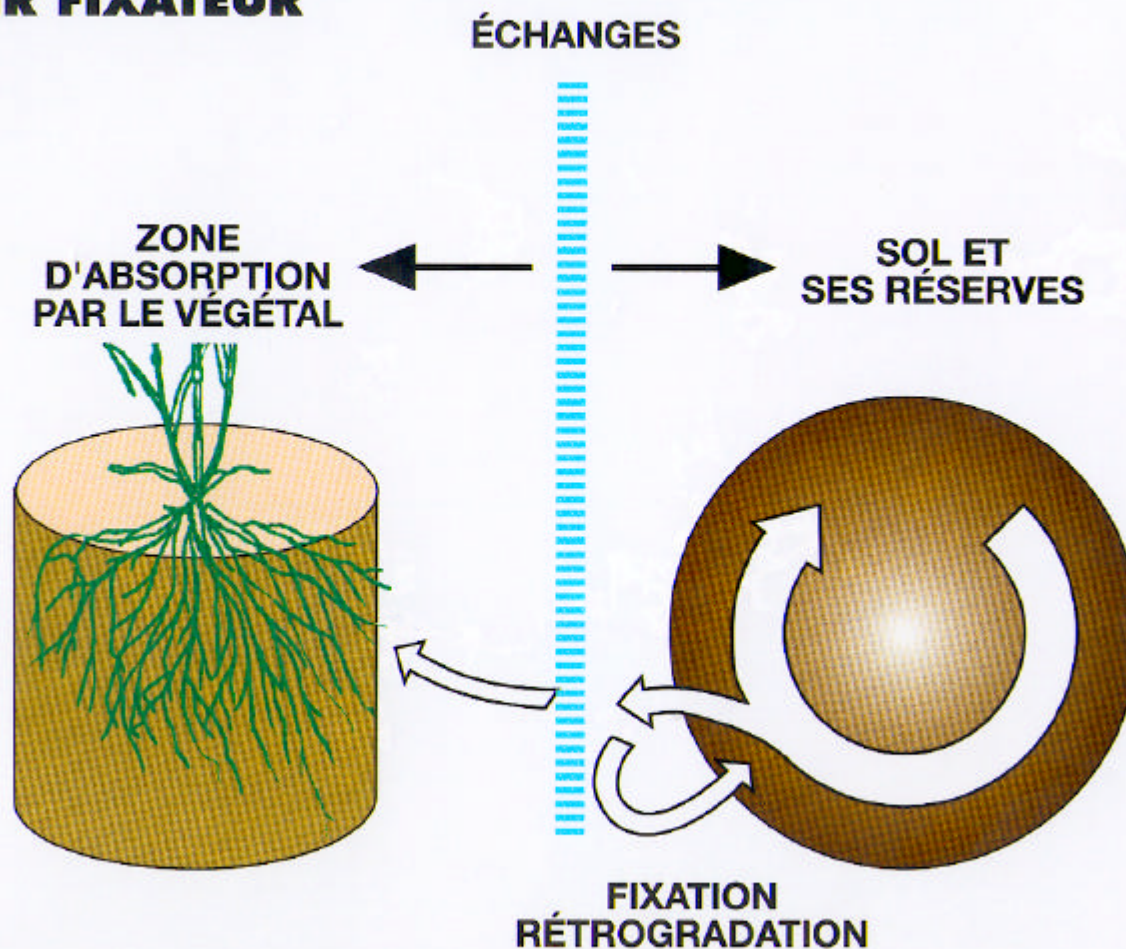


les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

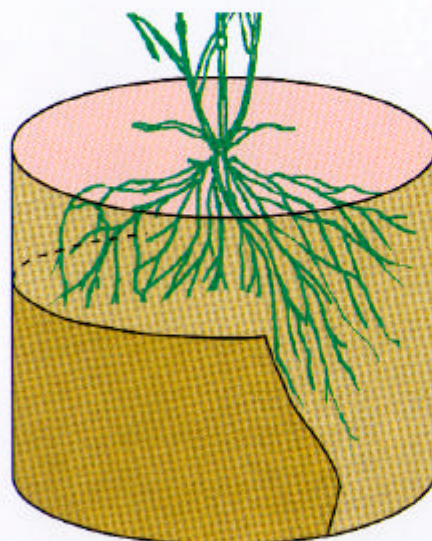
les lois de la fertilité

18/20

LE POUVOIR FIXATEUR



CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT DES RACINES



Efficiencia de l'absorpci3 rracinaire

les nouveaux *Acquis* de la fertilisation P-K

CONSÉQUENCES SUR LES ÉLÉMENTS MAJEURS P-K

- Une approche plus précise
- Mise à niveau de la richesse du sol
- Prise en compte de l'exigence de chacune des cultures de la rotation
- Deux normes d'interprétation par classe d'exigence de la culture
- Possibilité de fertilisation réduites raisonnées
- Risques non nuls de sous-alimentations des cultures (suivant leurs exigences et les conditions culturales)
- Nécessité d'un suivi rigoureux par l'analyse de sol outil au service de la fertilisation raisonnée.



➡ Une analyse de terre à la parcelle tous les 3 à 4 ans

l'analyse de terre aujourd'hui

pratique
sommaire

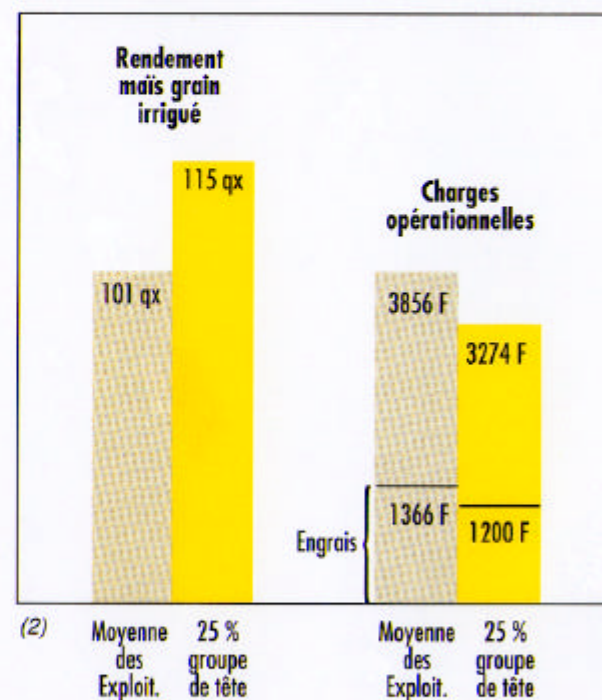
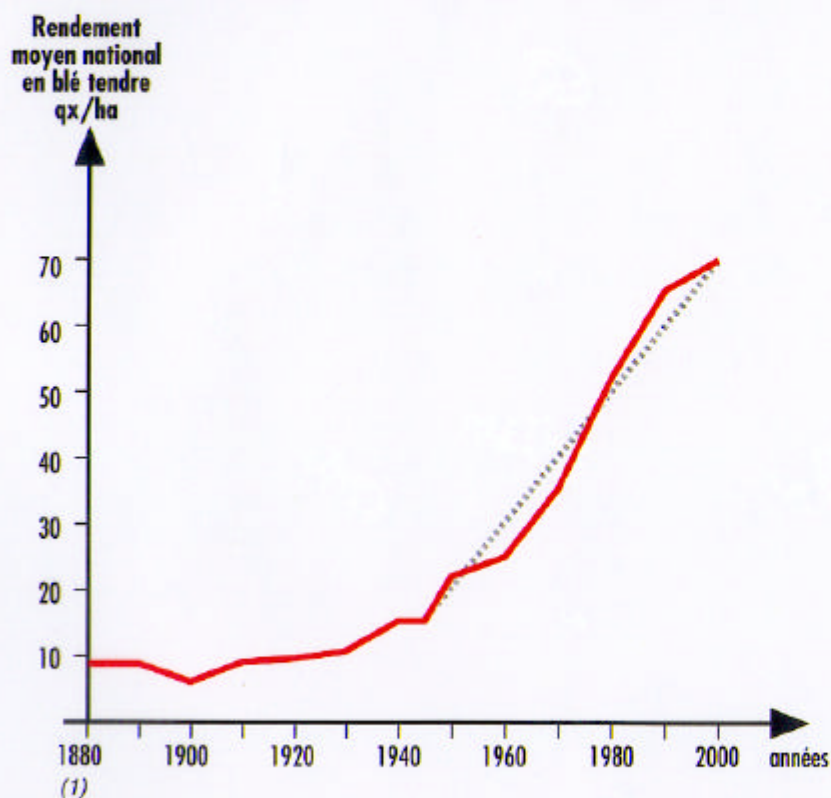
PRATIQUE DE L'ANALYSE DE TERRE

- 1 - L'ANALYSE DE TERRE POUR EXPLOITER DURABLEMENT SON SOL
- 2 - L'ANALYSE DE TERRE POUR DÉTECTER LES FACTEURS LIMITANTS
- 3 - L'ANALYSE DE TERRE POUR ÉCONOMISER
- 4 - L'ANALYSE DE TERRE POUR GÉRER LES IMPASSES P-K
- 5 - L'ANALYSE DE TERRE POUR LIMITER LES PERTES ET PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT
- 6 - INTÉRÊT DE L'ANALYSE DE TERRE EN RÉSUMÉ
- 7 - LE COUT D'UNE DÉMARCHÉ SUIVIE D'ANALYSE SUR L'EXPLOITATION
- 8 - UN SUIVI PARCELLAIRE INDIVIDUALISÉ
- 9 - PRATIQUE DU PRÉLÈVEMENT
- 10 - PRATIQUE DU PRÉLÈVEMENT - CAS PARTICULIERS



pratique de l'analyse de terre

L'ANALYSE DE TERRE POUR EXPLOITER DURABLEMENT LE SOL



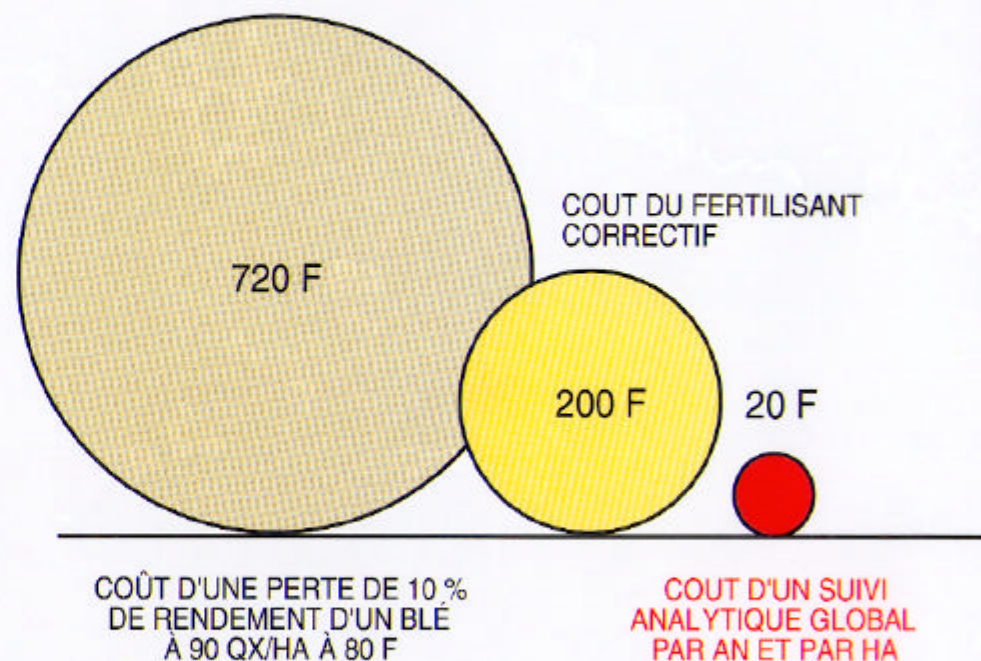
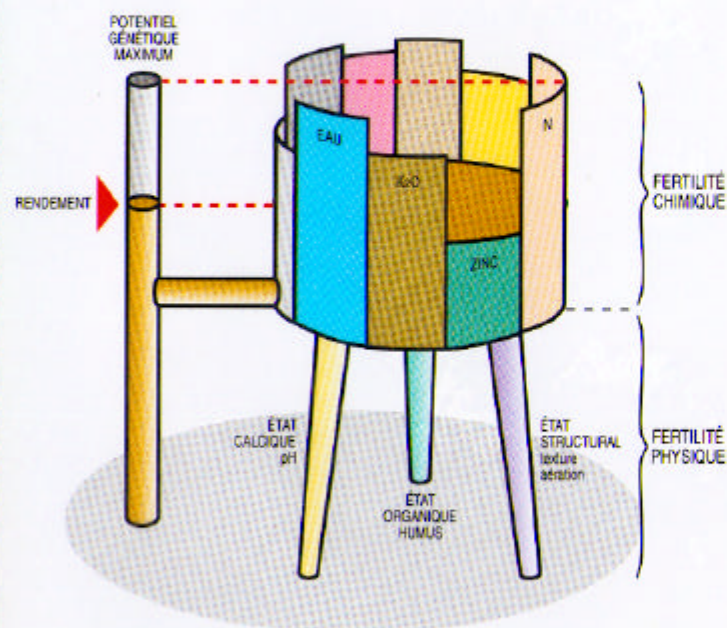
le suivi par l'analyse de terre pour exploiter au mieux son sol

TERRE ANALYSÉE = TERRE RENTABILISÉE

pratique de l'analyse de terre

pratique
2/10

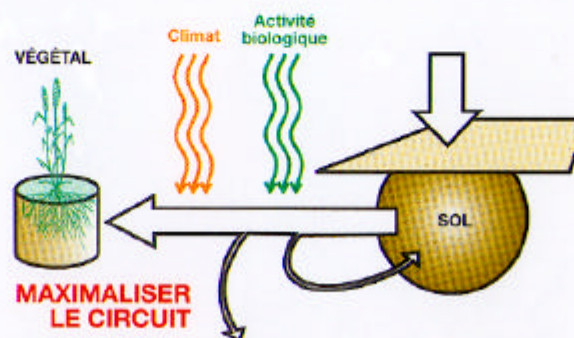
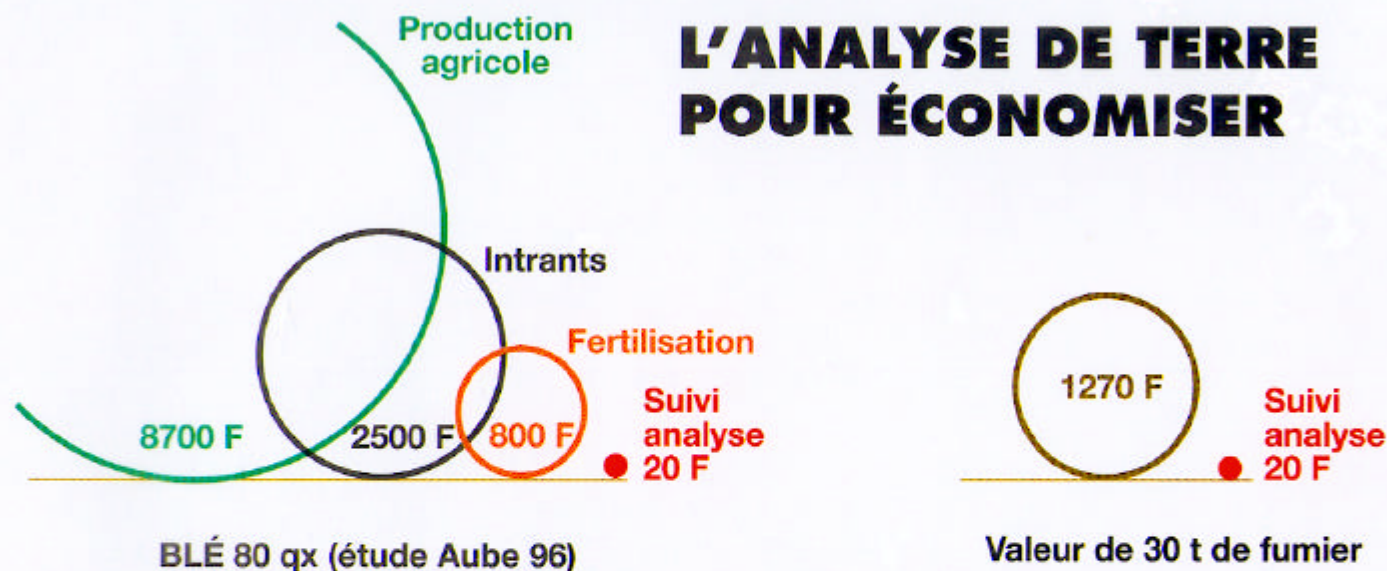
L'ANALYSE DE TERRE POUR DETECTER LES FACTEURS LIMITANTS



l'intérêt d'un bilan de fertilité complet

pratique de l'analyse de terre

pratique
3/10



l'analyse de terre = une charge normale de fonctionnement

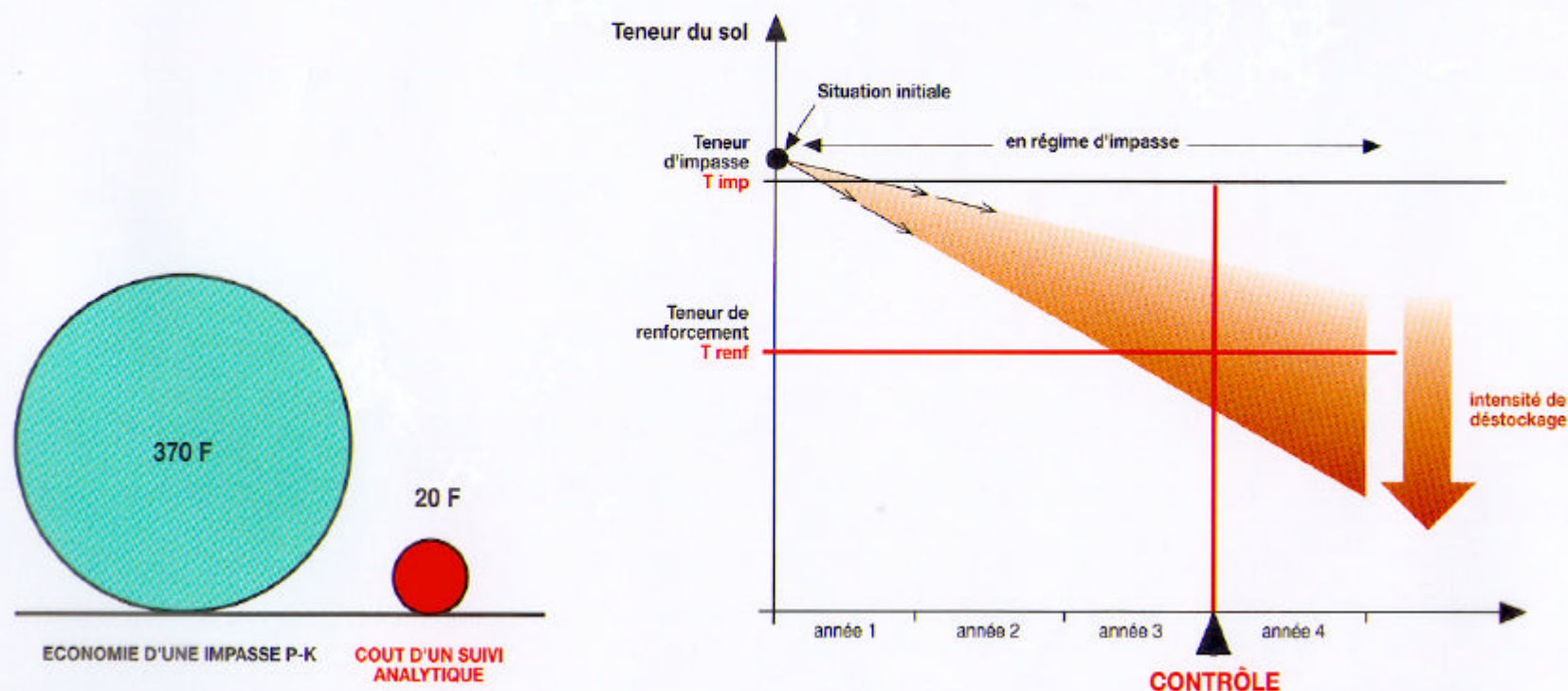


pratique de l'analyse de terre

pratique
4/10

L'ANALYSE DE TERRE POUR GÉRER LES IMPASSES P-K

EVOLUTIONS POSSIBLES DE LA TENEUR DU SOL EN RÉGIME D'IMPASSE

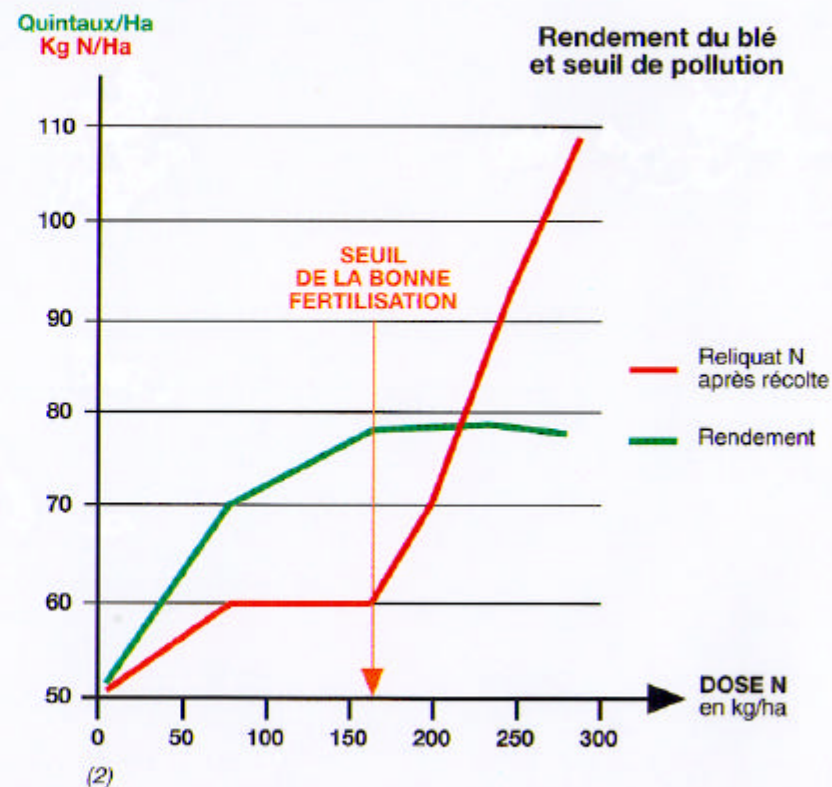
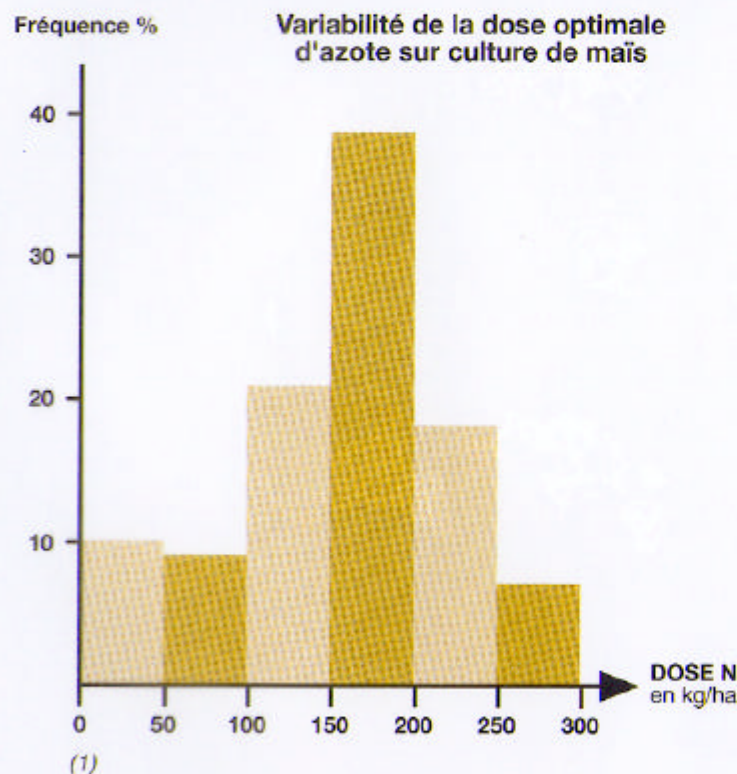


Une analyse de terre tous les 3 à 4 ans

pratique de l'analyse de terre

pratique
5/10

L'ANALYSE DE TERRE POUR LIMITER LES PERTES ET PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT



Une analyse de terre par zone parcellaire de 3 à 5 ha, pour une nouvelle agriculture de précision

Sources : (1) ITCF (82 essais sur 10 ans dans le Sud-Ouest) - (2) B. Mary - INRA

INTÉRÊTS DE L'ANALYSE DE TERRE EN RÉSUMÉ

L'ANALYSE DE TERRE POUR EXPLOITER
DURABLEMENT SON SOL



*l'analyse de terre en
suivi régulier*

L'ANALYSE DE TERRE POUR DÉTECTER
LES FACTEURS LIMITANTS



*un bilan de fertilité
complet*

L'ANALYSE DE TERRE POUR ECONOMISER



*une charge normale de
fonctionnement*

L'ANALYSE DE TERRE POUR GÉRER
LES IMPASSES P-K



*un suivi
tous les 3 à 4 ans*

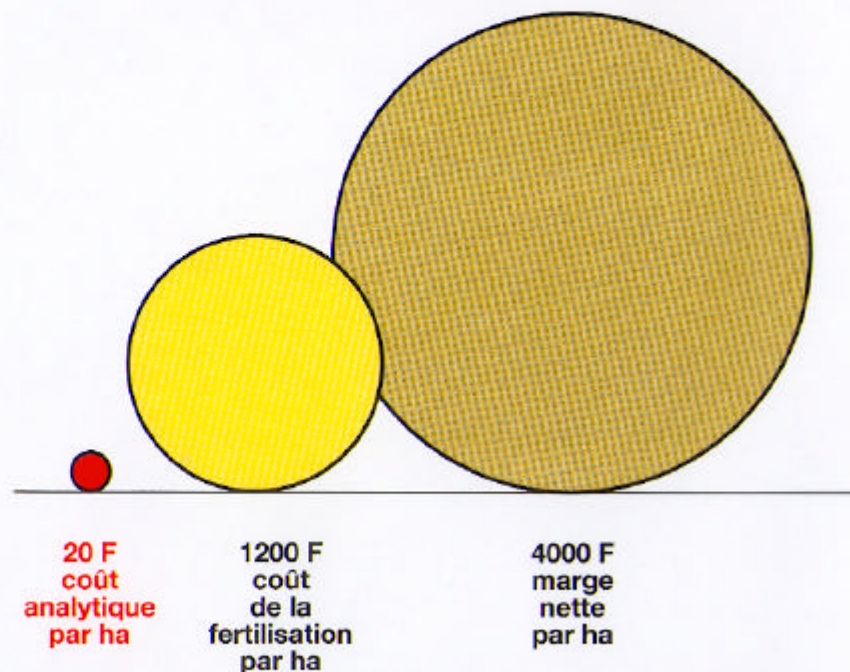
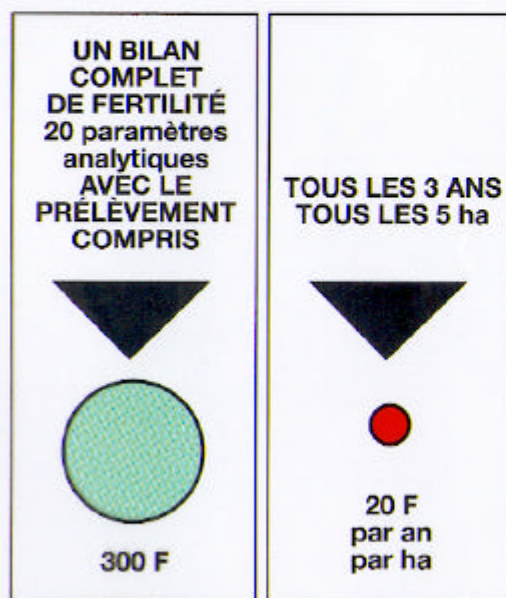
L'ANALYSE DE TERRE POUR PROTÉGER
L'ENVIRONNEMENT



*par zone parcellaire de
3 à 5 ha maximum*

LE COÛT D'UNE DÉMARCHE SUIVIE D'ANALYSE DES SOLS DE L'EXPLOITATION

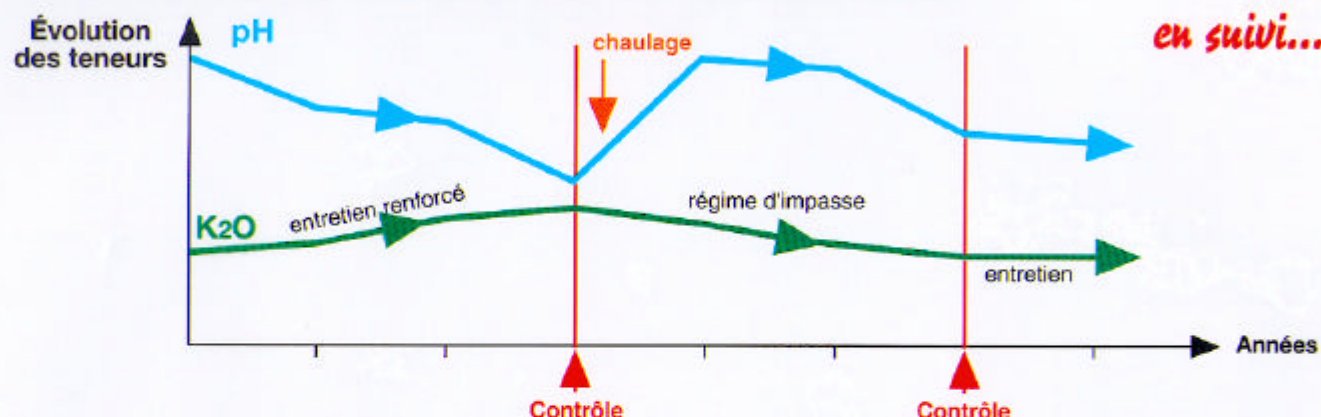
Une charge normale de fonctionnement



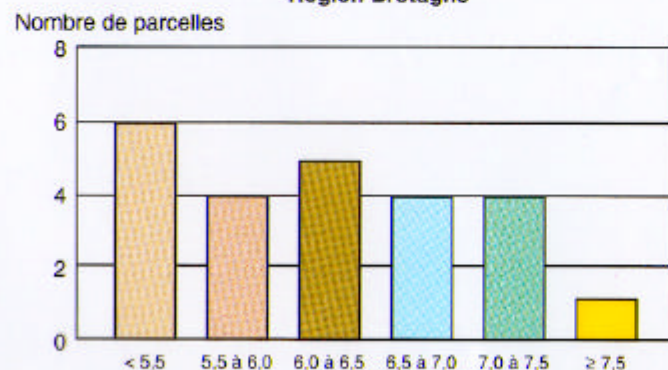
pratique de l'analyse de terre

pratique
8/10

LE SUIVI PARCELLAIRE INDIVIDUALISÉ



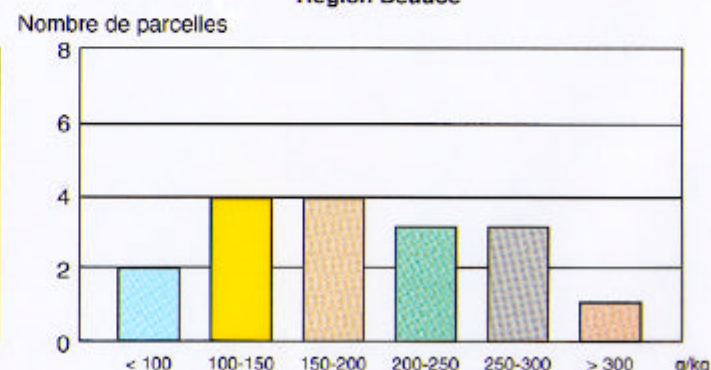
Variabilité du pH au sein d'une exploitation céréalière
Région Bretagne



Cas de 24 parcelles en sol de limon du littoral breton

(1)

Variabilité de la teneur en argile d'une même exploitation
Région Beauce



Cas de 17 parcelles en région Beauce

(2)



Sources : (1) UNCAA - (2) EUROPE-SOLS

à la parcelle...

pratique de l'analyse de terre

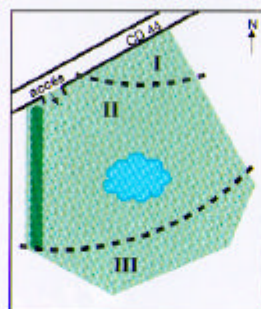
pratique
9/10

PRATIQUE DU PRÉLÈVEMENT

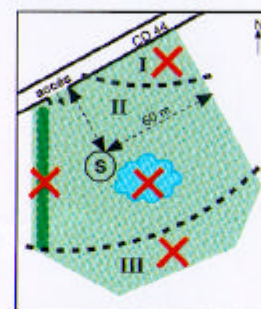
POUR RÉALISER
UN ÉCHANTILLON,
PRÉLEVER...



Repérage de la parcelle



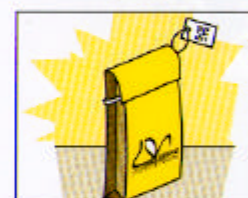
Détermination des zones
homogènes



Choix du site de
prélèvement



Mélange des
prélèvements dans
un seau propre



1 kg dans un
emballage étiqueté



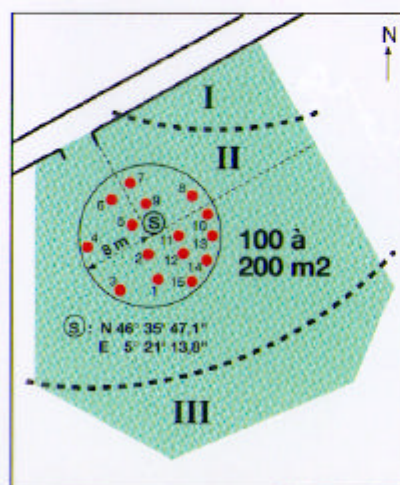
Accompagné d'une
feuille de
renseignement



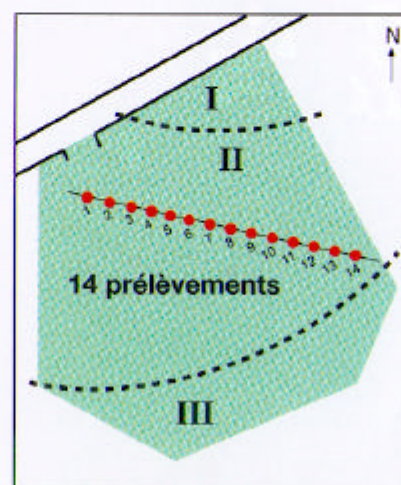
Pour le laboratoire



MÉTHODES
D'ÉCHANTILLONNAGE
14 à 16 prélèvements
élémentaires



A - dans une zone circulaire
de 6 à 8 m de rayon
norme AFNOR X31-100



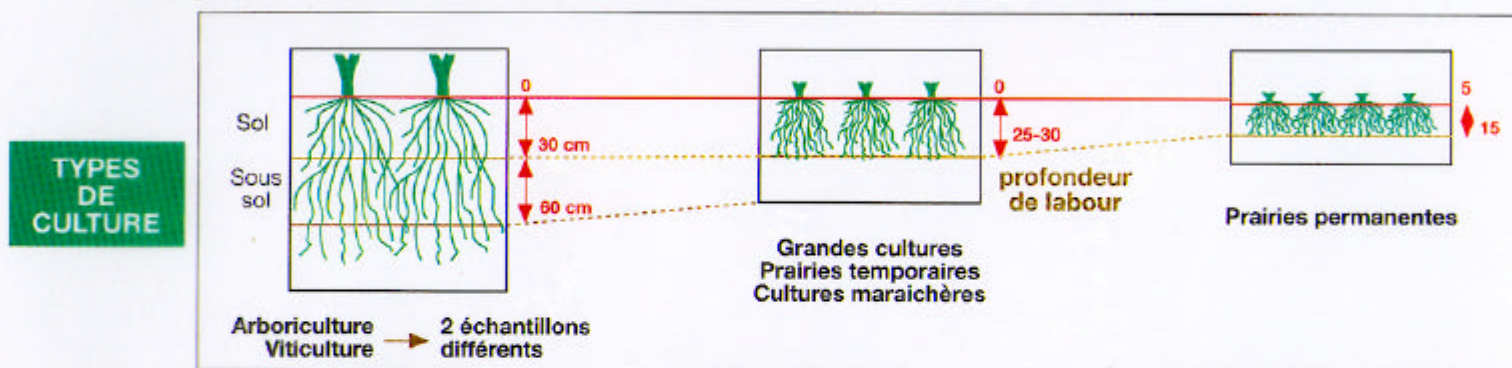
B - sur une diagonale



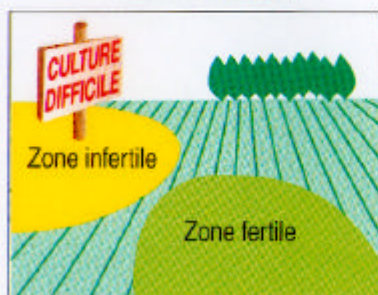
pratique de l'analyse de terre

pratique
10/10

PRATIQUE DU PRÉLÈVEMENT - CAS PARTICULIERS

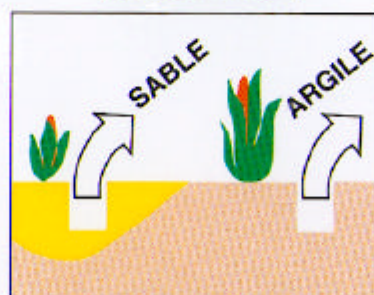


ACCIDENT



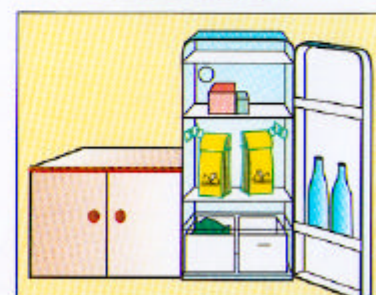
→ 2 échantillons différents

PARCELLE HÉTÉROGÈNE



→ Échantillons différents

CONTROLE DE L'AZOTE MINÉRAL



→ Stockage au froid (4° C)

l'analyse de terre aujourd'hui

LES ANALYSES AU LABORATOIRE

- 1 - LE BILAN DE FERTILITÉ = 3 GROUPES D'ANALYSES
- 2 - LE BILAN DE FERTILITÉ = 3 PRINCIPES D'ANALYSES
- 3 - LES SOLUTIONS D'EXTRACTION = SIMULER LE VÉGÉTAL
- 4 - EXEMPLE D'ANALYSE DU MILIEU NUTRITIF = ÉLÉMENTS "ASSIMILABLES"
- 5 - LE CAS DU PHOSPHORE "ASSIMILABLE"
- 6 - EXEMPLE D'ANALYSE DU MILIEU PHYSIQUE = LE CARBONE ORGANIQUE TOTAL
- 7 - EXEMPLE D'ANALYSE DU MILIEU CHIMIQUE = LE pH DANS L'EAU
- 8 - L'ANALYSE DE LA RÉPARTITION GRANULOMÉTRIQUE PAR SÉDIMENTATION
- 9 - LE CAS PARTICULIER DE L'AZOTE = AZOTE TOTAL et AZOTE MINÉRAL
- 10 - LA CHAÎNE ANALYSE DE TERRE
- 11 - LES CONTRÔLES DE QUALITÉ
- 12 - LA NORMALISATION FRANÇAISE DES ANALYSES : L'AFNOR

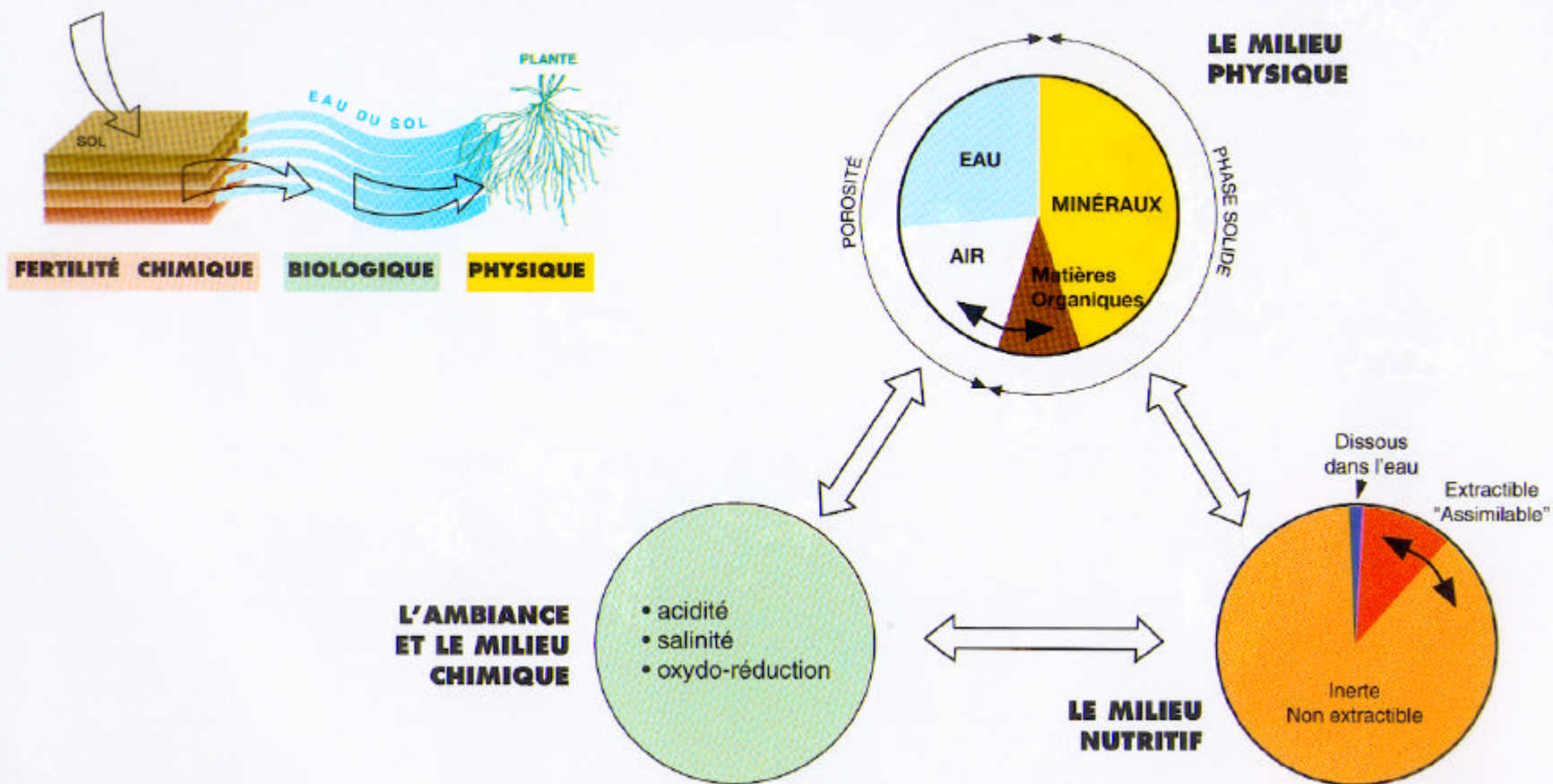


les analyses au laboratoire

au laboratoire

1/12

LE BILAN DE FERTILITÉ = 3 GROUPES D'ANALYSES



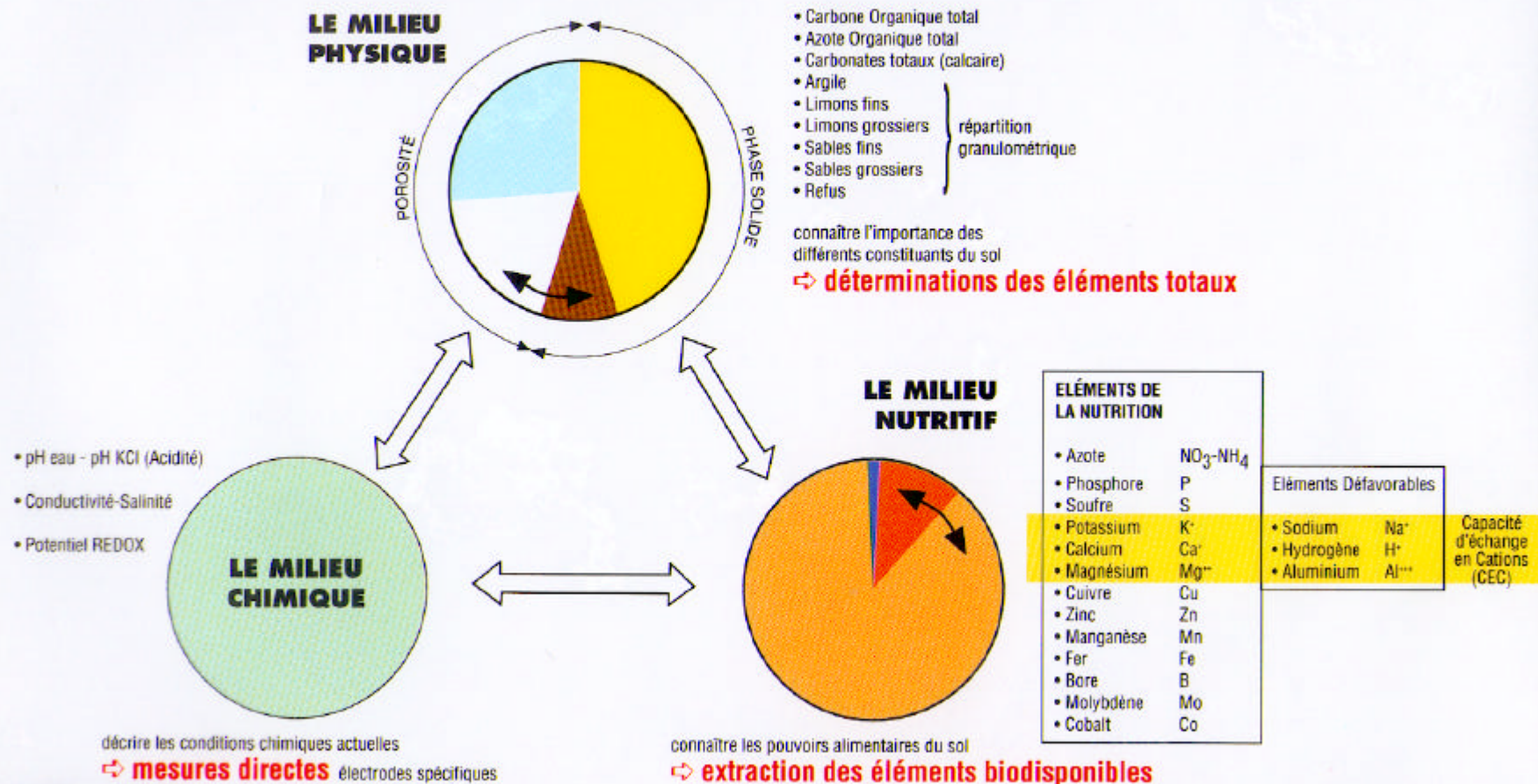
Interaction des paramètres de la fertilité

les analyses au laboratoire

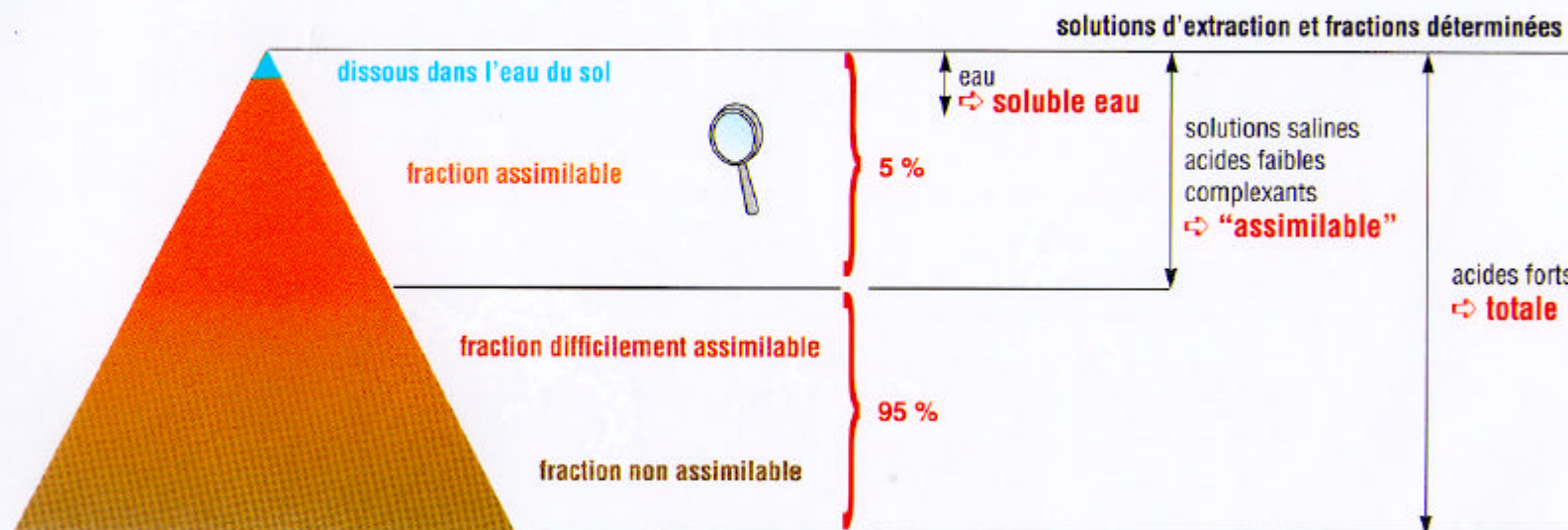
au laboratoire

2/12

LE BILAN DE FERTILITÉ = 3 PRINCIPES D'ANALYSES



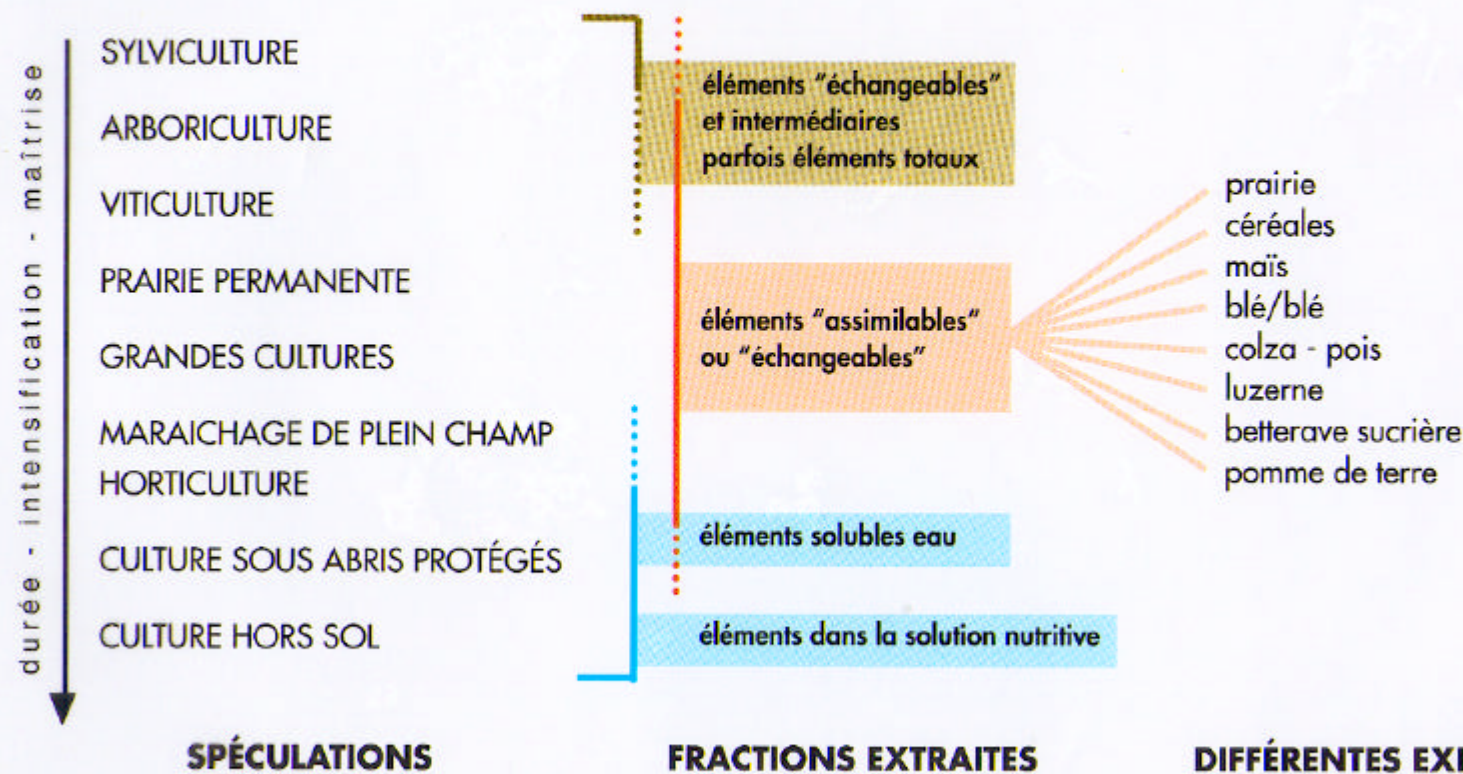
LES SOLUTIONS D'EXTRACTION



les analyses au *laboratoire*

au laboratoire
3-2/12

LES SOLUTIONS D'EXTRACTION = SIMULER LE VÉGÉTAL



des analyses adaptées aux types de culture

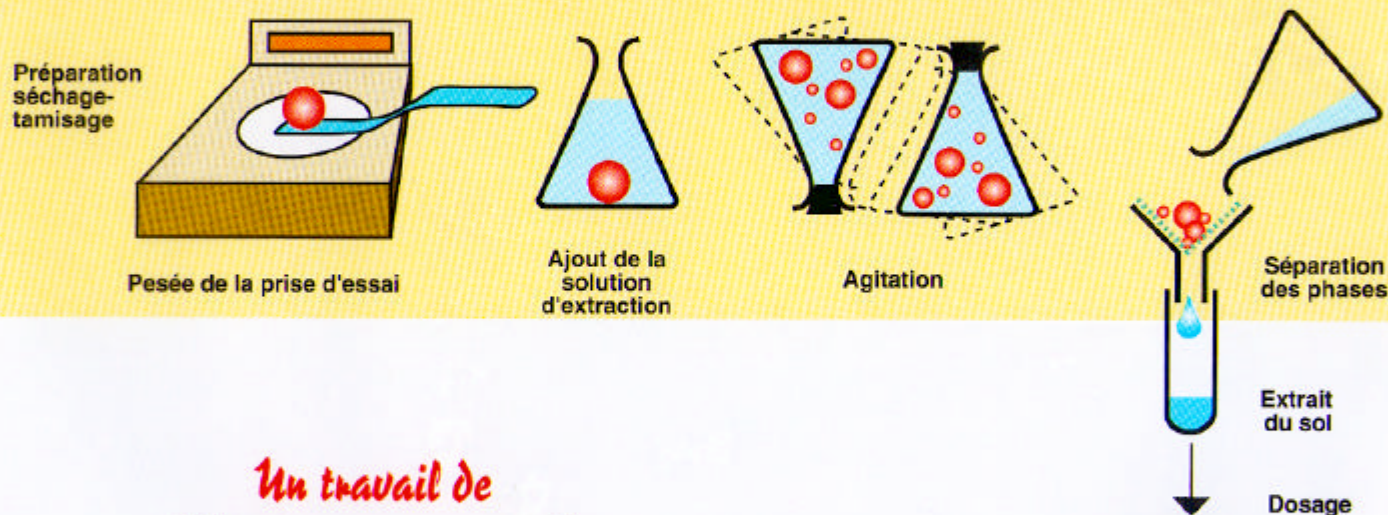
les analyses au laboratoire

au laboratoire

4/12

EXEMPLE D'ANALYSE DU MILIEU NUTRITIF ÉLÉMENTS ASSIMILABLES - NOTION D'EXTRACTION

SPÉCIFICITÉ D'UN LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS



*Un travail de
"chimie agronomique"
toujours spécifique
élément par élément*



FORMES du PHOSPHORE dans le sol

devenir des engrais Phosphatés			forme du phosphore	en % du P d'un sol	en quantité par ha	mobilité pour la plante	pouvoir extractif		
naturels	hypo- solubles	solubles eau					OLSEN	JORET	DYER
	○	●	5 % dissous dans la solution du sol	0,02 %	2 kg	directe	■	■	■
○ ○ ● ● ●	● ● ● ● ●	● ○	absorbé sur le complexe argilo-humique	5 %	500 kg	échangeable et assimilable	■ □	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
● ● ● ● ○	○ ○		95 % lié au calcium (pH > 7) à l'aluminium (pH < 6) au fer (tous pH)	95 %	10 000 kg	lentement disponible bloqué		□	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ □

méthode OLSEN : norme AFNOR X31-116
méthode JORET-HEBERT : norme AFNOR X31- 161
méthode DYER : norme AFNOR X31 - 160

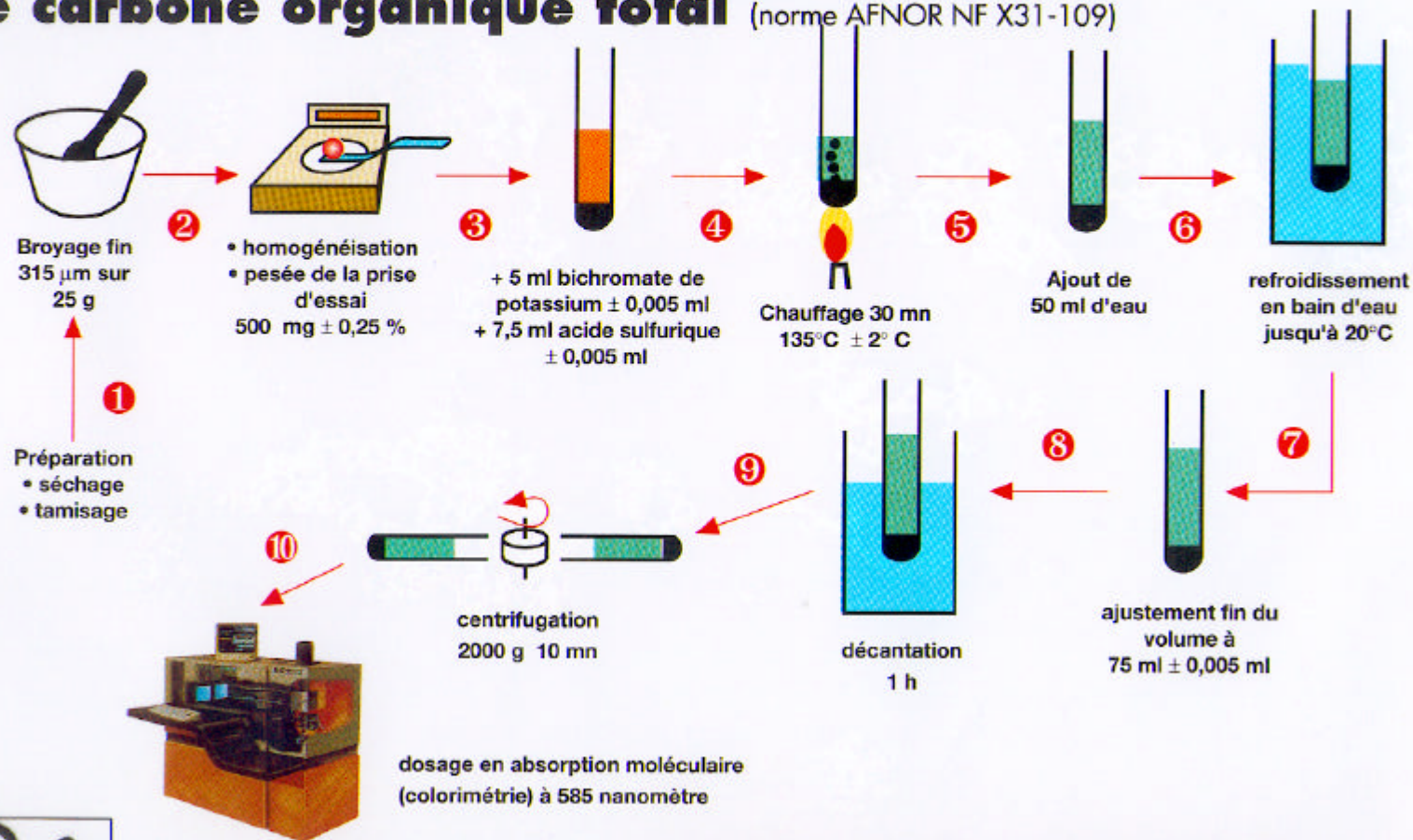


Source : F. MERELLE - EUROPE-SOILS - 1991

les analyses au laboratoire

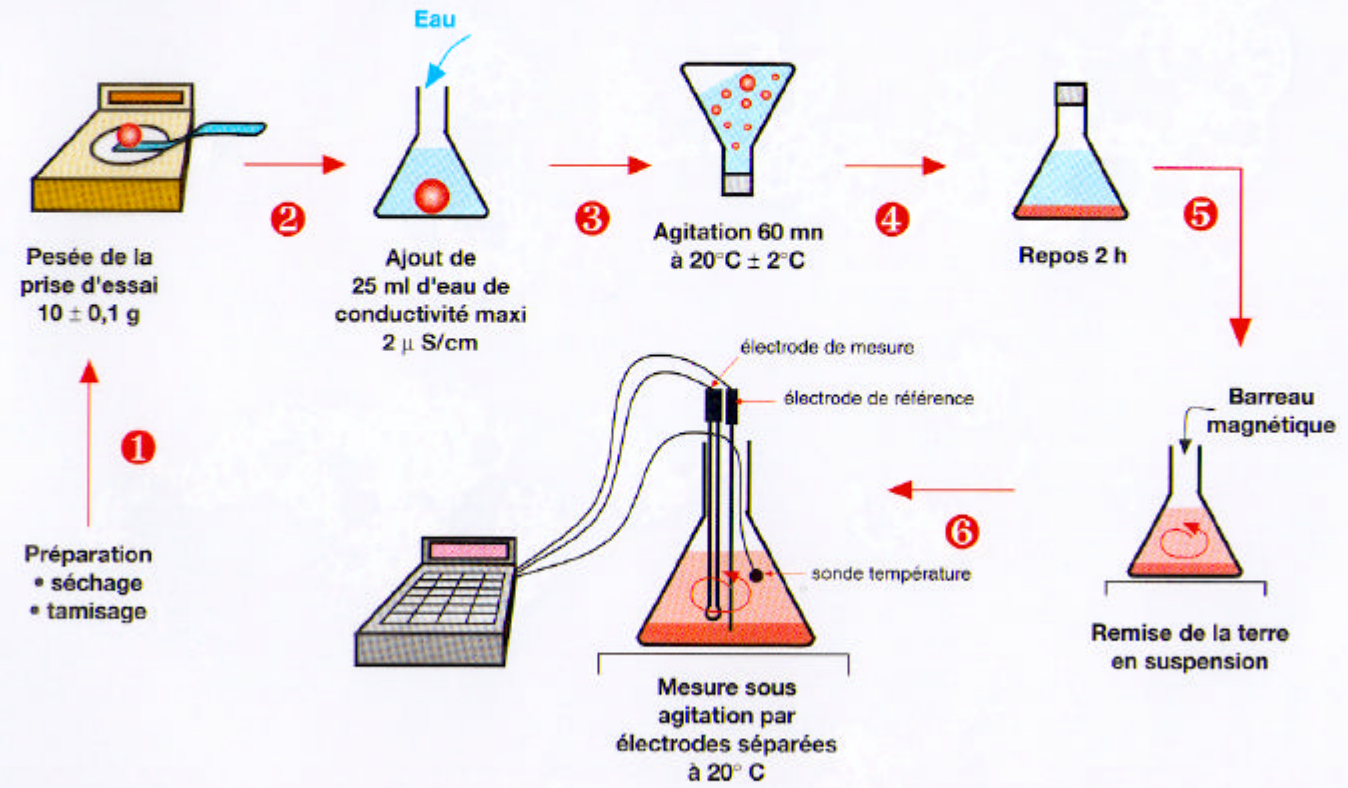
au laboratoire
6/12

EXEMPLE D'ANALYSE DU MILIEU PHYSIQUE : le carbone organique total (norme AFNOR NF X31-109)



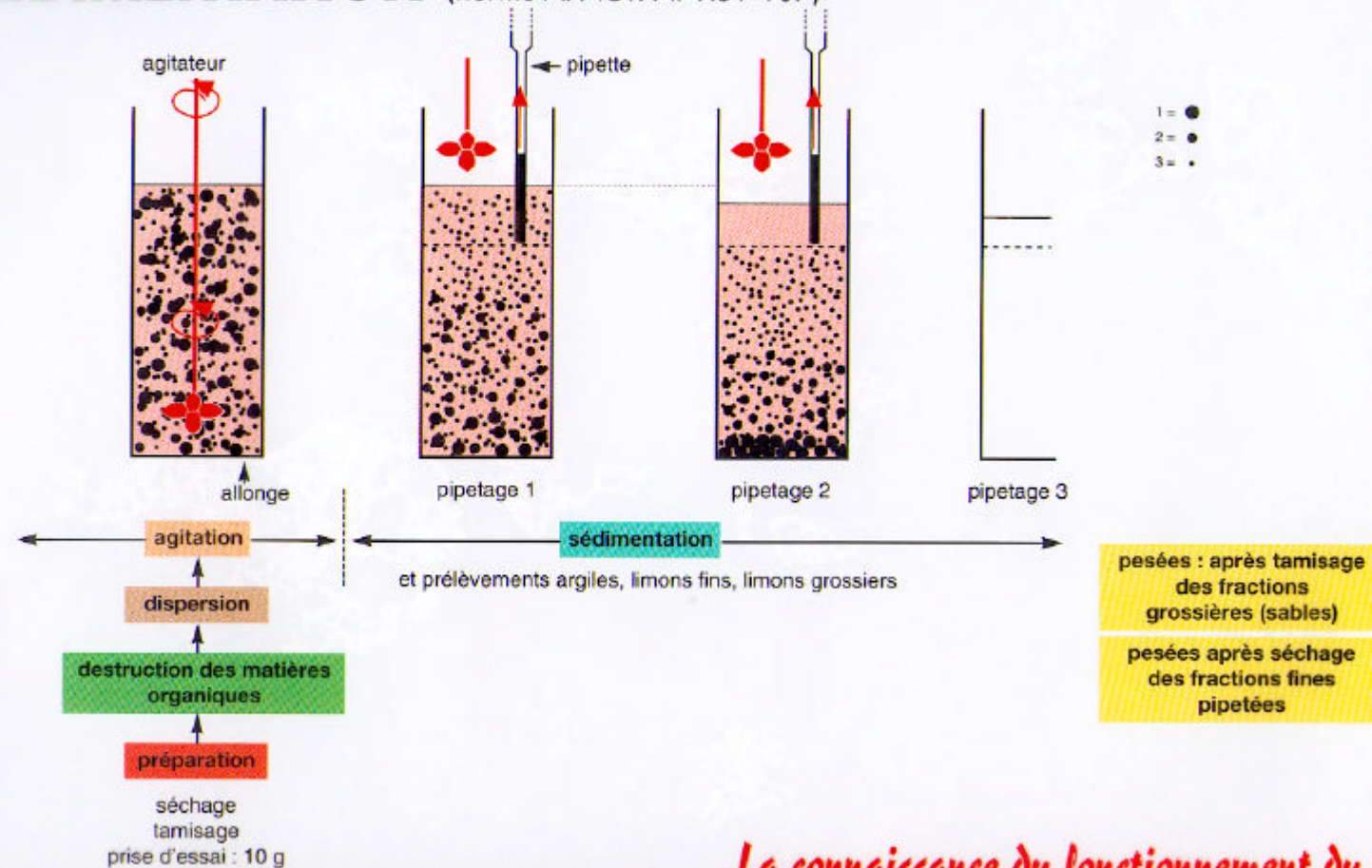
Un travail agronomique spécifique élément par élément

EXEMPLE D'ANALYSE DU MILIEU CHIMIQUE : le pH dans l'eau (norme AFNOR NF X31-103)



Un ensemble de conventions très précises pour des analyses comparables

L'ANALYSE DE LA RÉPARTITION GRANULOMÉTRIQUE PAR SÉDIMENTATION (norme AFNOR NF X31-107)

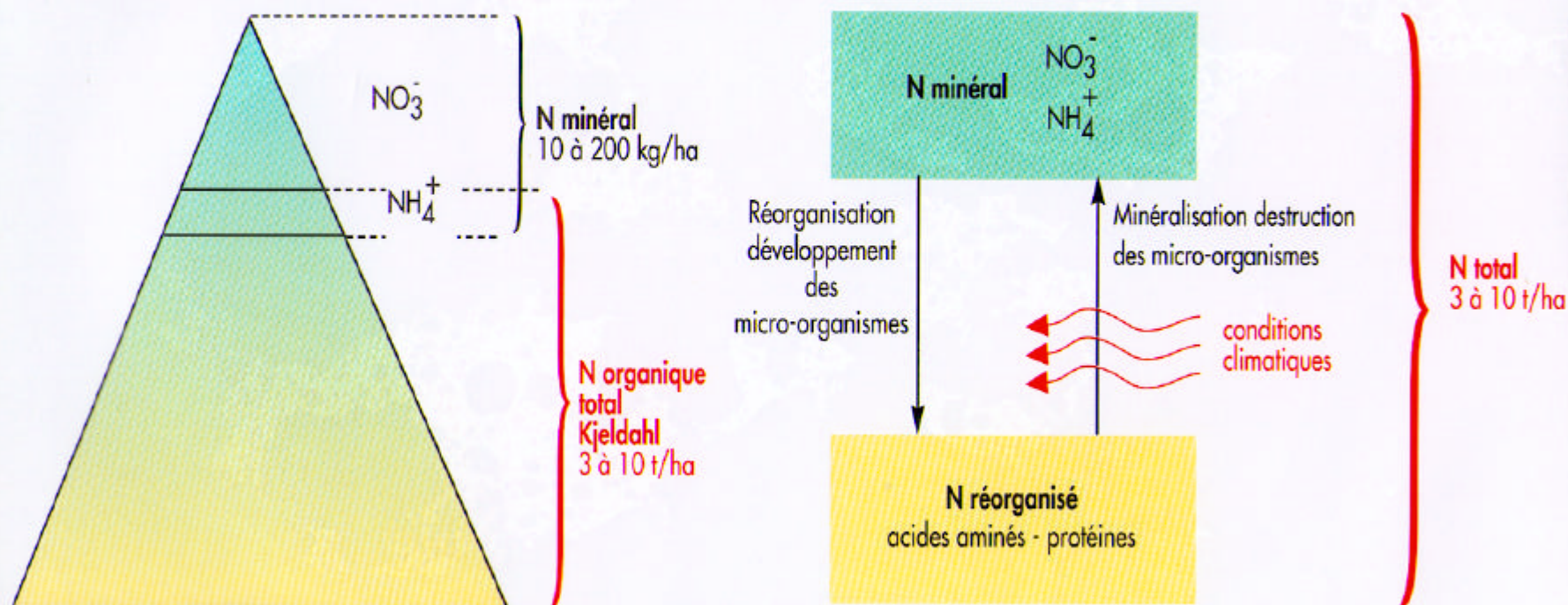


La connaissance du fonctionnement du sol

les analyses au laboratoire

au laboratoire
9/12

LE CAS PARTICULIER DE L'AZOTE Azote total et Azote minéral

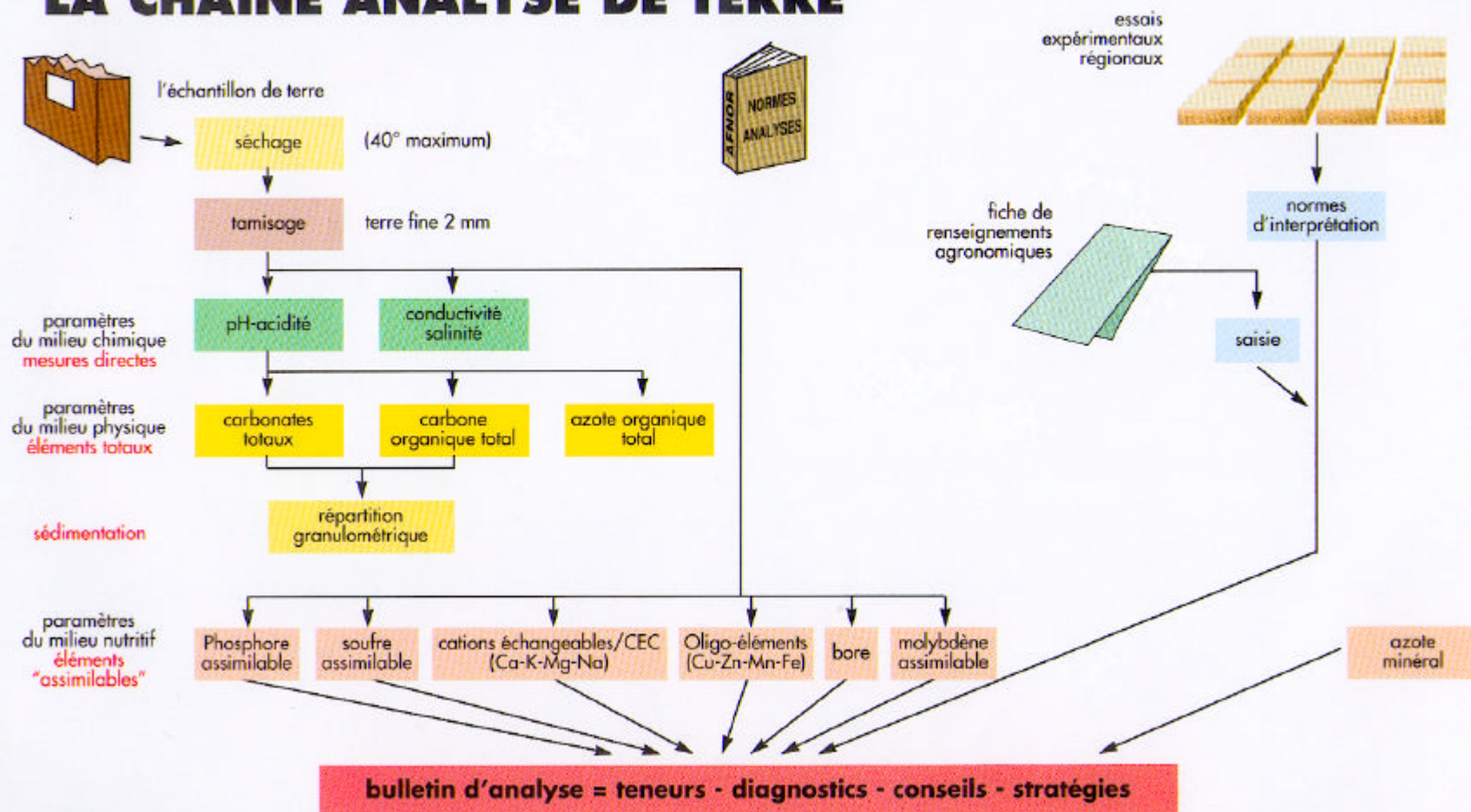


TERRE ANALYSÉE = TERRE RENTABILISÉE

les analyses au laboratoire

au laboratoire
10/12

LA CHAÎNE ANALYSE DE TERRE



Par un laboratoire du GEMAS- Agréé par le Ministère de l'Agriculture

l'analyse au laboratoire

Utiliser l'analyse de sol

LES CONTROLES DE QUALITÉ

VALIDITÉ

choisir la bonne méthode

Normes AFNOR

FIDÉLITÉ

donner toujours le même résultat

auto-contrôle permanent
par échantillons
témoins internes

JUSTESSE

donner le même résultat que
tout autre laboratoire

échanges d'échantillons
entre laboratoires
la chaîne interlaboratoire BIPEA

la reconnaissance officielle de la qualité

l'agrément annuel

du Ministère de l'Agriculture

- tous les mois analyse d'un échantillon inconnu (19 paramètres)
- visite d'experts

→ publication annuelle au Journal Officiel

la mise sous assurance qualité du laboratoire aux normes
NF EN 45001 et ISO 9002



le label de l'agrément du ministère de l'agriculture

l'analyse au Laboratoire

au laboratoire

12/12

La normalisation française des analyses - la normalisation AFNOR

1 - DÉFINITIONS

X 31-071 1983 Matériaux types - Définitions - Prélèvement

2 - ECHANTILLONNAGE

X31-100 1992 Méthode de prélèvement d'échantillons de sol

X31-101 1992 Préparation d'un échantillon de sol pour analyse de sol pour analyse physico-chimique - Séchage, émattage et tamisage à 2 mm

3 - MÉTHODES CHIMIQUES

X31-102 1981 Détermination de l'humidité résiduelle d'échantillons de sols préparés pour analyse

X31-103 1988 Détermination du pH dans l'eau - Méthode électrométrique

X31-104 1988 Détermination du pH dans une solution de KCl - Méthode électrométrique

X31-105 1982 Calcaire total - Evaluation des carbonates

X31-106 1982 Détermination du calcaire actif

X31-107 1983 Analyse granulométrique par sédimentation
Méthode de la pipette

X31-108 1992 Détermination des cations Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ extractibles par l'acétate d'ammonium
Méthode par agitation

X31-109 1993 Détermination du carbone organique par oxydation sulfochromique

X31-111 1983 Détermination de l'azote total - Méthode par distillation après minéralisation (Kjeldahl)

X31-113 1986 Détermination de la conductivité électrique d'un extrait aqueux de terre

X31-120 1992 Détermination du cuivre, du manganèse et du zinc - Extraction par l'acétate d'ammonium en présence d'EDTA

X31-121 1993 Détermination du cuivre, du manganèse, du zinc et du fer - Extraction en présence de DTPA

X31-122 1993 Extraction du bore soluble à l'eau bouillante

X31-130 1993 Détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) et des cations extractibles

X31-151 1993 Sols, sédiments, boues de station d'épuration - Mise en solution d'éléments métalliques en traces (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) par attaque acides

X31-160 1993 Détermination du phosphore soluble dans une solution à 20 g.l^{-1} d'acide citrique monohydraté - Méthode Dyer

X31-161 1993 Détermination du phosphore soluble dans une solution d'oxalate d'ammonium à $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$
Méthode Joret-Hébert



Source : AFNOR - Qualité des sols 1994

TERRE ANALYSÉE = TERRE RENTABILISÉE

l'analyse de terre aujourd'hui

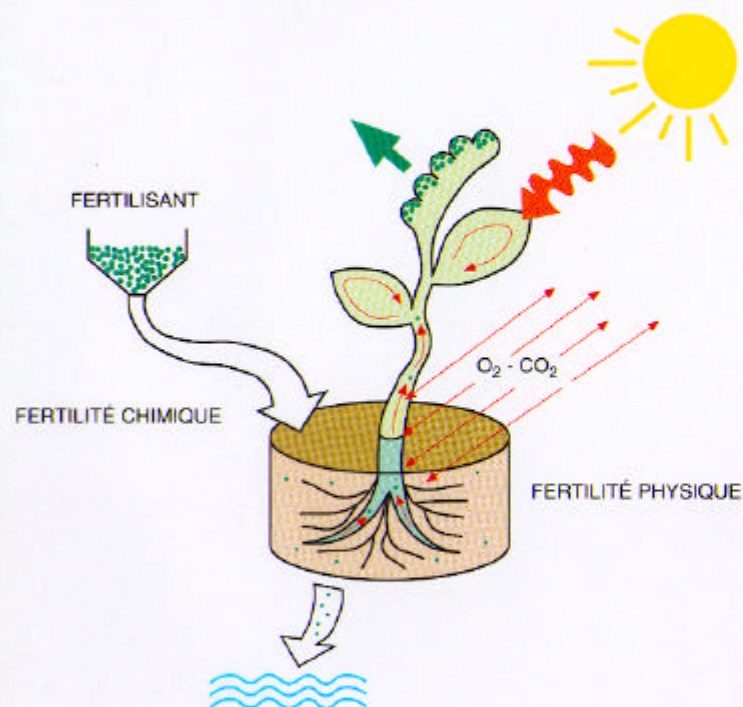
interprétation
Sommaire

CLÉS D'INTERPRÉTATION

- 1 - LA PLANTE ET LE SOL
- 2 - LE COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE (C.A.H.)
- 3 - DYNAMIQUE DES ÉLÉMENTS ASSIMILABLES
- 4 - L'ÉTAT CALCIQUE
- 5 - L'ÉTAT ORGANIQUE et C/N
- 6 - L'ÉTAT DE TEXTURE
- 7 - LA FERTILITÉ PHYSIQUE
- 8 - STRATÉGIE DE FERTILISATION
- 9 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU PHOSPHORE (P)
- 10 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU POTASSIUM (K)
- 11 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU CALCIUM (Ca)
- 12 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU MAGNÉSIUM (Mg)
- 13 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DE L'AZOTE MINÉRAL (NH_4 - NO_3)
- 14 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU SOUFRE (S)
- 15 - INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES OLIGO-ÉLÉMENTS (Cu-Zn-Fe-Mn-B-Mo)
- 16 - RÉSUMÉ DE LA FERTILISATION RAISONNÉE PAR L'ANALYSE DE SOL
- 17 - BULLETIN DE RÉSULTATS ET PLAN DE FUMURE



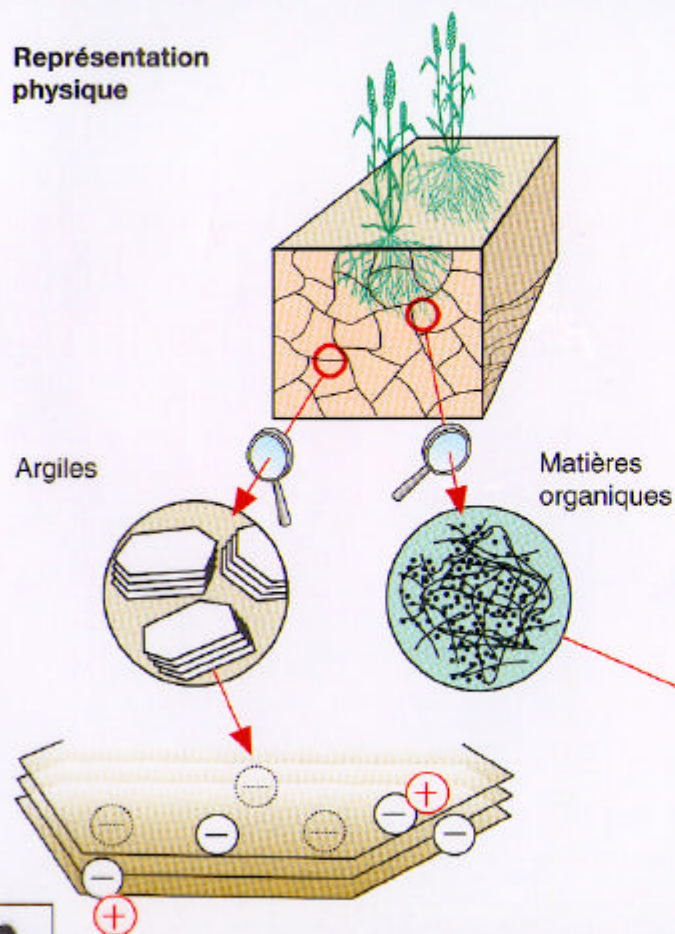
LA PLANTE ET LE SOL - LES FLUX EN JEU



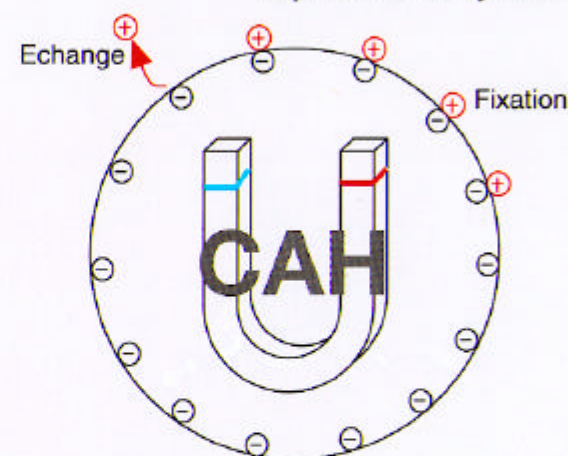
4 groupes d'éléments	quantité extractible / quantité absorbée par le végétal	
	ratio	disponibilité
O ₂ CO ₂	infiniment élevé	→ éléments gazeux ↔ aération du sol
N S	0,25 1,4	→ éléments majeurs → disponibles en faible quantité
P K Ca Mg	6 3 20 4	→ éléments majeurs → normalement disponible
Cu Zu Mn Fe B Mo	50 minimum	→ oligo-éléments → disponibles en quantités suffisantes

LE COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE (C.A.H.)

Représentation
physique

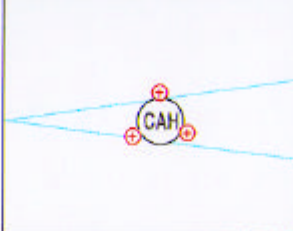
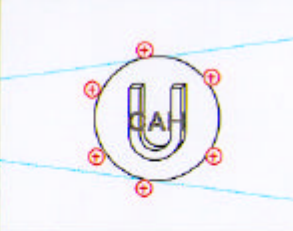
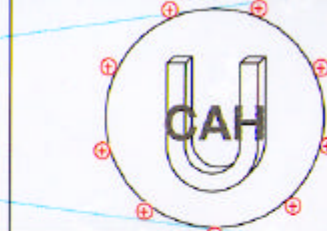
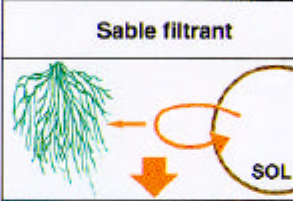
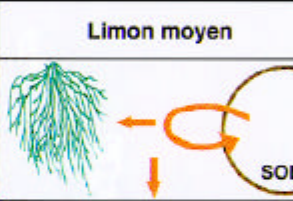
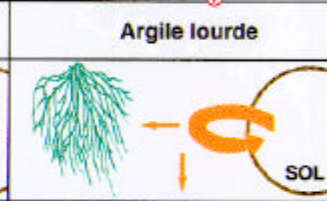


Représentation symbolique



⊖ anion
⊕ cation

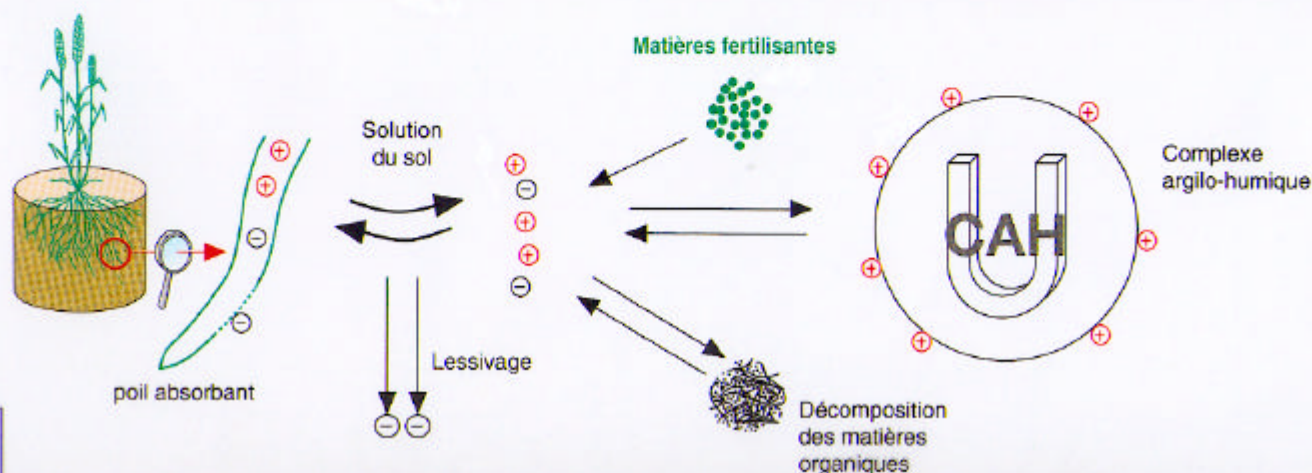
DYNAMIQUE DES ÉLÉMENTS ASSIMILABLES

		
Sable filtrant	Limon moyen	Argile lourde
		
		

lessivage

pouvoir compétiteur du sol

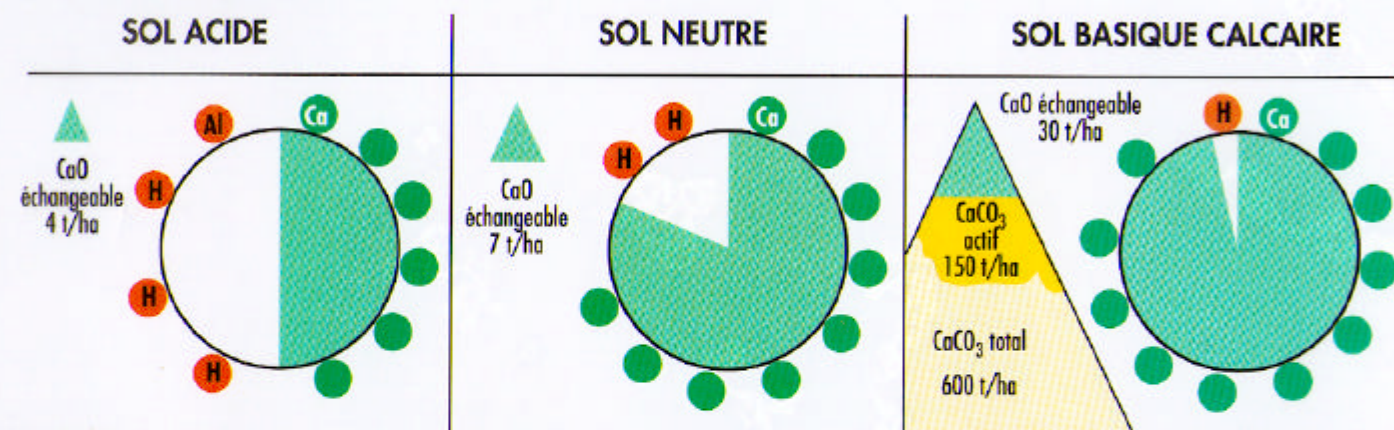
→ latitude de gestion de la fertilisation



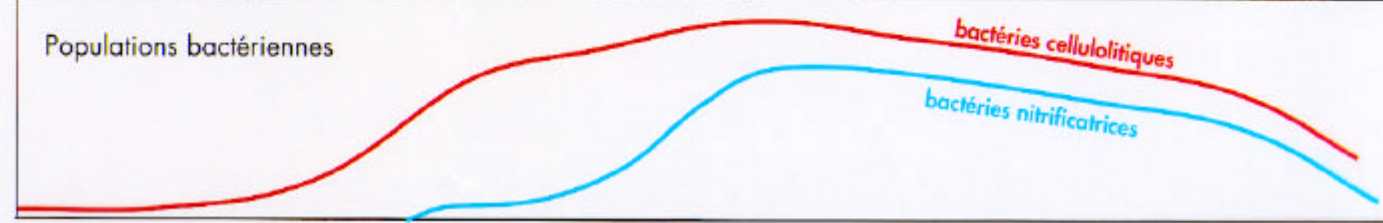
clés d'interprétation

interprétation
4-1/17

L'ÉTAT CALCIQUE



pour CEC à 100 meq/kg (= 10 cmol/kg)	pH eau : 5,0	pH KCl : 4,4	pH eau : 6,6	pH KCl : 5,3	pH eau : 8,0	pH KCl : 7,4		
	CaO éch : 1,4 g/kg - taux de saturation : 50 %		CaO éch : 2,4 g/kg - taux de saturation : 85 %		CaO éch : 9,5 g/kg - taux de saturation : 100%			
	CaCO ₃ total : 0 - CaCO ₃ actif : 0		CaCO ₃ total : 0 - CaCO ₃ actif : 0		CaCO ₃ total : 200 g/kg - CaCO ₃ actif : 50 g/kg			
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5



Activité bactérienne du sol



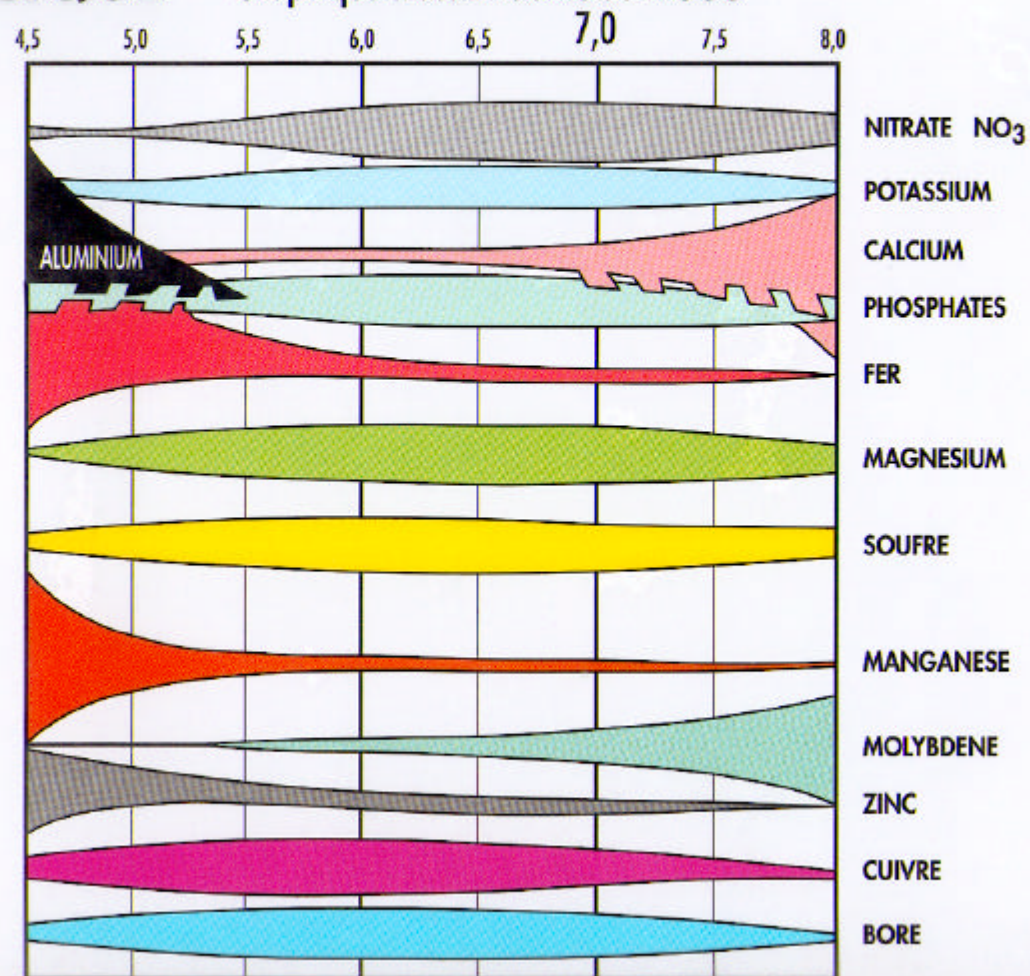
TERRE ANALYSÉE = TERRE RENTABILISÉE

clés d'interprétation

interprétation
4-2/17

L'ÉTAT CALCIQUE

Graphique d'assimilabilité de TRUOG

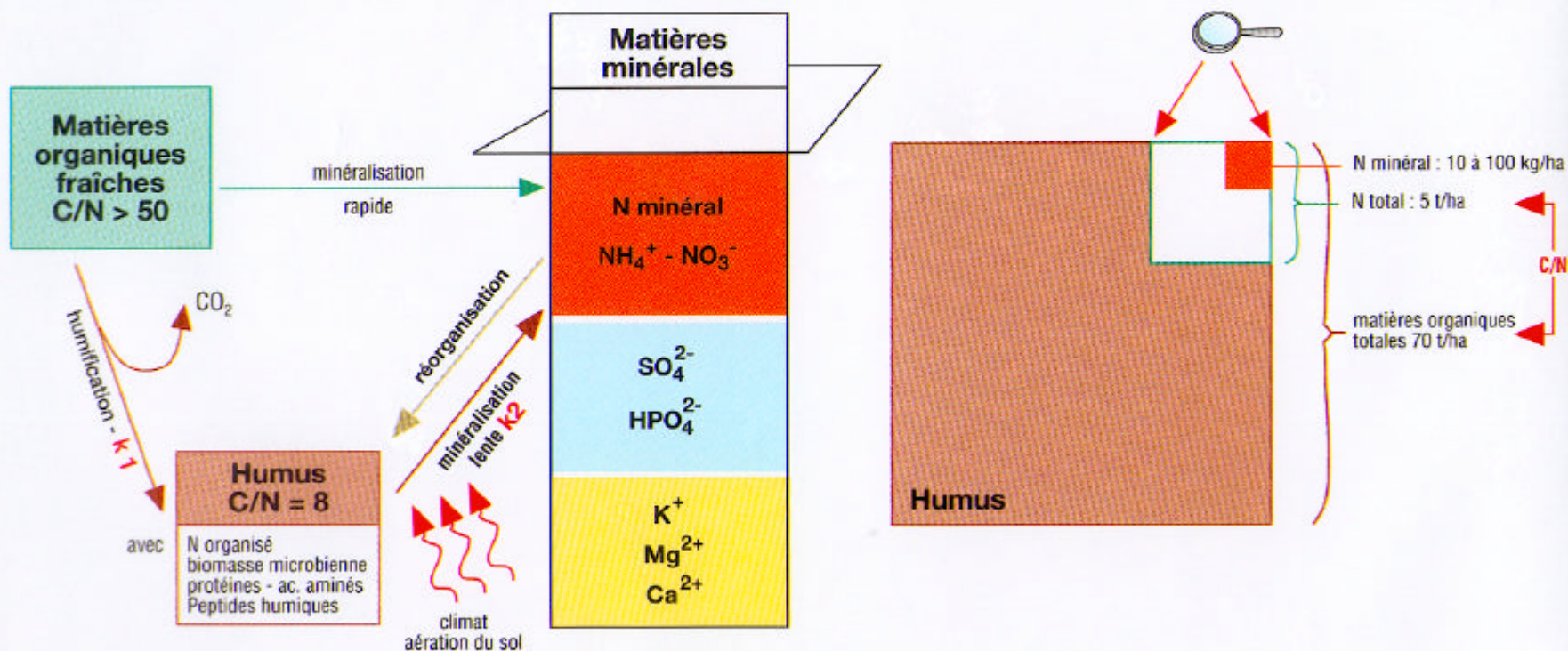


clés d'interprétation

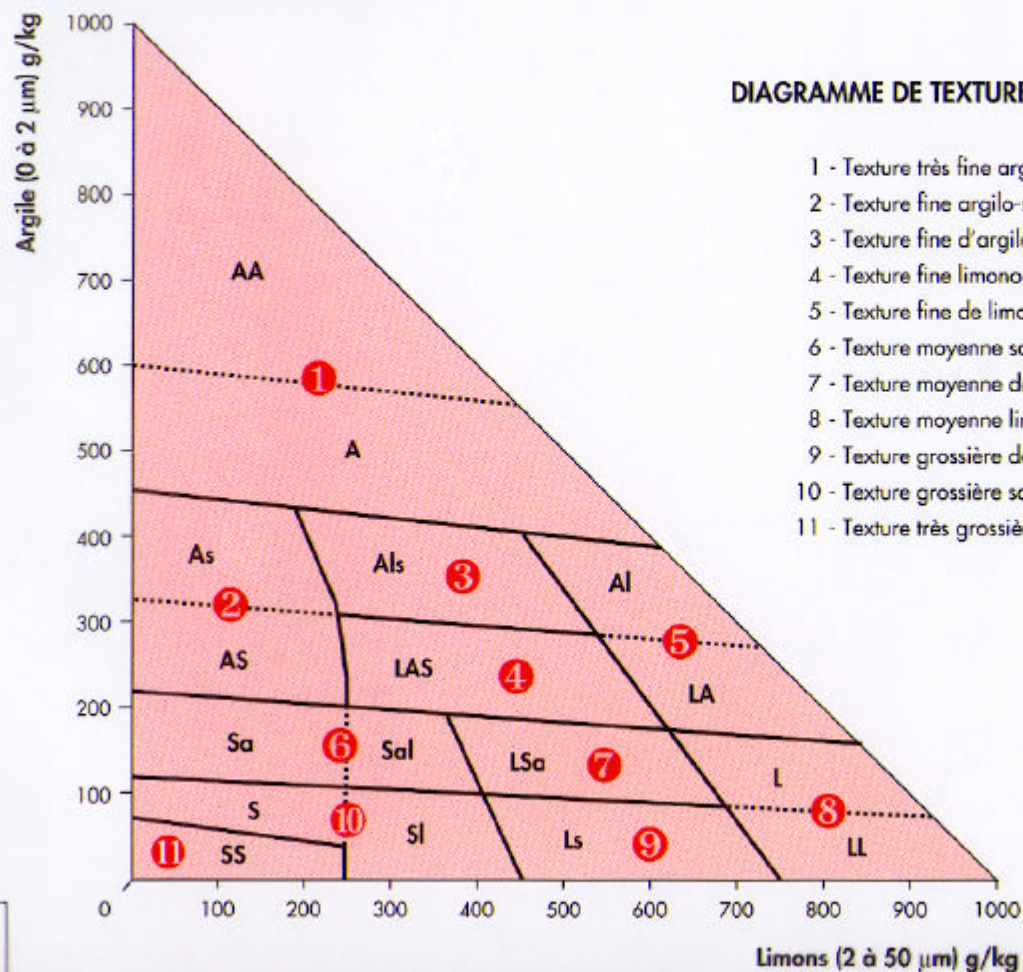
interprétation

5/17

L'ÉTAT ORGANIQUE et C/N



L'ÉTAT DE TEXTURE



- | | |
|---|-------------|
| 1 - Texture très fine argileuse | : AA et A |
| 2 - Texture fine argilo-sableuse | : As et AS |
| 3 - Texture fine d'argile limono-sableuse | : Als |
| 4 - Texture fine limono-argilo-sableuse | : LAS |
| 5 - Texture fine de limon argileux | : Al et La |
| 6 - Texture moyenne sableuse | : Sa et Sal |
| 7 - Texture moyenne de limon sablo-argileux | : LSa |
| 8 - Texture moyenne limoneuse | : L et LL |
| 9 - Texture grossière de limon sableux | : Ls |
| 10 - Texture grossière sableuse | : S et SI |
| 11 - Texture très grossière de sable | : SS |



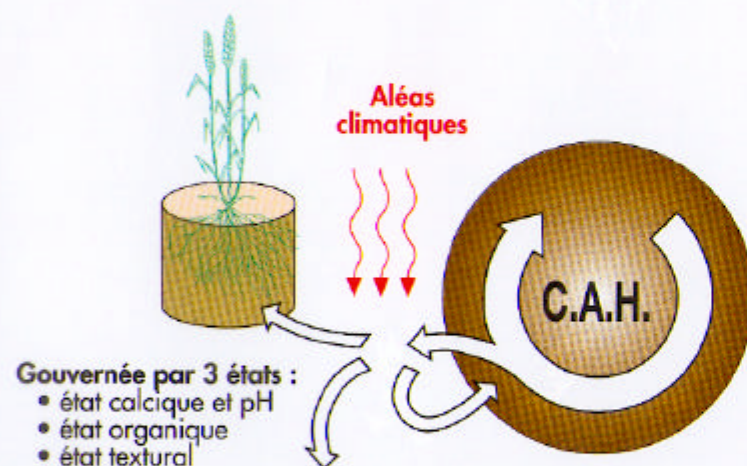
Source : G.E.P.P.A. : Groupe d'Etudes des Problèmes de Pédologie Appliquée

clés d'interprétation

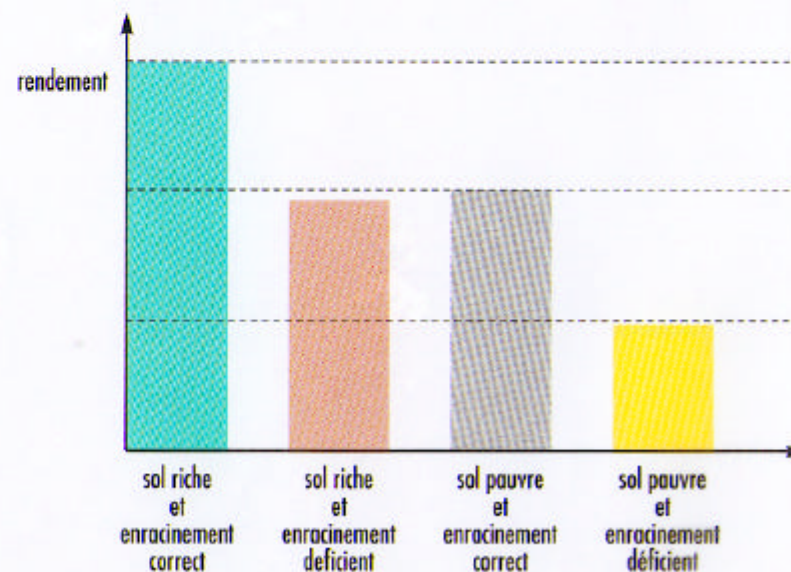
interprétation
7/17

LA FERTILITÉ PHYSIQUE

Pour un enracinement efficace
et propice à l'absorption des nutriments



Un sol riche
- oui, mais surtout propice aux racines

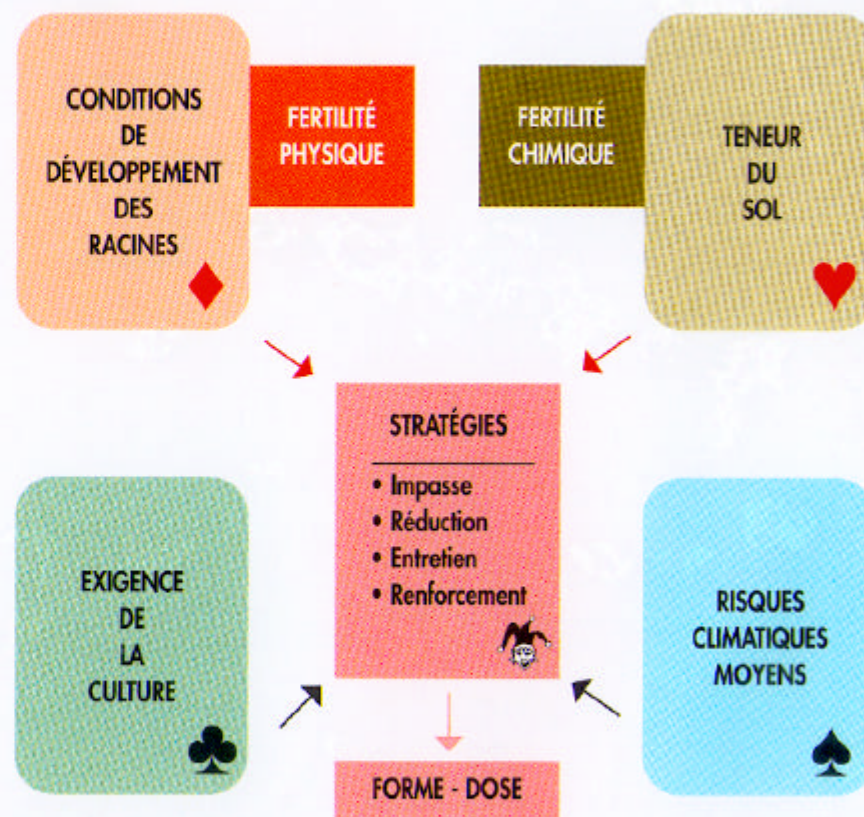
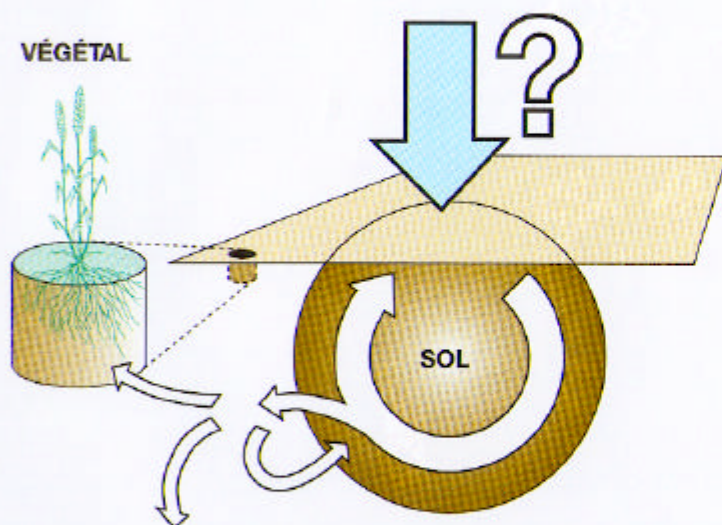


clés d'interprétation

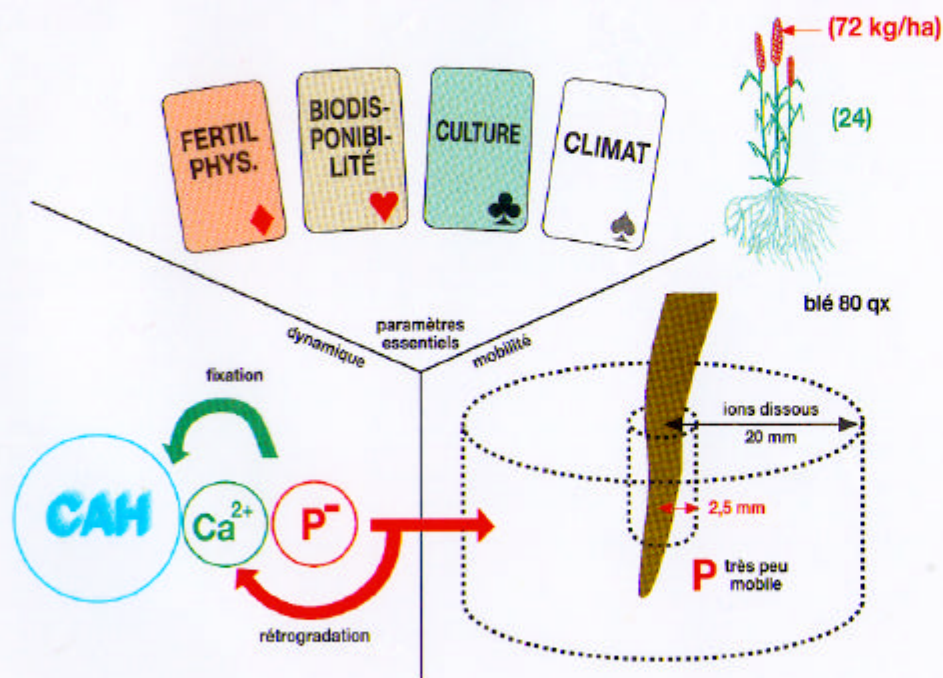
interprétation

8/17

STRATÉGIES DE FERTILISATION



INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU PHOSPHORE-P (P_2O_5 = ANHYDRIDE PHOSPHORIQUE)



STRATÉGIES DE FERTILISATION

CULTURE ♣ exigence culture	BIODISPONIBILITÉ/FERTILITÉ CHIMIQUE ♥ nombre d'années sans apport	teneur du sol			FERTILITÉ PHYSIQUE ♦ Si efficience des racines défavorable
		T_{renf}	T_{imp}		
FORTE	1 ou +	E+R	E+R	E+R	E+
	0	E+R	E	E	
MOYENNE	2 ou +	E+R	E+R	E	E ou E+
	1	E+R	E	E	
FAIBLE	0	E+R	E	I	E ou E+
	2 ou +	E	E	I	

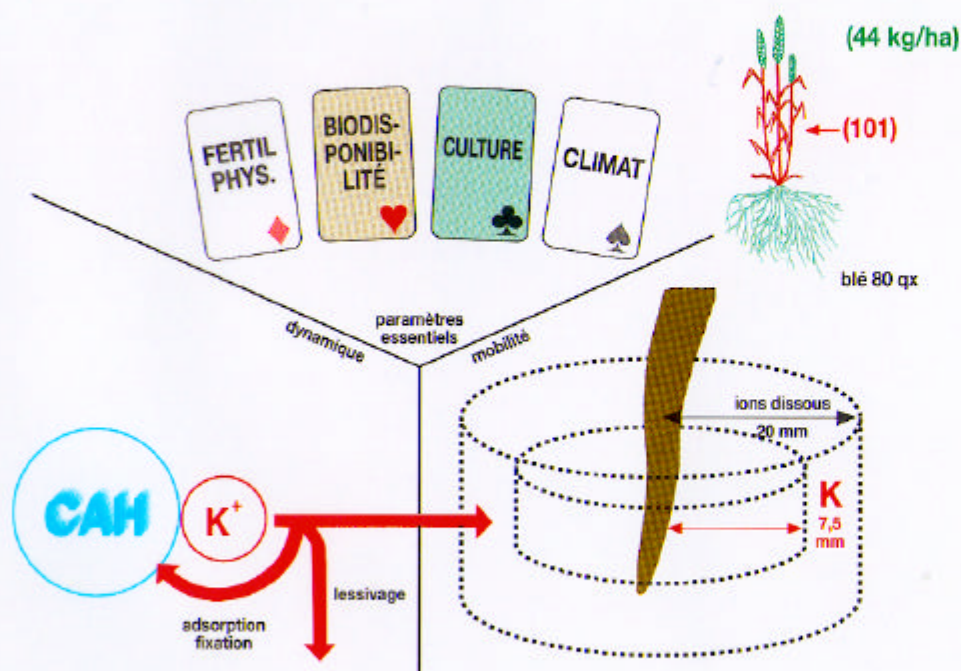
I : Impasse
E : Entretien
E+R : Entretien + Renforcement/Redressement

(1)



Source : (1) COMIFER 93

INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU POTASSIUM-K (K_2O = POTASSE)



STRATÉGIES DE FERTILISATION

CULTURE ♣	BIODISPONIBILITÉ/FERTILITÉ CHIMIQUE ♥				
	exigence culture	résidus du précédent	nombre d'années sans apport	teneur du sol	
				T_{renf}	T_{imp}
FORTE	exportés		/	E+R	E+R
	restitués	1 ou +		E+R	E+R
MOYENNE	exportés	0		E+R	E
		1 ou +		E+R	E+R
	restitués	0		E+R	E
		1 ou +		E+R	E+R
FAIBLE	exportés	0		E	E
		1 ou +		E	E
	restitués	0		E	E
		1 ou +		E	E

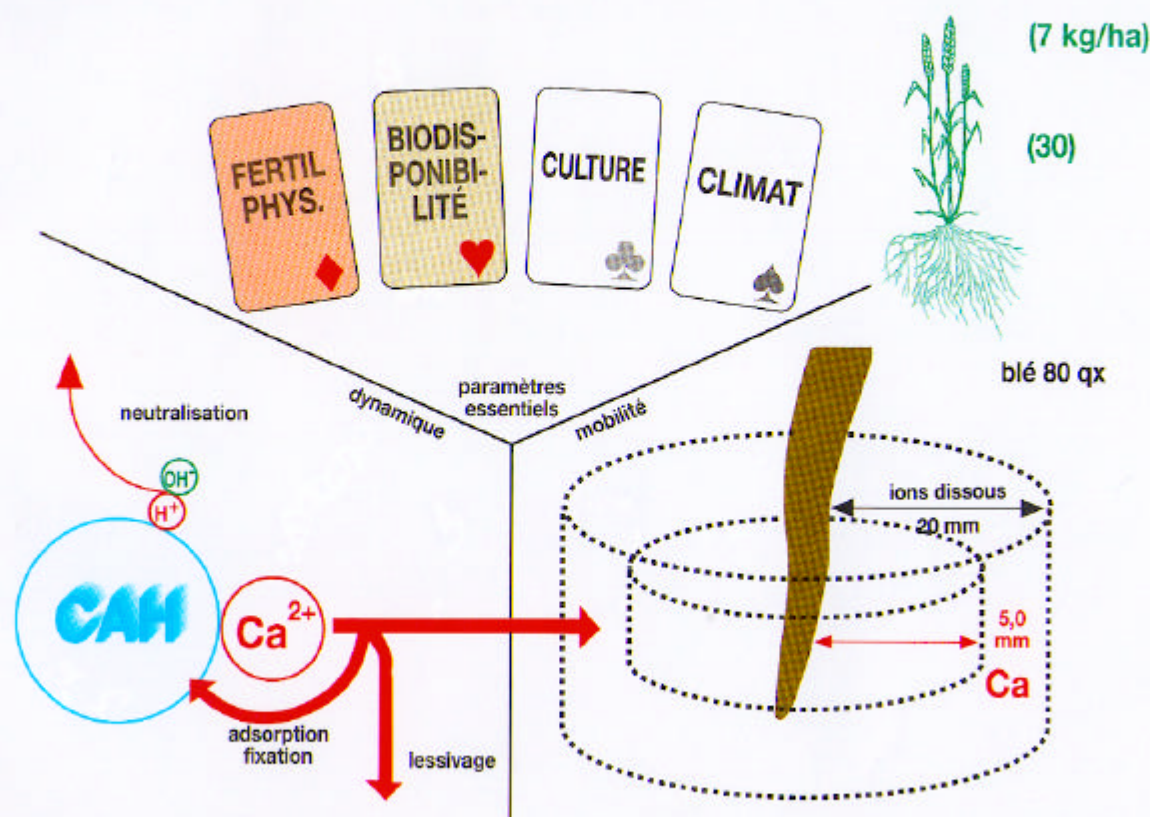
I : Imposse
 E : Entretien
 E+R : Entretien + Renforcement/Redressement

(1)

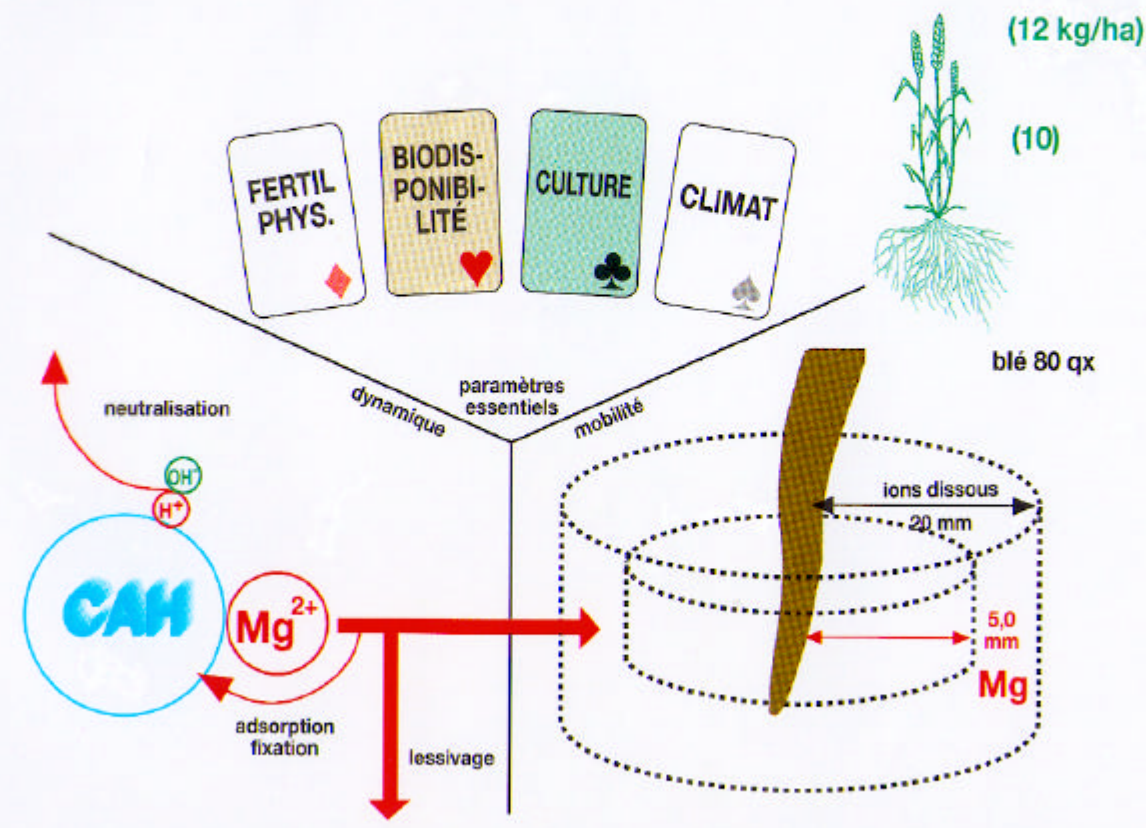


Source : (1) COMIFER 93

INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU CALCIUM-Ca (CaO = CHAUX)



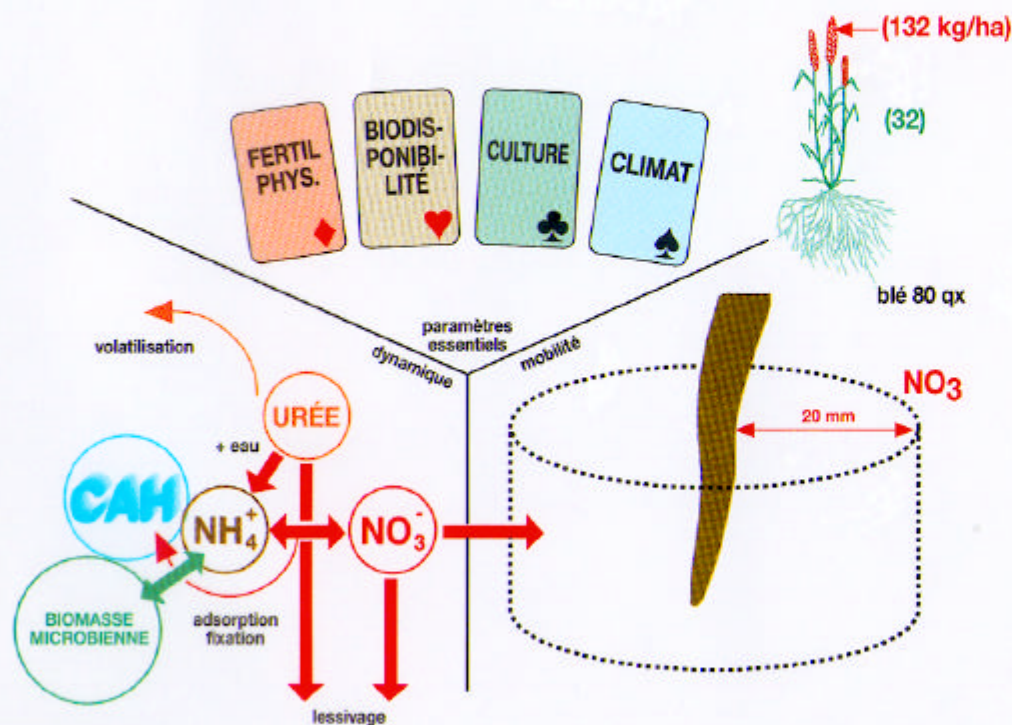
INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU MAGNESIUM-Mg (MgO = MAGNÉSIE)



INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DE L'AZOTE MINÉRAL

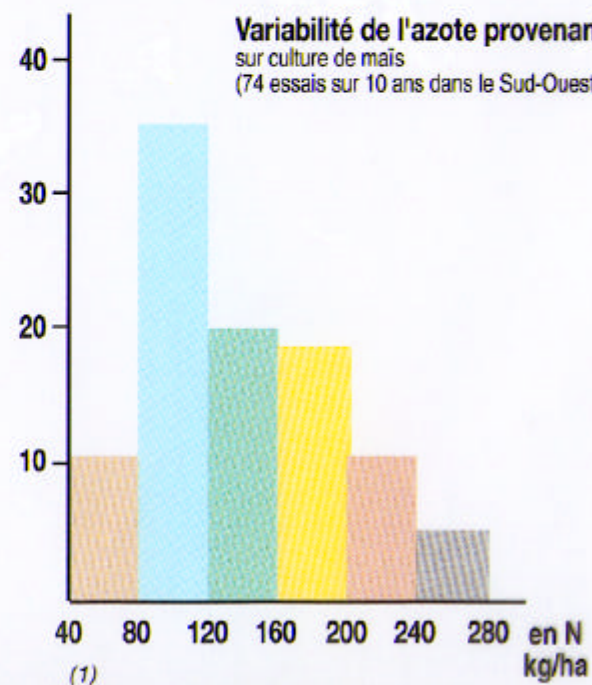
(NH_4 = AMMONIUM)

(NO_3 = NITRATE)



Fréquence % ♥♠

Variabilité de l'azote provenant du sol
sur culture de maïs
(74 essais sur 10 ans dans le Sud-Ouest)



Source : (1) ITCF

INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DU SOUFRE (S) - (SO_4 = SULFATE)

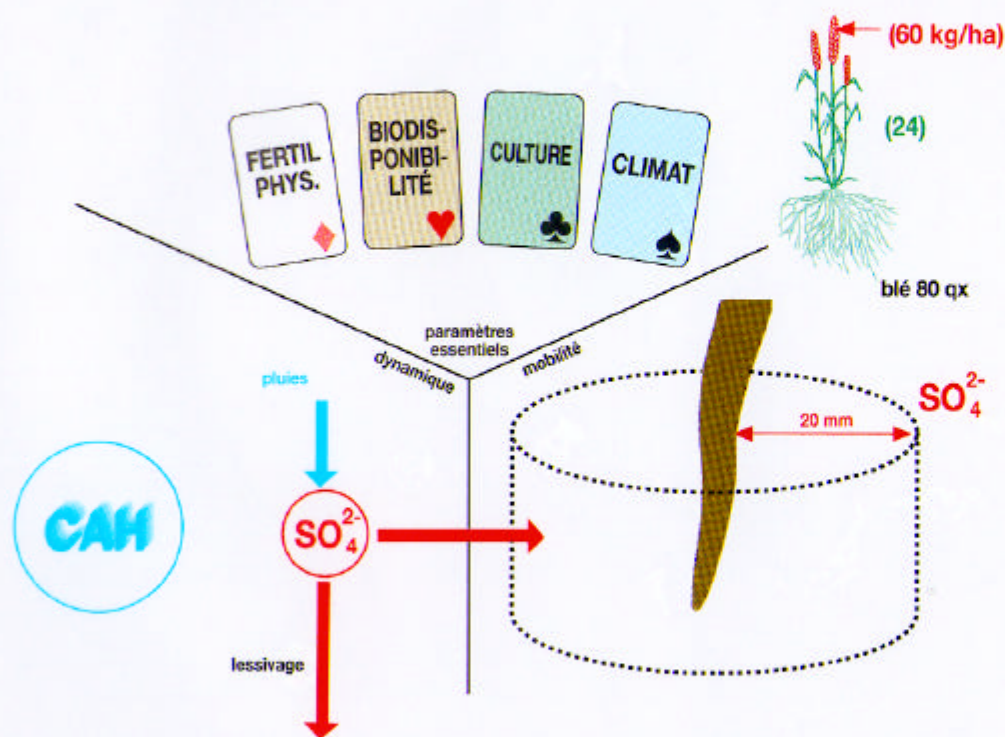


TABLEAU D'EXIGENCE DES CULTURES ♣

Cultures très exigeantes	Colza, choux, moutarde, ail, oignon, luzerne, graminées fourragères
Cultures moyennement exigeantes	Céréales à paille, maïs, pomme de terre, betterave (sucrière et fourragère)
Cultures peu exigeantes	Toutes les autres

(1)

clés d'interprétation

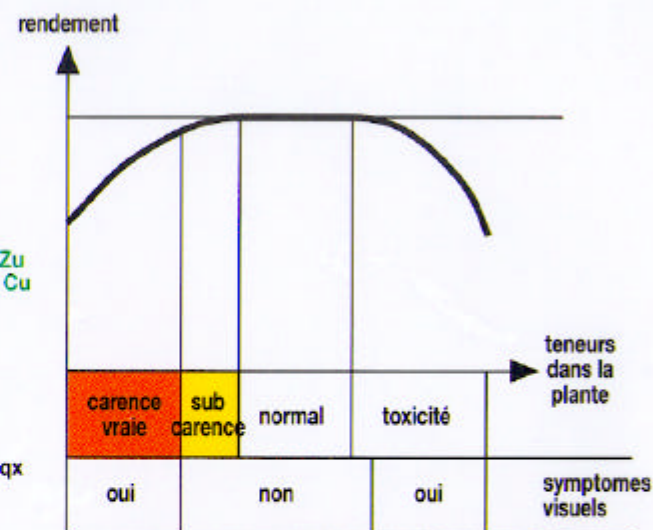
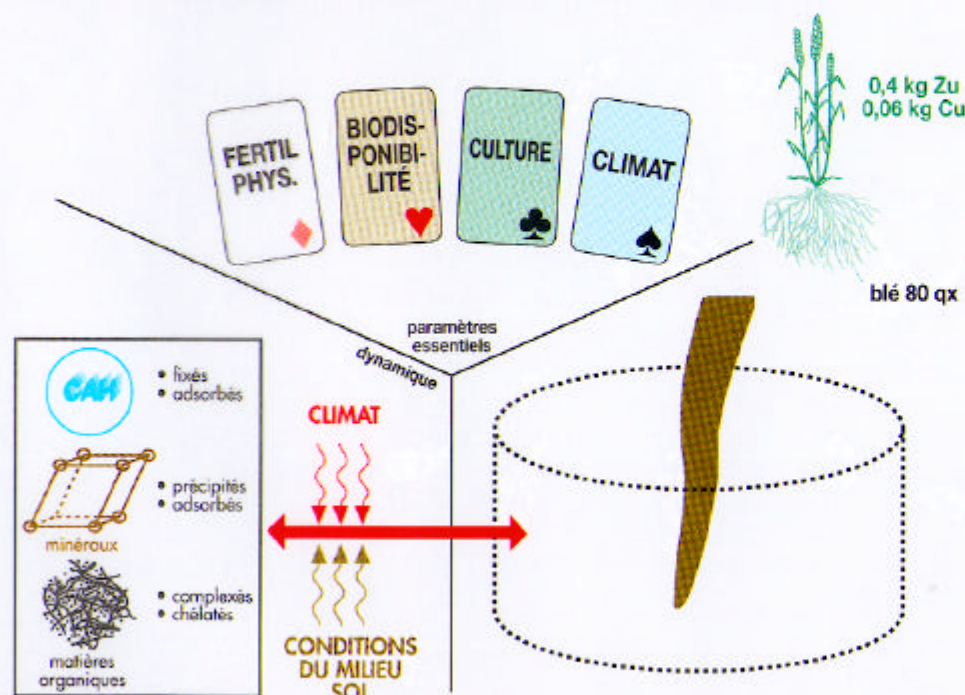
interprétation

15/17

INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES OLIGO-ELEMENTS

(Cuivre - Zinc - Fer - Manganèse - Bore - Molybdène)

(Cu Zn Fe Mn B Mo)



STRATÉGIES

sensibilité culture	condition du milieu	BIODISPONIB./FERT. CH. ♥	
		teneur du sol	
		T ₁	T ₂
FORTE	défavorable		
	favorable		
MOYENNE	défavorable		
	favorable		
FAIBLE	défavorable		
	favorable		

risques de carence vraie
risques de sub-carence

(1)



Source : (1) B. COLOMB - INRA

Résumé de la fertilisation raisonnée par l'analyse de terre

	N $\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$	P H_2PO_4^-	K K^+	Ca Ca^{++}	Mg Mg^{++}	S SO_4^{2-}	OLIGOS $\text{B}(\text{OH})_4^- - \text{Fe}^{2+} - \text{Mn}^{3+}$ $\text{MgO}_4^{2-} - \text{Cu}^{2+} - \text{Zn}^{+}$
INDICATEURS ANALYTIQUES	N minéral + MO activité biologique texture	P "assimilable" + pouvoir fixateur structure du sol (texture) calcaire	K "échangeable" + CAH	Ca "échangeable" + CAH pH eau/pH KCl	Mg "échangeable" + CAH	S "assimilable" + MO activité biologique texture	élément "assimilable" + pH/calcaire MO/CAH
POLLUANT	oui	oui avec érosion seulement	non	non	non	non	toxicité végétale par accumulations
ABSORBE SUR LE CAH	NO_3^- non NH_4^+ oui	oui par intermédiaire Ca^{2+} + rétrogradation	oui	oui	oui	non	oui et complexés par M.O.
LESSIVAGE PAR LES PLUIES	NO_3^- importante NH_4^+ non	non sauf érosion	souvent négligeable sauf sol sableux	variable dépend de la texture	variable dépend de la texture	oui	non
FORMES FERTILISANTES DISPONIBLES	plusieurs formes non équivalentes	variées et non équivalentes formes $\pm$ solubles eau	pas de problèmes particuliers sauf salinité excessive	variées non équivalentes en efficacité et rapidité	pas de problèmes particuliers hors oxydes parfois formes amendantes	pas de problèmes particuliers	variées et équivalentes en efficacité

MO = Matières Organiques - CAH = Complexe Argilo Humique



Source : J. DECROUX - EUROPE-SOLS - 1996

clés d'interprétation

interprétation
17/17

BULLETIN DE RESULTATS ET PLAN DE FUMURE

1

DIAGNOSTIC DU SOL

- teneur en élément assimilable
- potentiel de production
- bilan de fertilité physique et chimique
- contraintes et points à surveiller

- AFNOR
+ - REFERENTIEL REGIONAL



exigence
sensibilité

2

STRATÉGIES

bio-disponibilité

décision agriculteur

	N	P	K	Ca	Mg	S	Olig	N	P	K	Ca	Mg
☐ remonter la richesse du sol (redresser)												
☐ compléter l'offre du sol (renforcer)												
☐ maintenir la richesse du sol								X		X	X	
☐ restituer les exportations seules												
☐ prévenir les risques de sous-alimentation												
☐ baisser la richesse du sol (déstocker)									X			
☐ comptabiliser les différents produits organiques								X	X	X	X	

3

PLAN DE FUMURE

- kg éléments par ha
- formes de l'élément
- dates des apports

RÉFÉRENTIEL RÉGIONAL

BESOINS

PRÉVISION DES PERTES

SOL



TERRE ANALYSÉE = TERRE RENTABILISÉE

1^{er} GEMAS
sommaire

Utiliser l'analyse de sol

le **GEMAS**

LE GEMAS

- 1 - LES RÔLES DU GEMAS
- 2 - RÉPARTITION NATIONALE
- 3 - ORIGINE DES LABORATOIRES



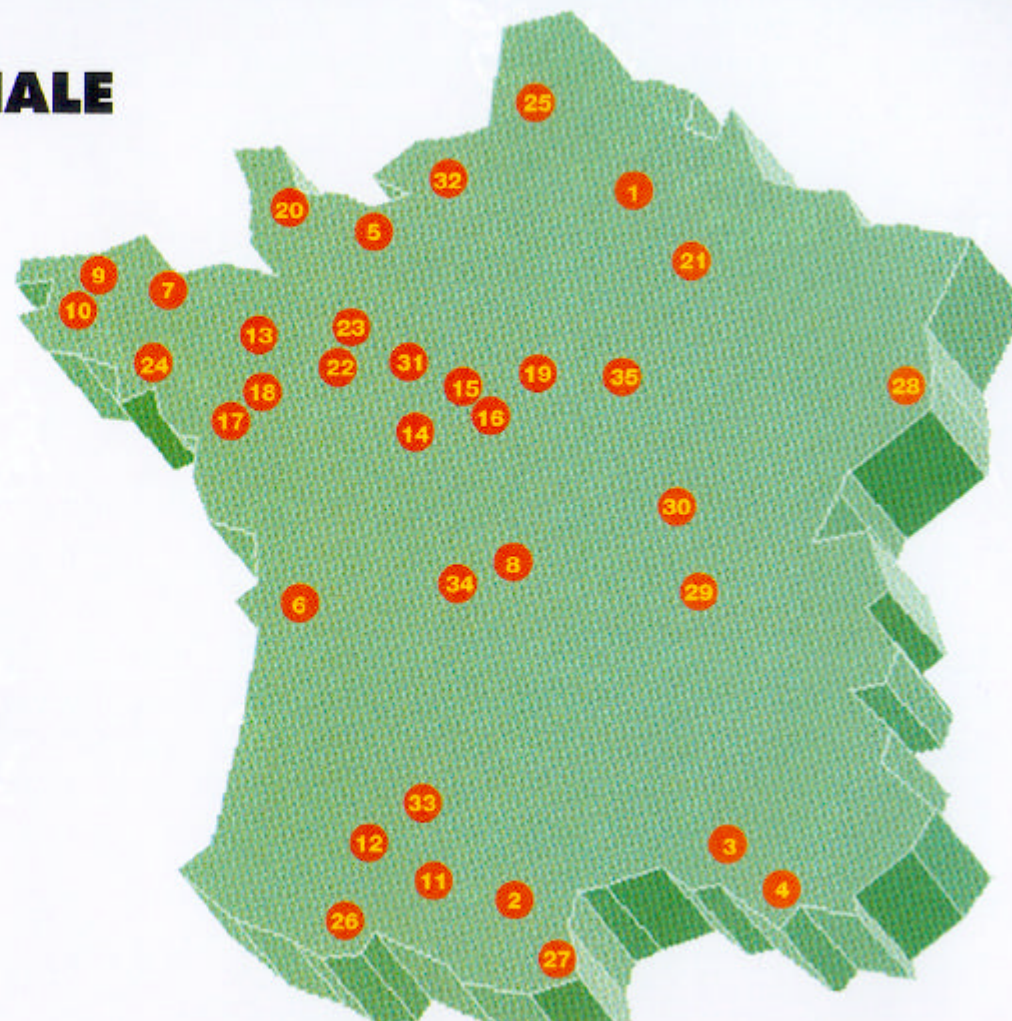
LES ROLES DU GEMAS

- ➔ NORMALISATION DES MÉTHODES D'ANALYSES
- ➔ ORGANISATION DE JOURNÉES INTERNES TECHNIQUES
- ➔ FORMATION DU PERSONNEL DES LABORATOIRES
- ➔ AMÉLIORATION DES ÉQUIPEMENTS ANALYTIQUES
- ➔ MISE EN PLACE DE L'ASSURANCE QUALITÉ AUX NORMES ISO 9002
- ➔ PROMOTION DES ANALYSES DE SOL
- ➔ ORGANISATION DES JOURNÉES DE L'ANALYSE DE SOL À BLOIS (GEMAS - COMIFER)
- ➔ RELATIONS AVEC L'ENSEMBLE DU MONDE AGRICOLE.



REPARTITION NATIONALE

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 - Laon | 19 - Orléans |
| 2 - Carcassonne | 20 - Saint-Lô |
| 3 - Châteaurenard | 21 - Reims |
| 4 - Aix-en-Provence | 22 - Laval |
| 5 - Gavrus | 23 - Laval |
| 6 - La Rochelle | 24 - Vannes |
| 7 - Ploufragan | 25 - Fruges |
| 8 - Guéret | 26 - Tarbes |
| 9 - Morlaix | 27 - Perpignan |
| 10 - Landernau | 28 - Aspach-le-bas |
| 11 - Toulouse | 29 - Lyon |
| 12 - Eauze | 30 - Mâcon |
| 13 - Combourg | 31 - Le Mans |
| 14 - Tours | 32 - Mont St-Aignan |
| 15 - Blois | 33 - Montauban |
| 16 - Blois | 34 - Limoges |
| 17 - Nantes | 35 - Auxerre |
| 18 - Ancennis | |



80 % des analyses de sol en France



ORIGINE DES LABORATOIRES

