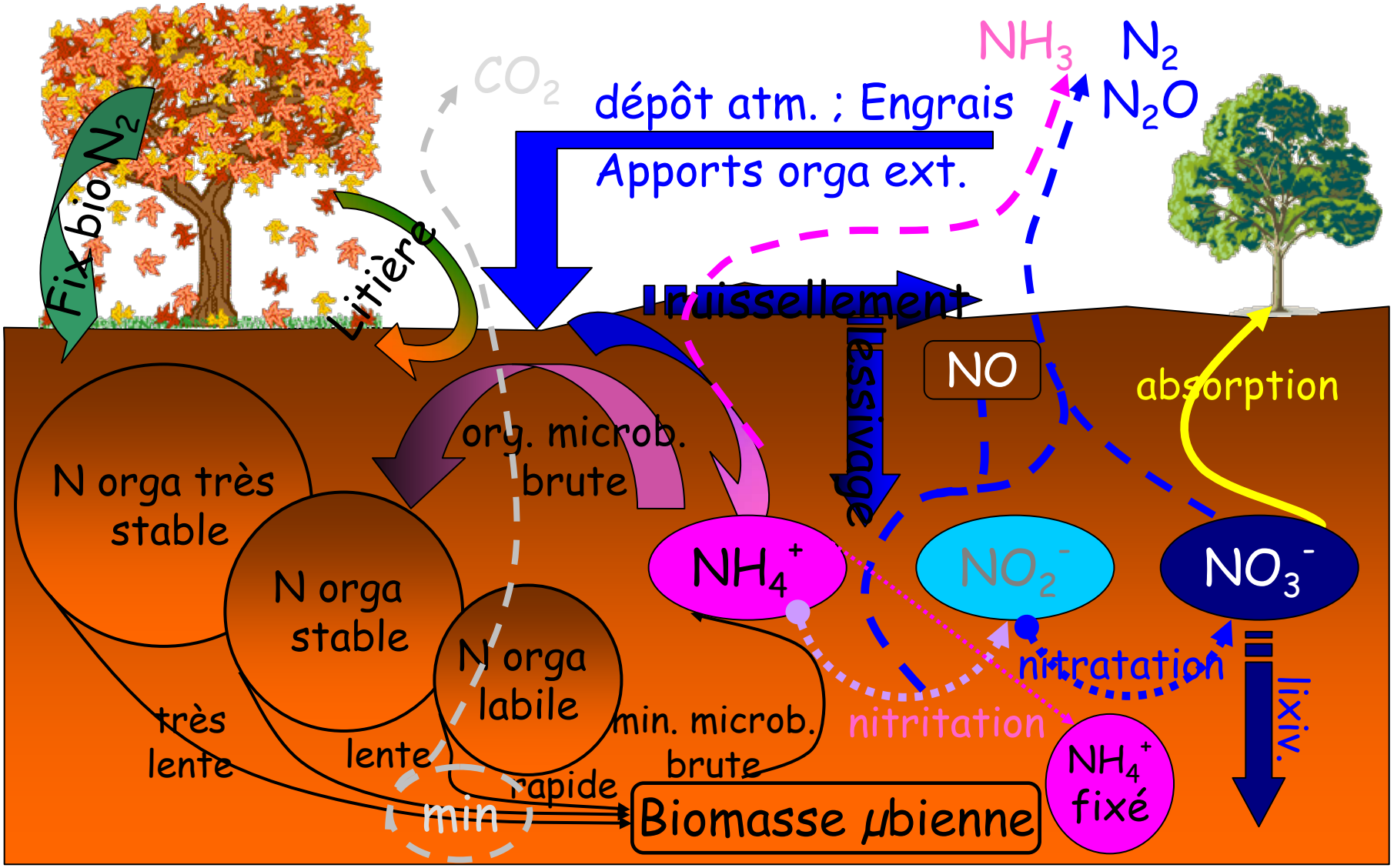
# Du laboratoire «bordure de champs» .. à la paillasse : des outils pour comprendre et quantifier l'évolution de la M.O. et l'impact de ses modes de gestion.

# Cycle de la M.O. : le devenir des sources de N dans le sol.



# L'échantillonnage : un pré-requis gage de qualité mais des choix difficiles

- ✓ Hétérogénéité s'exprime à toutes les échelles : paysage , parcelle, profil…..
- ✓ processus dynamiques : échantillon ne peut pas être repris

- ✓ Privilégier, si possible, une approche naturaliste pour faire des choix d'unité fonctionnelle
- ✓ Avoir conscience de ce qu'il est réaliste de faire : durée ; coût ; complexité du chantier…..

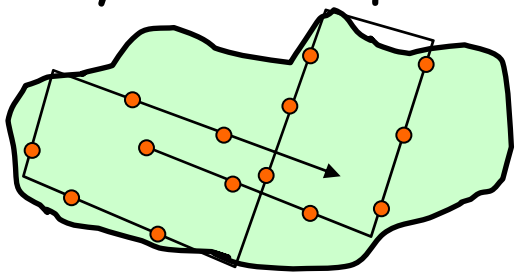
Nb de carottages

Règle simple : $n = t^2 (R/4)^2 / D^2$

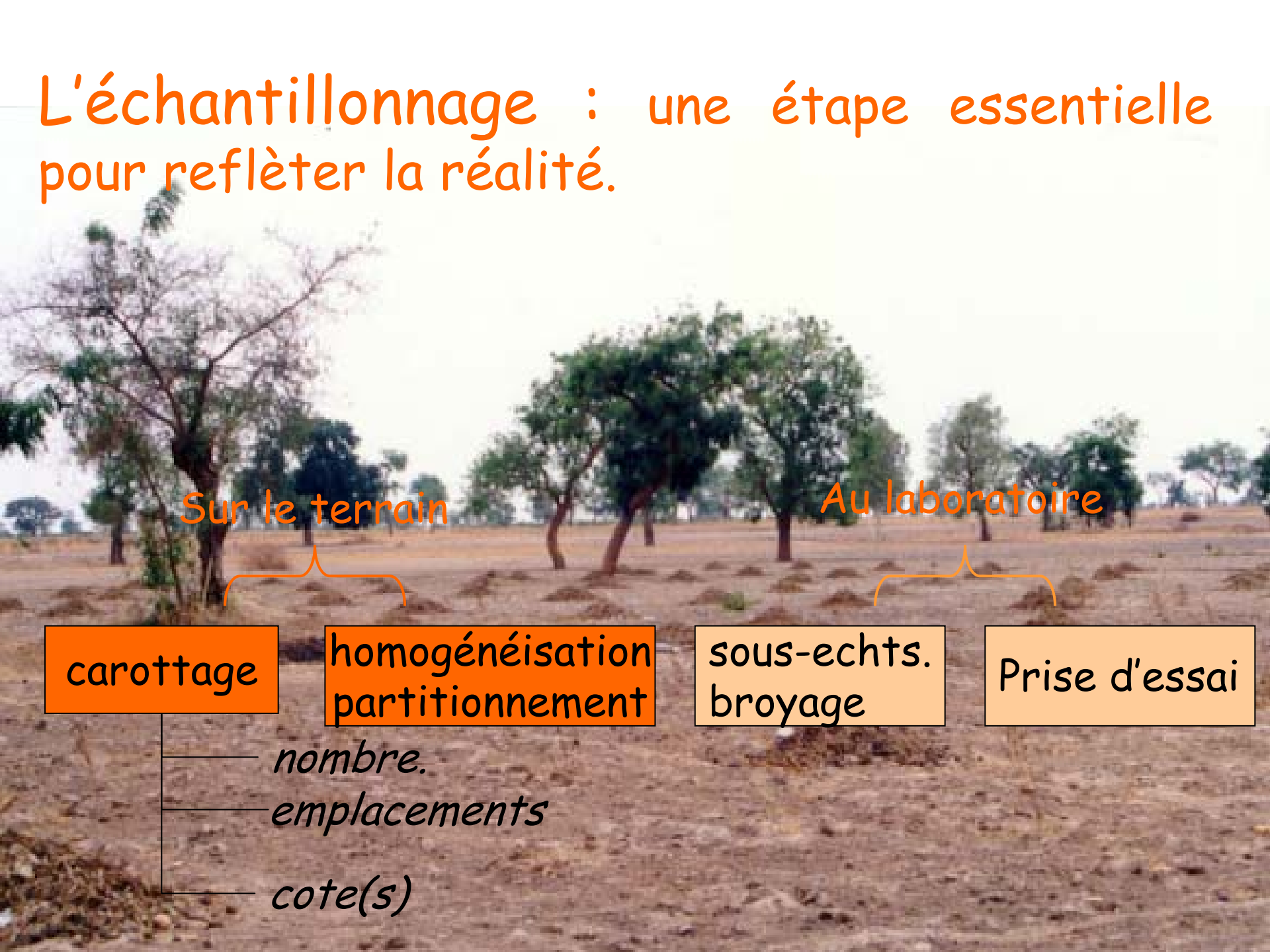
Avec : t = valeur T Student pour x ddl ; R = étendue variabilité ; D = Δ acceptable

# Constitution d'un échantillon composite : éventail des techniques

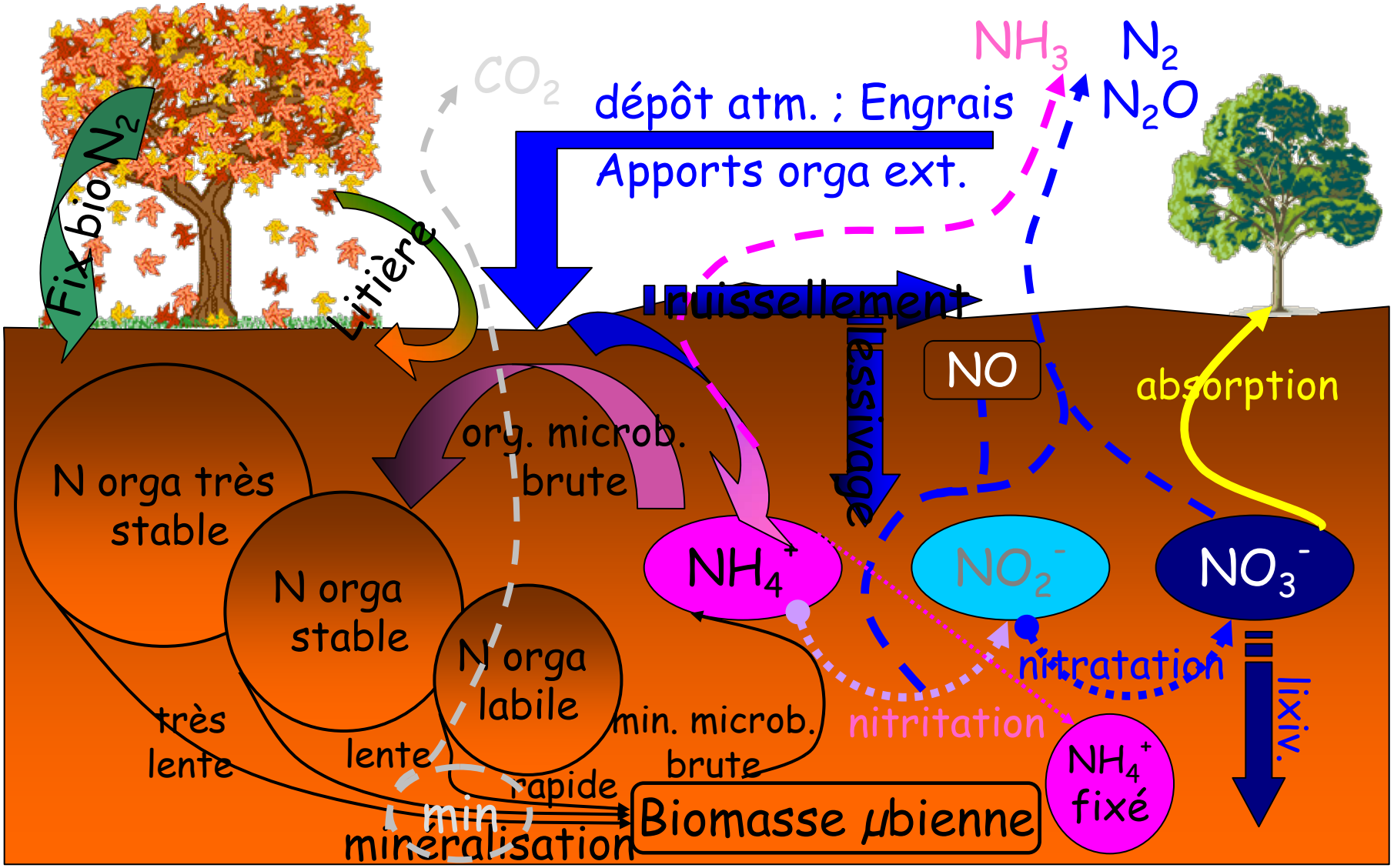
- ✓ Echantillonnage stratifié vs global
  - Meilleure saisie de la diversité
  - Représentativité de la valeur moyenne
  - Coût !!!!
- ✓ carottages aléatoire vs systématique
  - Subjectivité (inconsciente) de l'emplacement
  - Exploitation géostatistique
  - Techniques d'échantillonnage systématique
    - Parcours « quadrillé »
    - Parcours type « billard »



# L'échantillonnage : une étape essentielle pour reflèter la réalité.

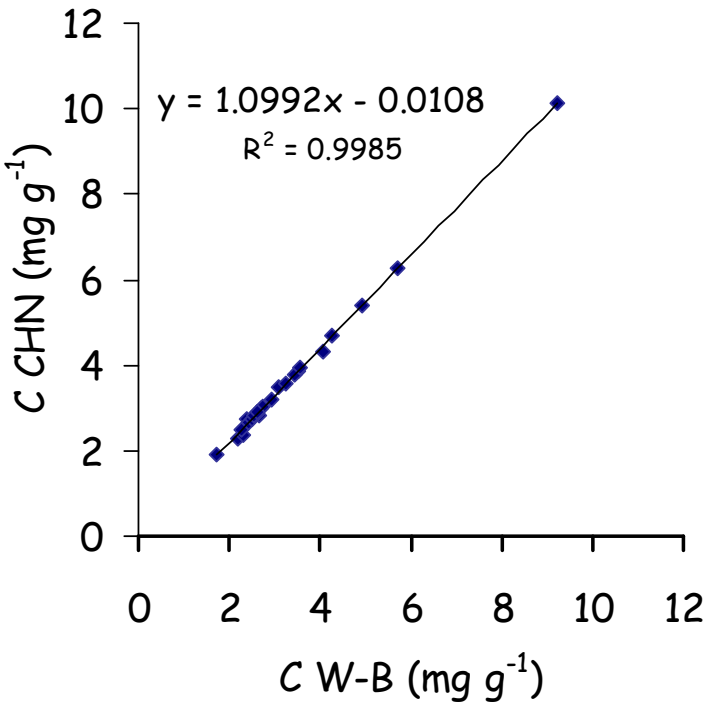


# Cycle de la M.O. : apprécier les stocks de C et N et la fourniture en N d'un sol

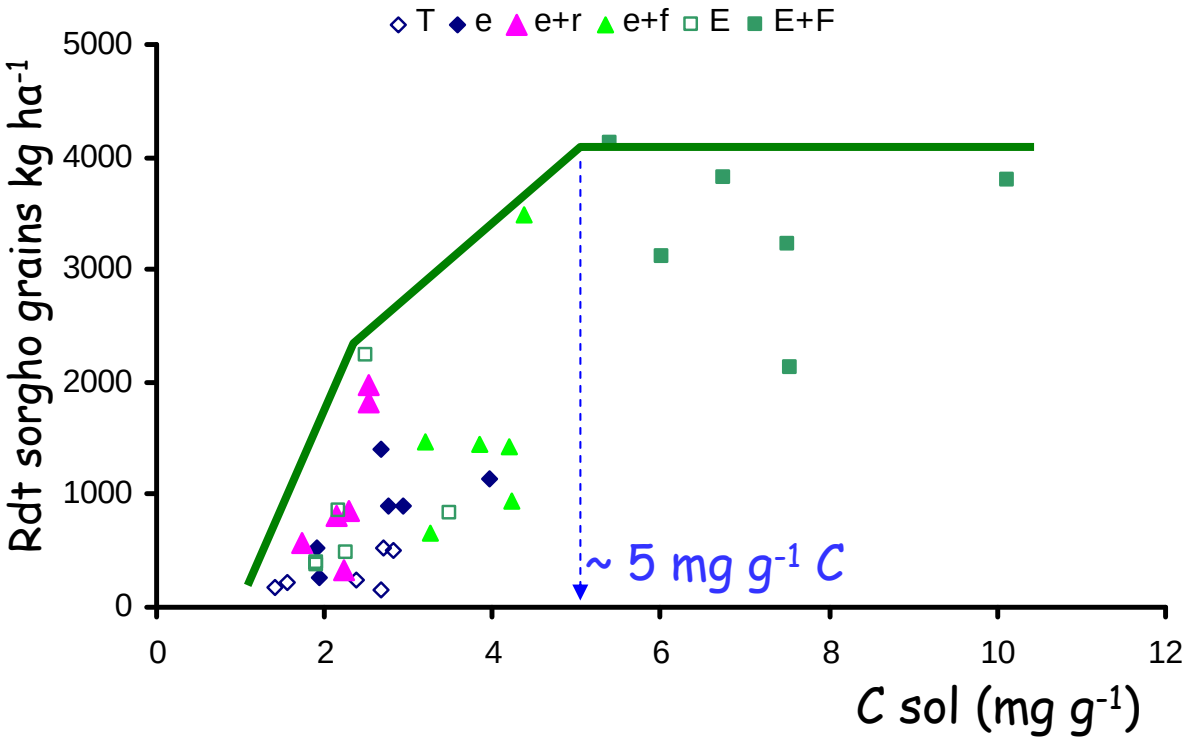


# Evolution des teneurs en C total du sol

- ✓ Problèmes analytiques
  - Evolution des techniques analytiques
    - Des techniques Anne ou Wakley et Black à l'analyseur CHN
    - Coefficient de transformation C→MO
  - Le problème de carbonates dans le cas de l'analyseur CHN
- ✓ Problèmes d'échantillonnage
  - Etude diachronique ou synchronique
  - Limite des horizons
  - Prise en compte ou non des débris végétaux figurés
  - Changements physiques – (masse équivalente)

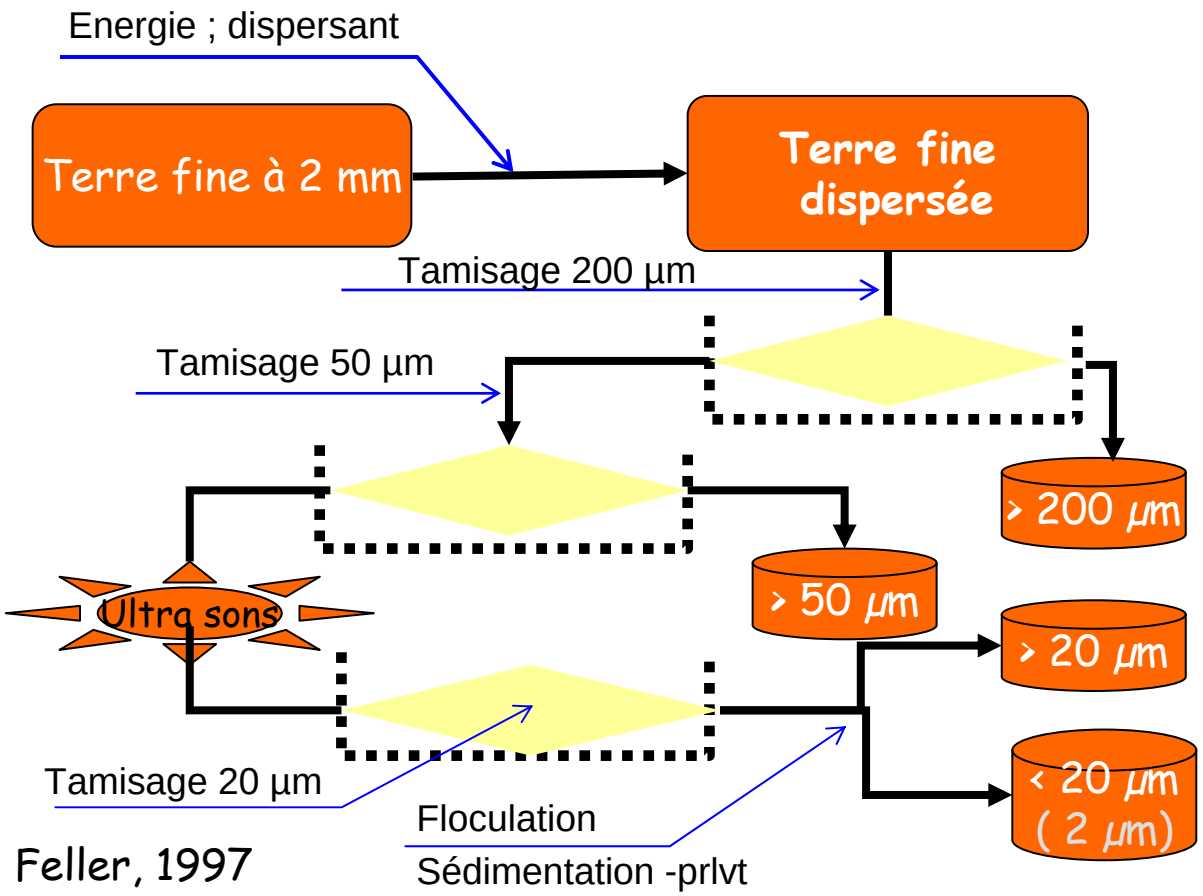


# Utiliser les teneurs en M.O. : relation M.O. → productivité




✓ Selon Feller (1995) : seuil C → 0.37(A+Lf)
soit 6.8 mg $g^{-1}$ C à Saria

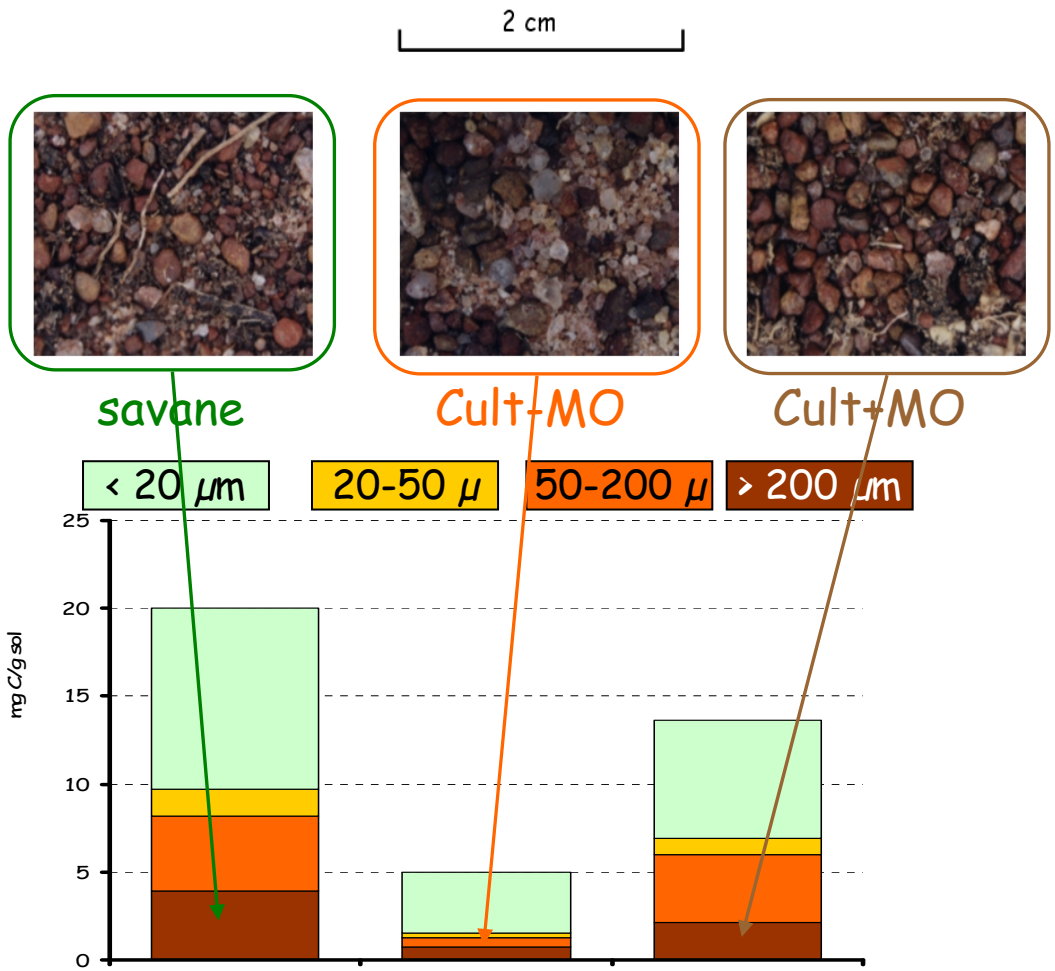
# Méthodologie du fractionnement granulométrique de la M.O.




Feller, 1997

- ✓ Objectif : apprécier l'effet des pratiques sur l'intégration de la M.O. au sol
  - Dispersion sans destruction de la MO.
  - Séparation et « purification » des fractions
  - Dosages de C et N par fractions
  - Dosage éventuel de C et N dissous
  - Bilan par fraction et par rapport au sol total
- ✓ Remarques
  - Maîtrise de l'énergie de dispersion
  - Nombreux dosages
  - Difficultés d'application pour certain sols (amorphes)

# Répartition du C organique par fractions de sol sous divers couverts au Burkina Faso




## Turn-over M.O.S dans les fractions de sols et agrégats ( in Carter,1996)

| Type résidu | Turn-over (années) |
|---|---|
| *Fractions* | |
| Résidus | 0.5 - 2 |
| Biom. µbienne | 0.1 - 0.4 |
| M.O. grossière | 1 - 8 |
| *Agrégats* | |
| Sol non agrégé | 1 - 7 |
| agr. > 250 µm | 1 - 23 |
| 20 µm < agr. < 250 µm | 3-80 |
| agr < 20 µm | 5 - 1000 |

# N total du sol : évolution technique similaire à celle de C total

- ✓ Méthode traditionnelle : Kjeldhal
  - Prise d'essai macro (1 à 10 g terre fine rebroyée)
  - Coup de main pour apprécier l'attaque
  - Dosage par distillation (interférences)
- ✓ Méthode « moderne » - analyseur CHN (Dumas).
  - Mêmes exigences et pièges que pour le dosage de C total
  - Maintenance et calibrage des appareils à surveiller

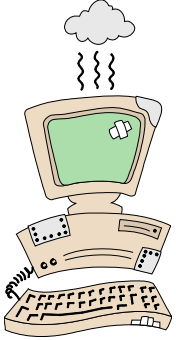
# N minéral : une détermination sous contraintes

- ✓ Evolution rapide des échantillons après prélèvement
  - Respect de la chaîne du froid
  - Logistique (transport et capacité de stockage)
- ✓ Extraction sur sol « frais »
  - Obligation de traiter une aliquote « conséquente »
  - Détermination simultanée de l'humidité
  - Conservation des extraits
  - Au laboratoire : verrerie «jaugée»

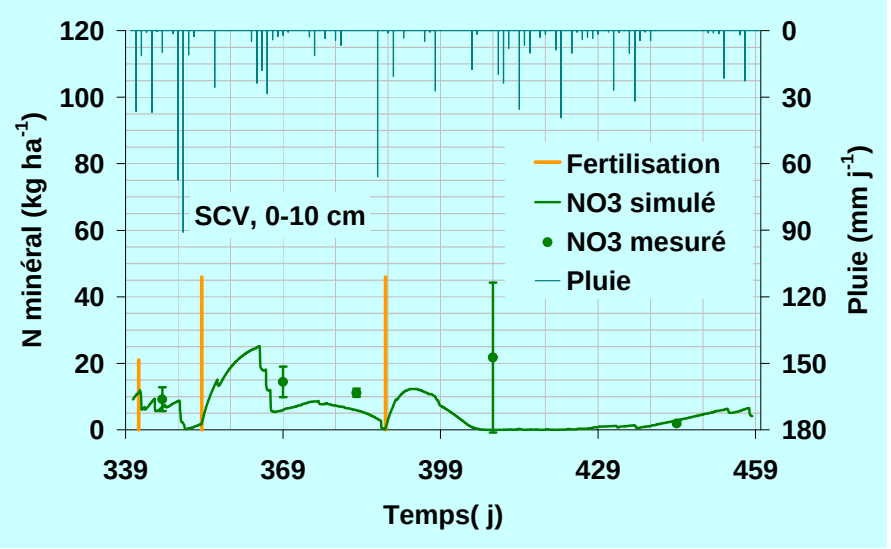
- ✓ Détermination par distillation à la vapeur
  - (MgO – Devarda) en moyenne 10 minutes/dosage
  - Appréciation du point de fin de réaction (sauf titri. Auto)
  - Sensibilité de l'analyse
- ✓ Dosage par colorimétrie automatique $NH_4^+$ et $NO_3^-$

# N minéral : évolution de la technique d'extraction

- ✓ Extraction « bordure de champs » vs chaîne du froid.
  - Préparation au laboratoire
    - (flacon pré-pesé vide et avec KCl)
    - Boîte à tare pré-pesée pour l'humidité
  - Réalisation sur le terrain (ou en bordure)
    - Pesée flacon avec aliquote humide
    - Extraction sur place (agitation ; décantation)
    - Filtration stérile d'une aliquote prête à l'analyse
- ✓ Avantages
  - Problèmes logistiques simplifiés
    - Poids et volumes à transférer et conserver
    - Matériel généralement disponible « partout » (sauf filtres stériles)
  - Conservation des extraits testée sur 6 mois
- ✓ Inconvénients
  - Surcharge de travail sur le terrain
  - Colorimétrie automatique « obligatoire »
  - Peu adapté à certains types de sol (vertisols)



# Dynamique de N minéral : outil de calage et vérification de modèles




Modélisation flux eau et N

# Appréciation des réserves en azote minéralisable

- ✓ Technique d'incubation in-situ (Raison 1987)
  - Remise in-situ d'une aliquote de terre du prlvt N min protégée des « fuites » et dosage du D N min en fin de période (10 à 20 jours)
  - Avantages :
    - Conditions de milieu « peu » artificialisées
    - Relativement simple à mettre en œuvre
  - Inconvénients :
    - Méthode « à posteriori »
    - Bilan en fin de période
    - Peu adaptée à certains systèmes de culture (semis direct)
    - Problèmes d'échantillonnage si adaptation pour ces systèmes
- ✓ Techniques d'incubation en laboratoire
  - Large éventail de techniques différant par :
    - Humidité d'incubation (submersion, proportion CMR…)
    - Température (28°C ; 40°C (durée limitée) ; 15°C)
    - Gestion de l'accumulation des nitrates
  - Objectif commun
    - Tenter d'approcher le potentiel de minéralisation du sol

# Outils de suivi de la dynamique de N : N min. et Nit. nette in situ

Extraction N min (profil)

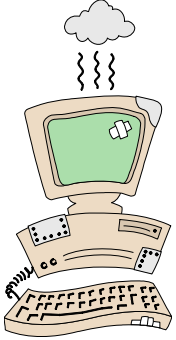
Filtration stérile

Prlvt Terrain

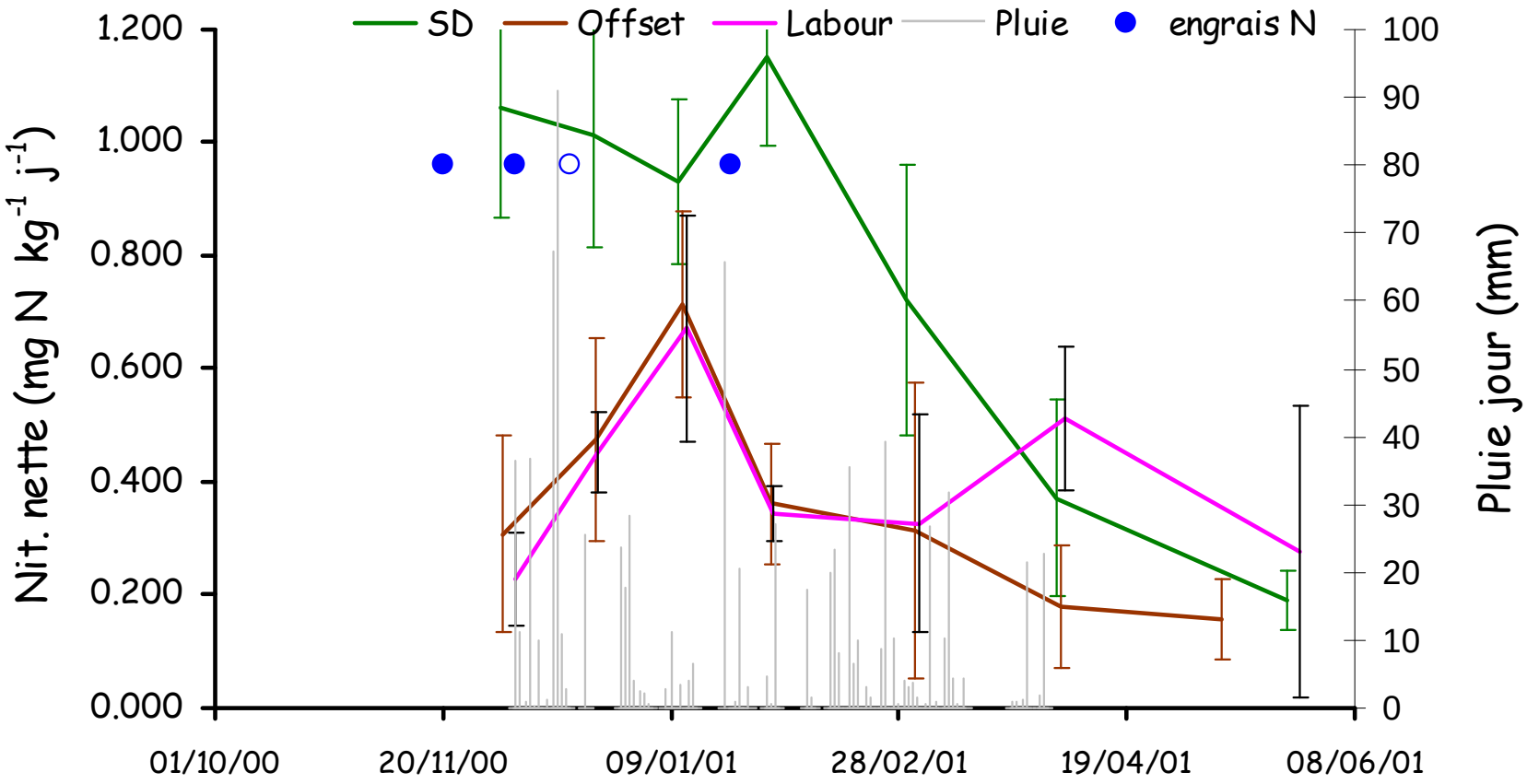
Tubes in situ (surface)

Séjour « t » jours

Stock

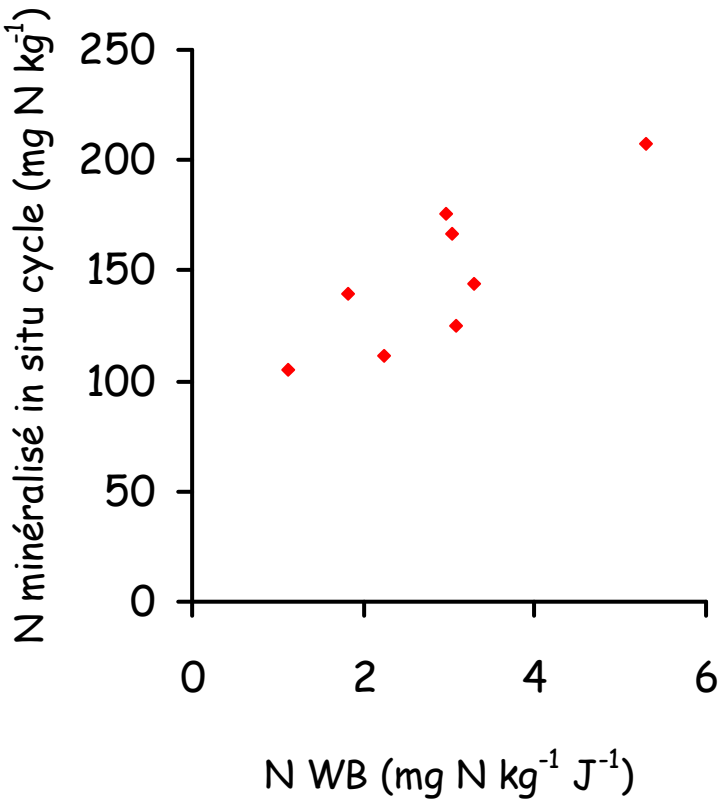


# Nitrification nette in situ : exemple de résultats

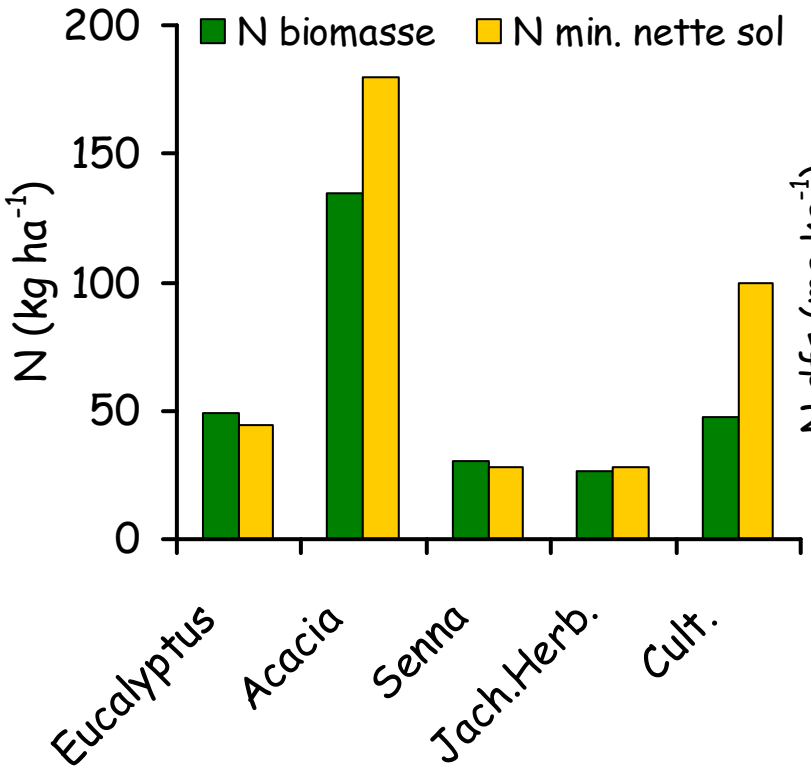


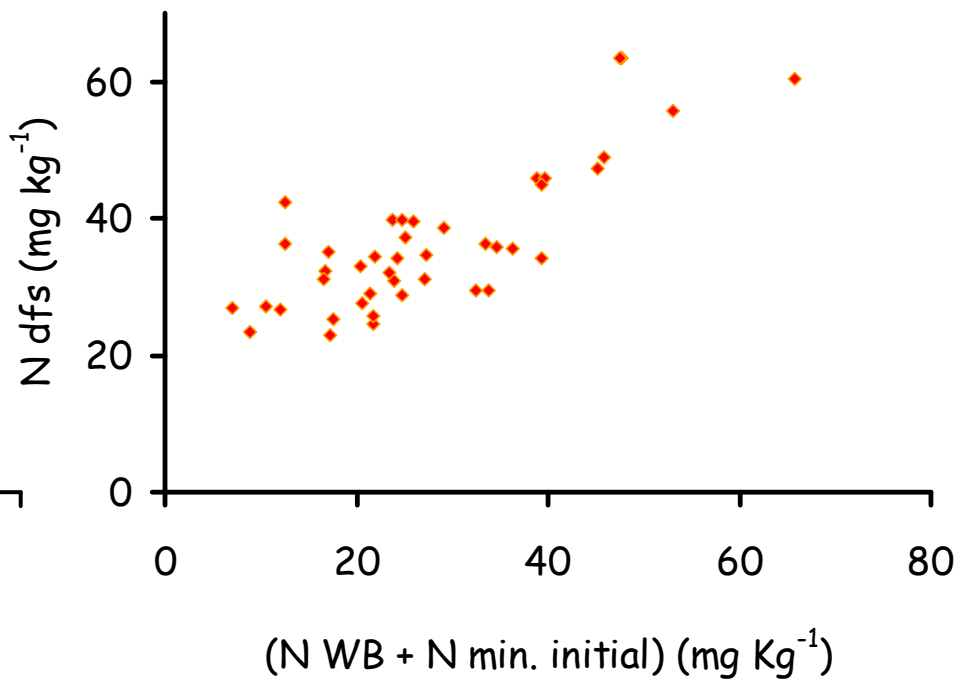
# Test N minéralisable labo Waring-Bremner : un choix lié avant tout à la simplicité

- ✓ Evolution technique :
  - (WB 64) : 14J – 25°C – distil.
  - (Kandeler 95) : 7J – 40°C – colo.
- ✓ Application agronomique :
  - Réponse rapide et conditions d'incubation simples
  - Méthode de screening
  - Résultats fortement corrélés à N total sol → plus value de la technique dans l'explication des « écarts à cette relation »



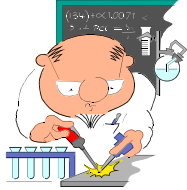
# Indicateurs de minéralisation et prélèvement de N par les plantes.



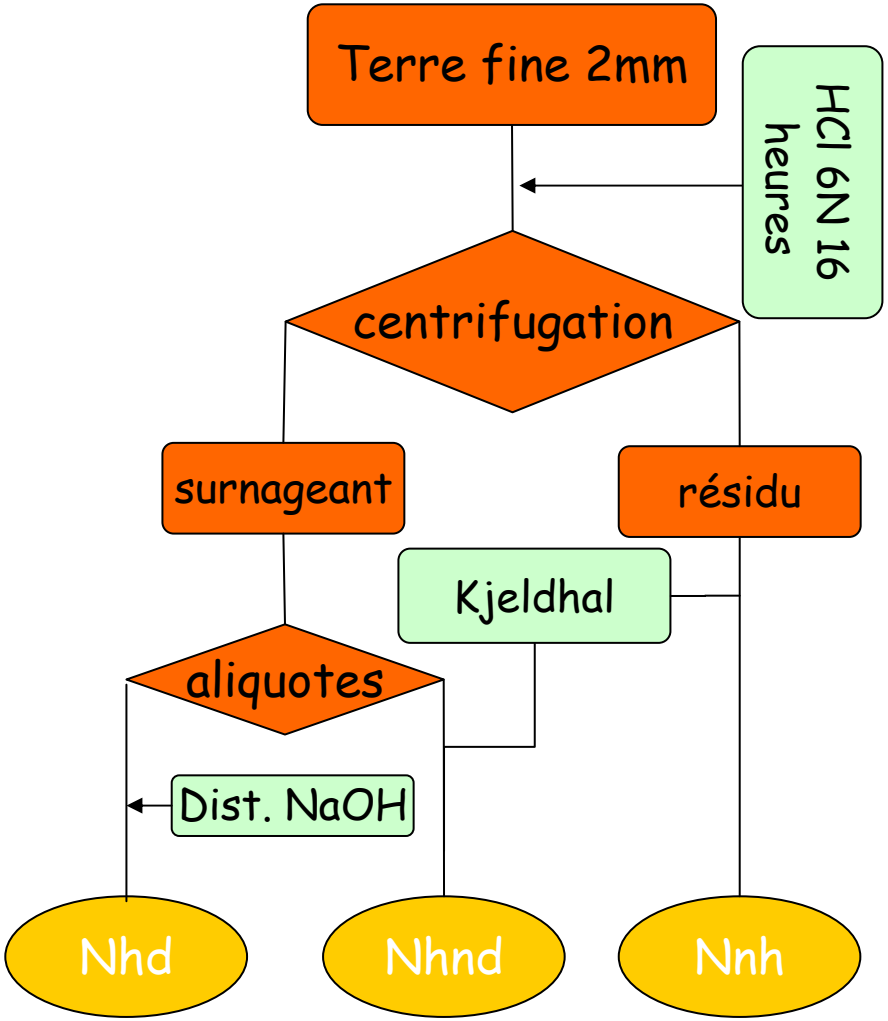

Essai agroforesterie Ngong (Harmand 95)

Essai V.V. Burkina Faso (Waneuken91)

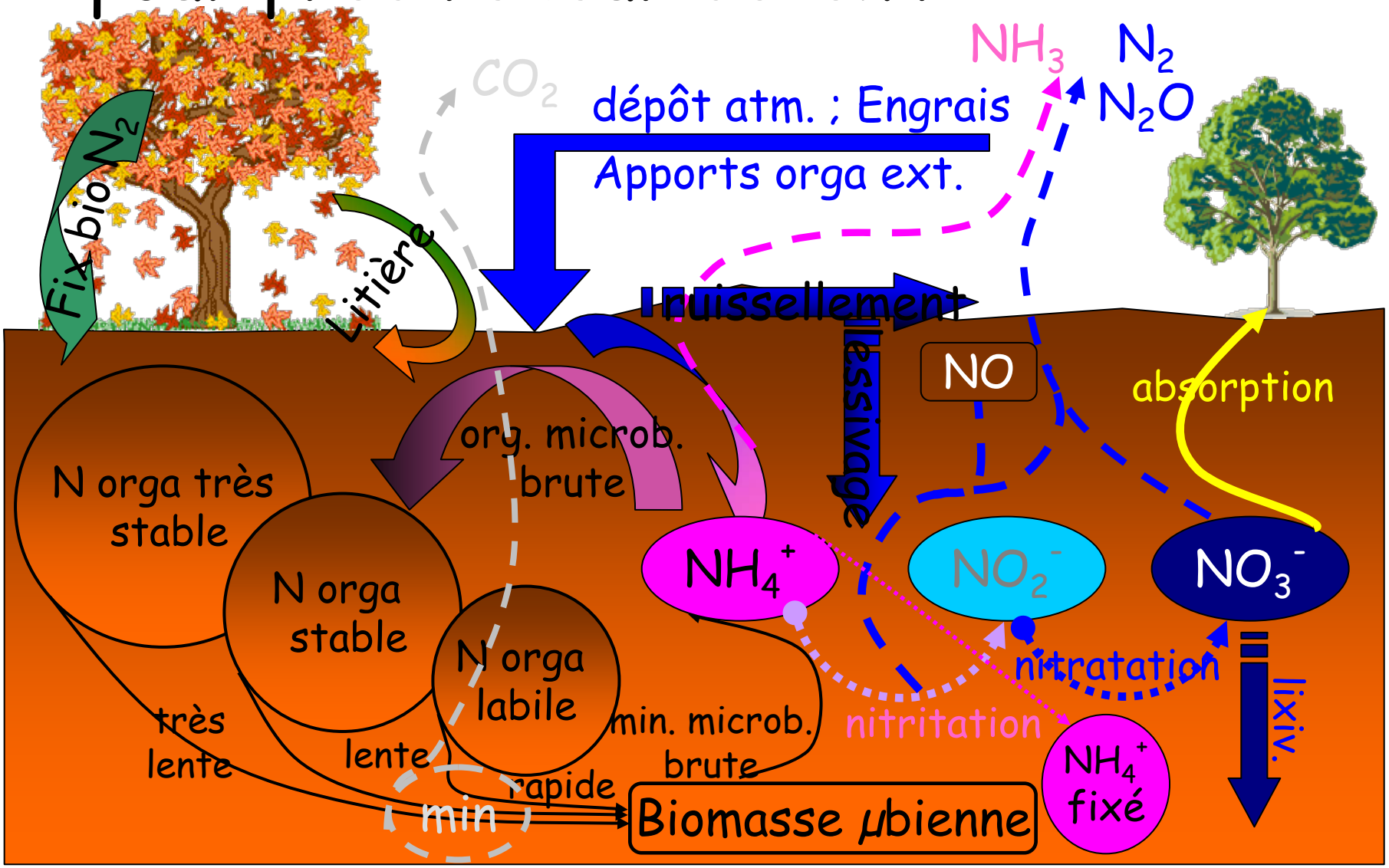


# Techniques chimiques de caractérisation de la « part assimilable » de N orga. du sol

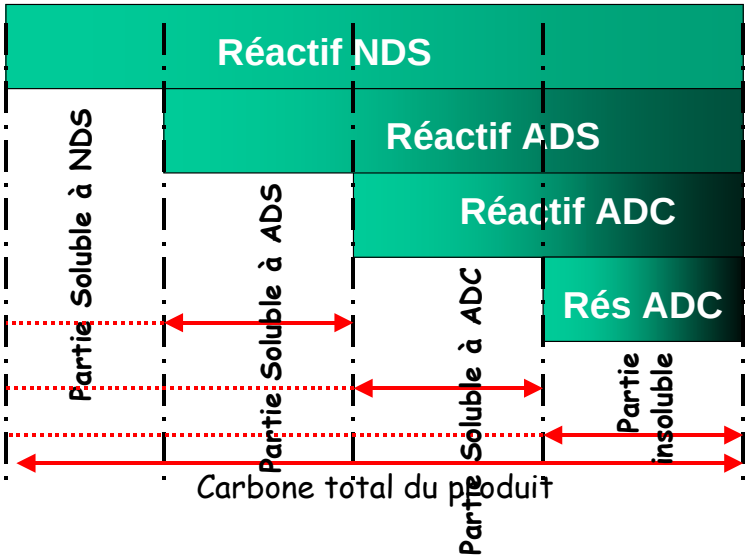
- ✓ Objectifs : disposer d'un test de laboratoire rapide, reproductible et applicable à un large éventail de situations
  - Quelle valeur ajoutée par rapport à N total ?
- ✓ Quelques techniques :
  - Hydrolyse acide suivie de distillation sélective (Bremner 1965, Egoumenides 1987)
    - indicateur rapport Nhd/Nhnd
    - part de Nnh
  - Part organique des extraits KCl M de sol (Velly 1980)
  - N extrait par $KMnO_4$ acidifié (Wilson 1994)



# Caractériser les entrées organiques pour prédire leur devenir



# Principe de l'analyse pariétale appliquée à la caractérisation des M.O. exogènes



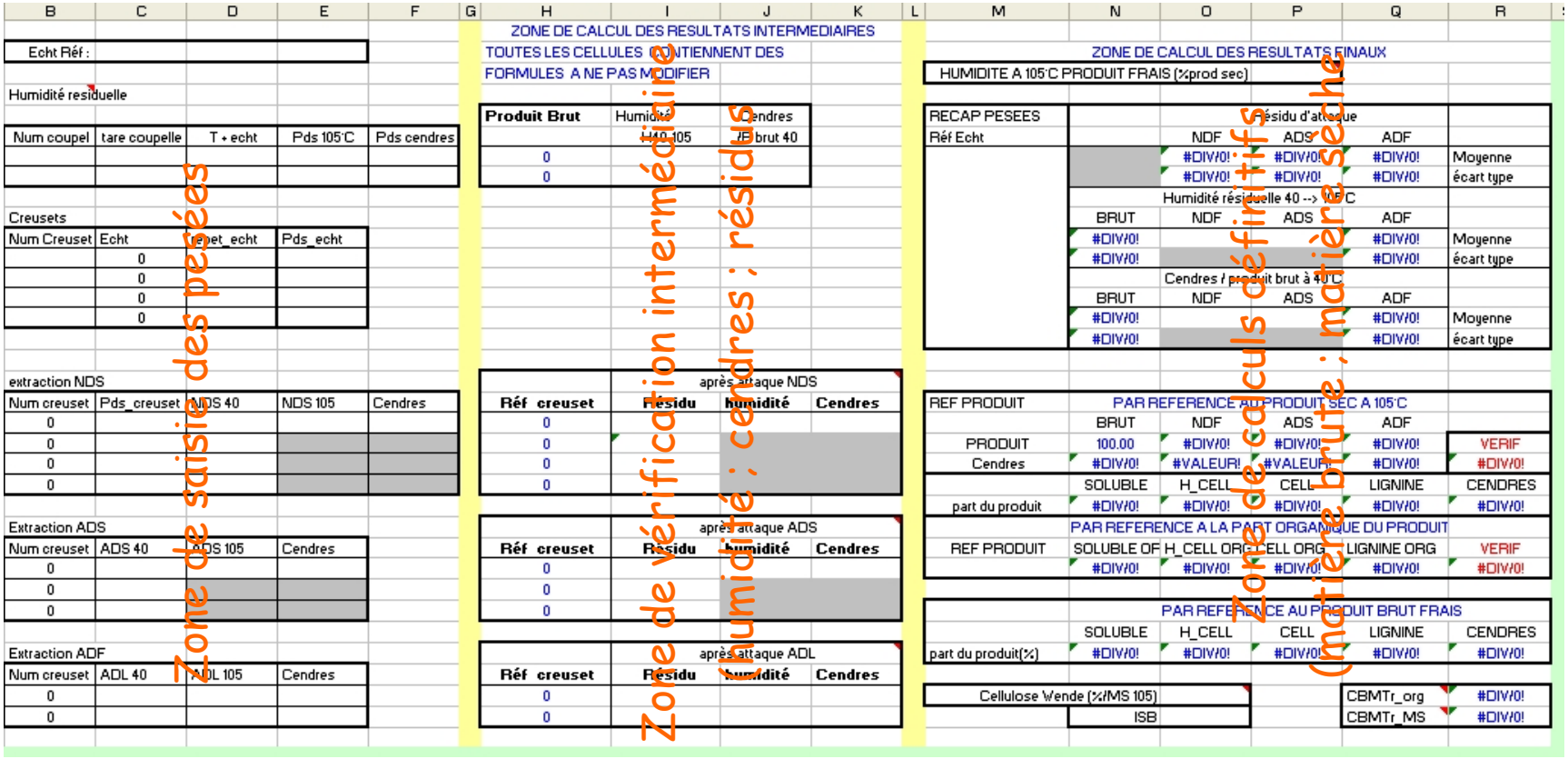
Système manuel de digestion « Van-Soest » et accessoire de filtration associé.

À chaque étape du processus (4 rep/echt) :

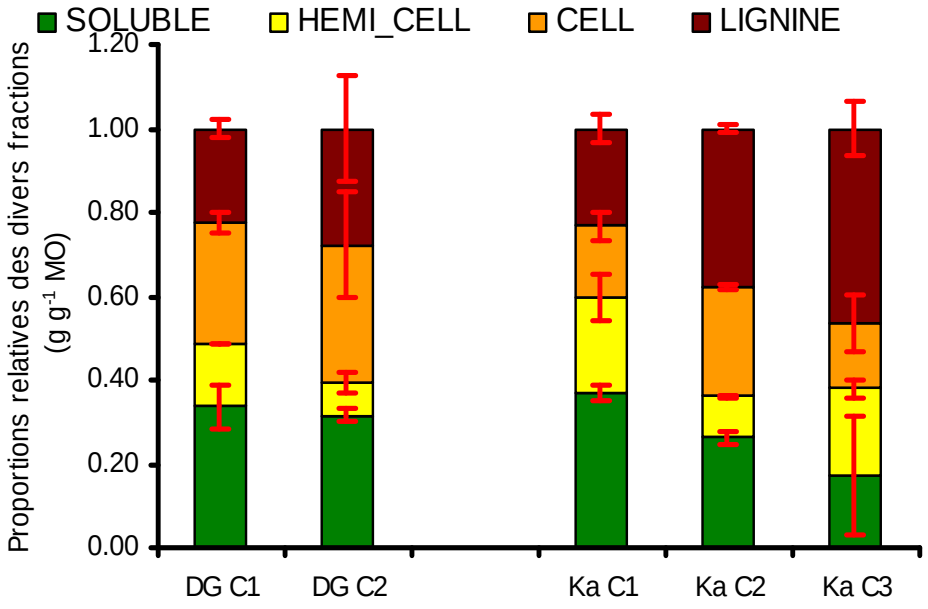
- pesées à 40°C et 100°C
- cendres résiduelles (500°C)

- ✓ Détournement de technique destinée à caractériser la valeur nutritionnelle des fourrages
- ✓ Applicable aux seuls produits solides
- ✓ Difficultés selon la texture
- ✓ Méthodologie qui a évolué dans sa technologie

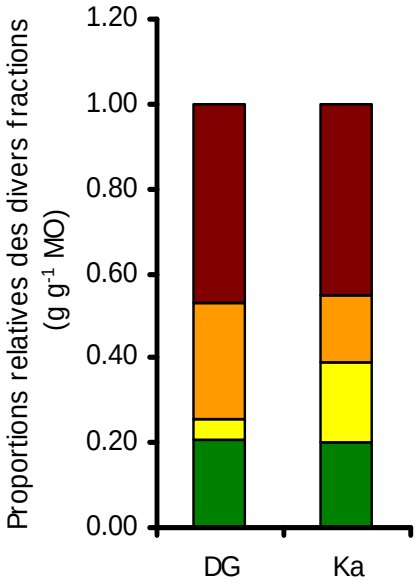
# Feuille de calcul pré-calculée pour la finalisation des résultats Van Soest



# Analyse pariétale des litières de filao – différentiation selon les sites.




Litières

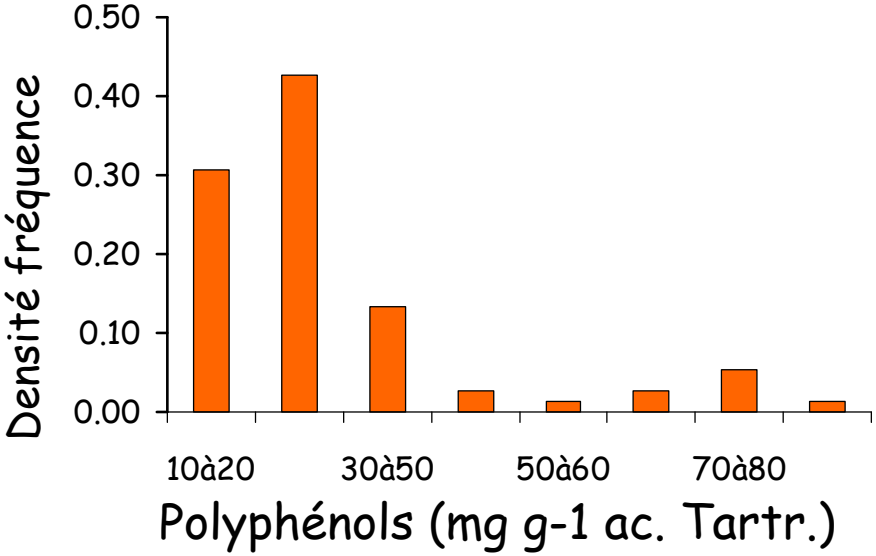



Arbres

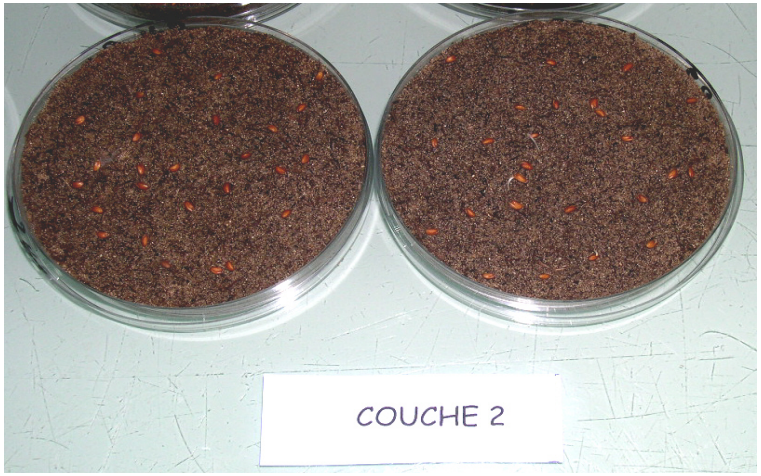
- ✓ Particularité ou artéfact dans l'analyse des feuilles ??
- ✓ Variabilité assez forte des résultats (charge minérale ??)
- ✓ Pas d'informations particulières a/s phytotoxicité

# Les polyphénols solubles totaux : autre paramètre de qualité des M.O.

- ✓ Méthodologie
  - Extraction eau(50)-méthanol(50) à 80°C pendant 1H (400 mg/40 ml)
  - Transfert, lavage et ajustement à 100 ml par $H_2O$ en fiole jaugée
  - Dosage par colorimétrie au réactif de Folin-Ciolcateu (manifold original) (résultats en équivalents acide tartrique)
- ✓ Utilisation
  - Rapport (lignine + polyphénols totaux) / Ntotal



# Phytotoxicité des litières de filao : mise en évidence par un test de germination.



Test de germination « cresson »

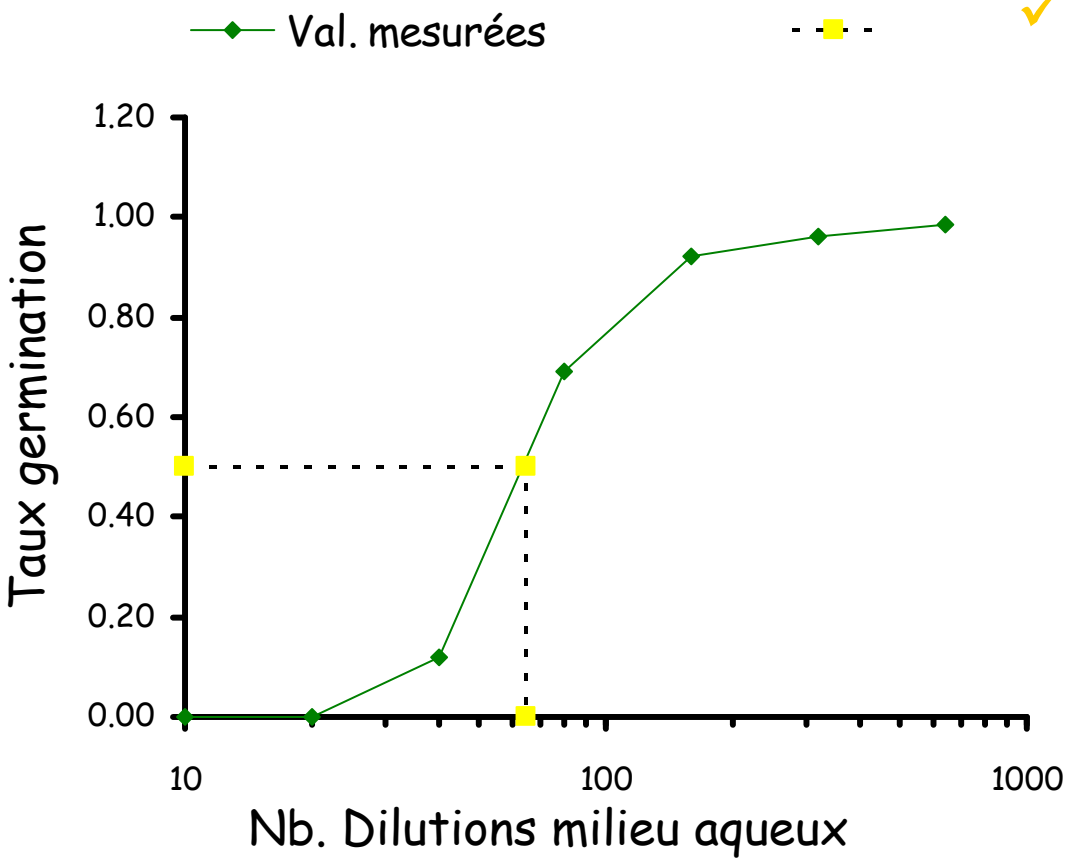
Sol + 10% litière

| | Proportion de graines de cresson germées en 3 jours | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couche | **Arbres** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| site D G | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.97 |
| Site Ka | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.84 | 0.99 |

- ✓ Forte phytotoxicité des couches de litière les plus récentes
- ✓ Disparition de la phytotoxicité pour la couche la plus ancienne
- ✓ Observation qui corrobore le constat des fleuristes et pépiniéristes dakarois

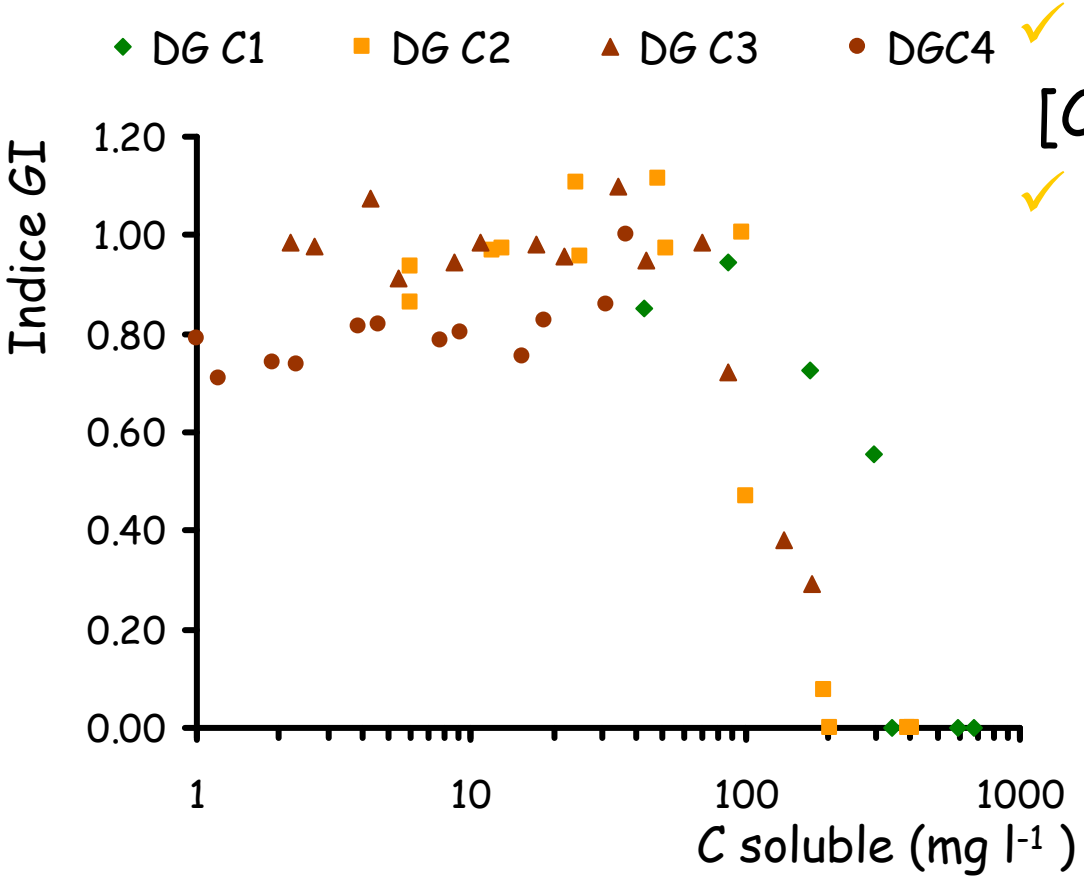
- ✓ **Une nécessité : Connaître les raisons et prévenir les conséquences de la phytotoxicité.**

# Test de phytotoxicité à partir d'extrait aqueux de litière : Recherche d'une valeur de «DL50»



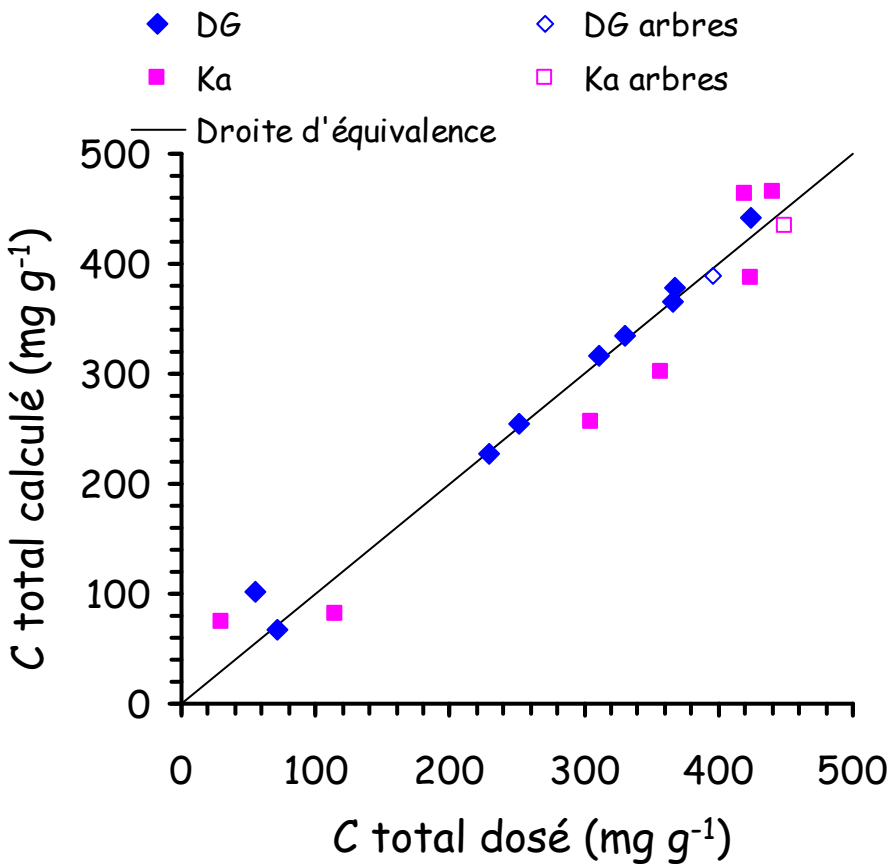

- ✓ Recherche graphique du « nombre de dilutions nécessaires pour obtenir un taux de germination de 0.50 des graines de laitue.

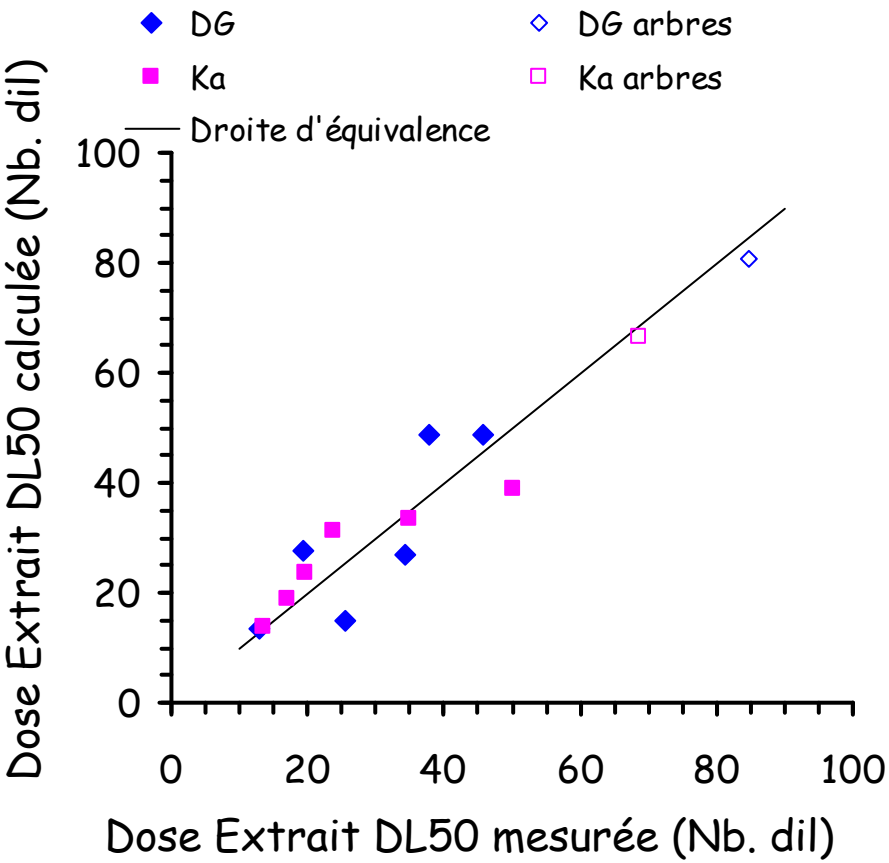
# Test de phytotoxicité à partir d'extrait aqueux de litière : Synthèse des résultats



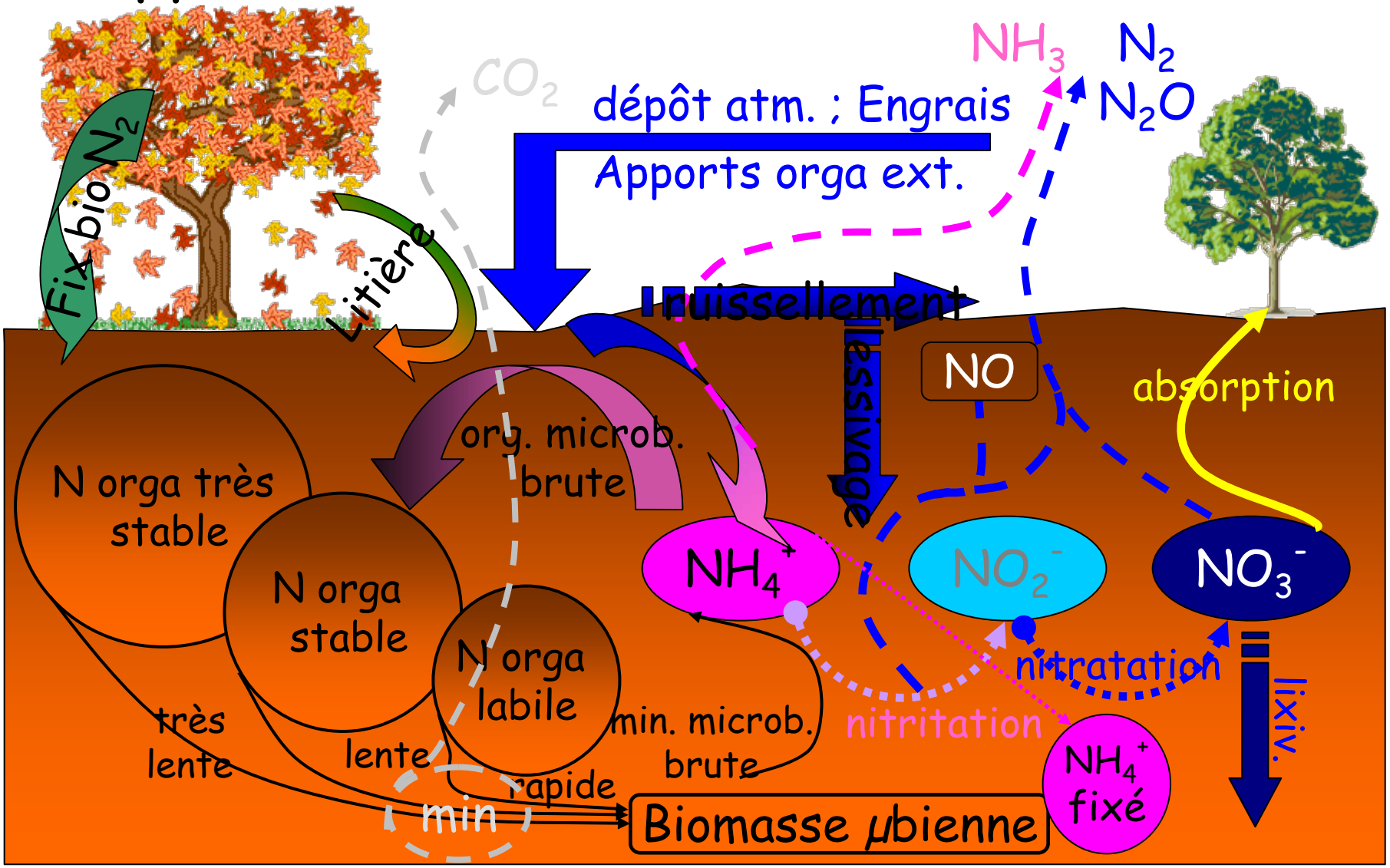

- ✓ Phytotoxicité pour [C soluble] 100 mg $l^{-1}$
- ✓ Effet synergique aux faibles [C soluble]

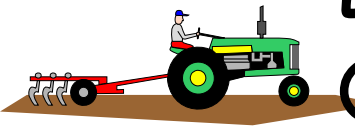
# Spectres de réflectance dans le proche infra rouge : aperçu de la qualité des résultats



# Cycle de la M.O. : quantifier le réapprovisionnement en M.O. fraîche





# Les litières et résidus de culture : Quantifier l'incorporation au sol

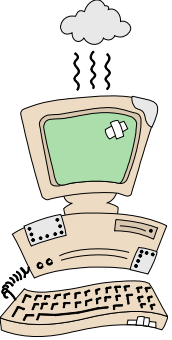
- ✓ Quantification des retombées de litières : les collecteurs

Géométrie à adapter pour une bonne représentativité de la collecte

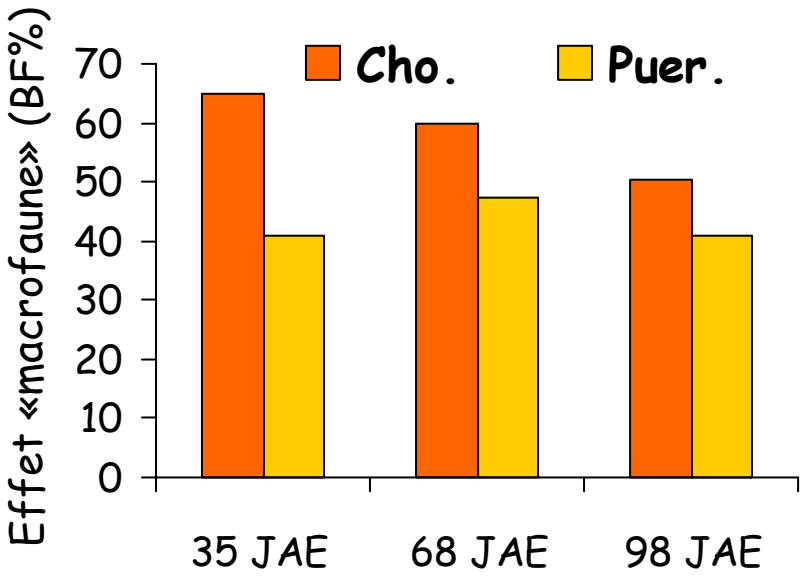
- ✓ Quantification des pertes de matière : les litterbags et cages d'exclusion

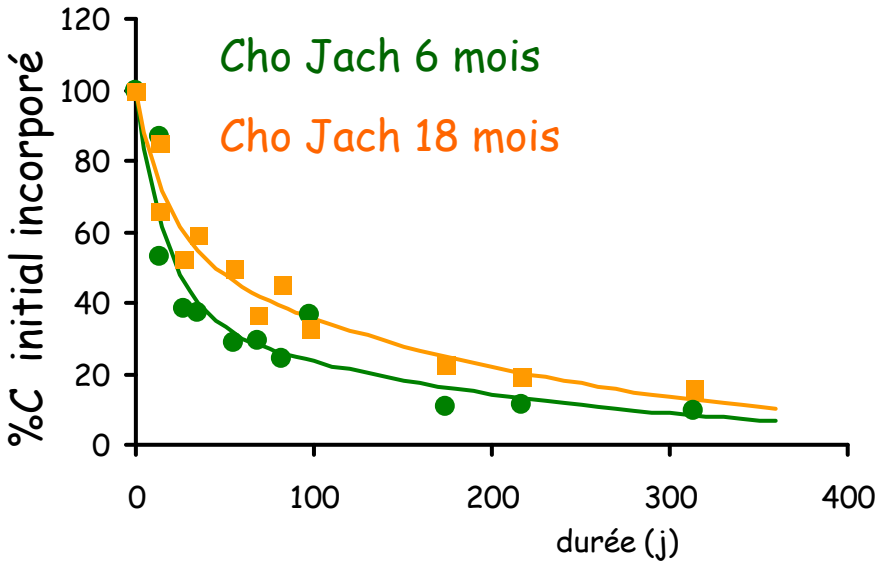
# Cages d'exclusion *vs* litterbags : quel choix ?

- ✓ Quantifier individuellement la quantité initiale de résidus
- ✓ Litterbags :
  - Dispositif artificialisé (humidité)
  - Indispensables si enfouissement
  - Approche des effets de la mésofaune du sol
- ✓ Dosages C, N et cendres nécessaires



# Biodégradation d'un mulch sous S.C.V. en Centre C.I.




Litterbags : Quantification du rôle de la macrofaune dans l'incorporation au sol du C de la litière

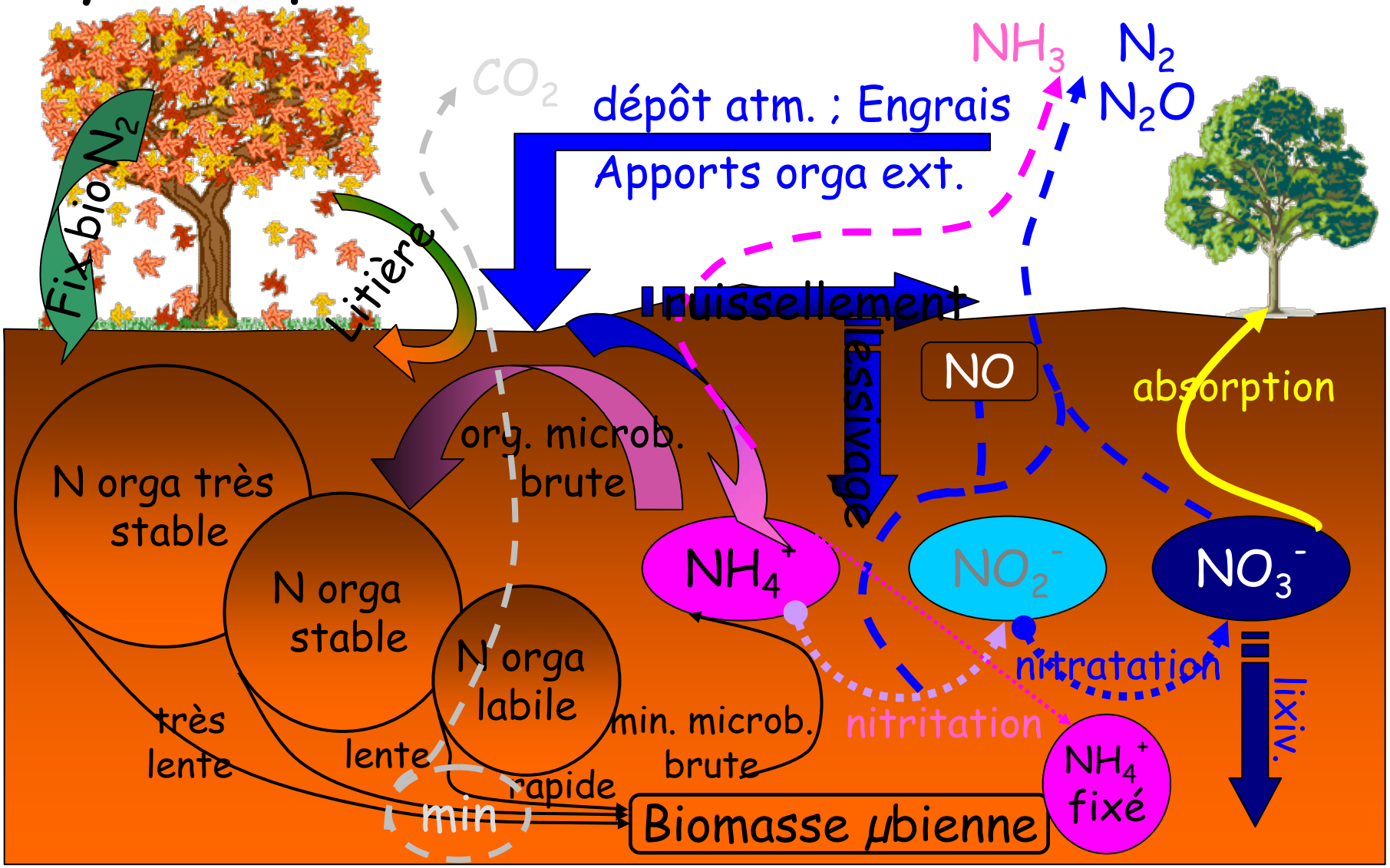
$BF = 100 *(\%C_{0.2mm} - \%C_{2mm})/(100 - C_{2mm})$

Litterbags : Modélisation de la cinétique d'incorporation de la litière au sol

Mod : $A(1 - e^{-k1t}) + (1-A)((1 - e^{-k2t})$

*Source : thèse P. Autfray.*

# Cycle de la M.O. : indicateurs de dynamique de minéralisation du C



# Techniques d'étude de la minéralisation de la M.O. au laboratoire et in-situ

- ✓ A partir du terrain :
  - Evolution de la teneur en C et N total
  - Fractionnement physique de la M.O.
  - Cloches et/ou tunnels de confinement
- ✓ A partir d'expériences d'incubation
  - Conditions de l'incubation (°C ; humid.)
  - Etudes d'impact des apports exogènes

# $[CO_2]$ : techniques de mesure

- ✓ Carbonatation d'une base

$$y\ X(OH)^-_n + CO_2 \longrightarrow CO_3\ X_y + y/2 H_2O$$

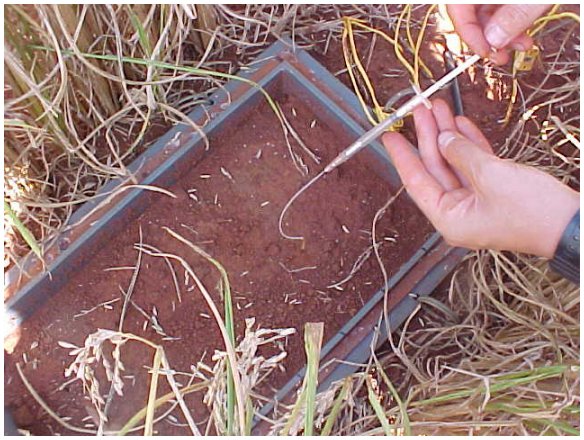
  - Dosage en retour par acidimétrie
    - Piégeage NaOH + ajout excès $BaCl_2$ + dosage HCl
    - Piégeage $Ba(OH)_2$ + dosage $(COOH)_2$
  - Facile à mettre en œuvre ; faible investissement ; pas d'inhibition par excès $CO_2$ ni réaction $CO_2$ - sol

- ✓ Dosage direct $[CO_2]$
  - techniques
    - Appareil type Licor (absorption IR $CO_2$)
    - Chromato. phase gazeuse détection catharomètre
  - Investissement de base ; connaissance du volume mis en jeu; détermination directe; combinaison avec autres suivis ($NH_3$ ; $N_2O$)

# [$CO_2$] : dispositifs de piégeage

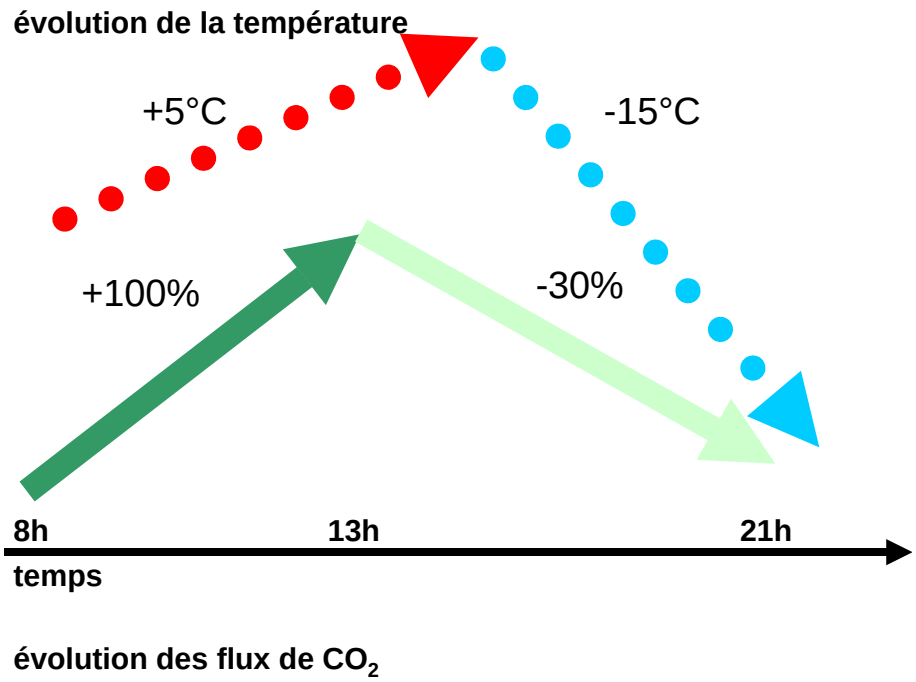
Cloche de piégeage sur le terrain connectée à un appareil IR Licor

- ✓ Volume de la cloche ~8 litres
- ✓ Durée de piégeage
  - CO2 : 30 minutes (2 à 4 prlvts)
  - N2O : 1 à 2 heures (2 à 4 prlvts)
- ✓ Autres techniques : Tunnels ventilés automatisés



Base de la cloche installée et prlvt de gaz dans le sol

# Flux de $CO_2$ sur le terrain : rythme circadien et effet ponctuel des techniques




Effet d'un labour sur le flux de $CO_2$ (mg C $m^{-2}$ $heure^{-1}$)

1 heure après labour : 330

1 jour après labour : 125

(moyenne sur 3 mois : 140)

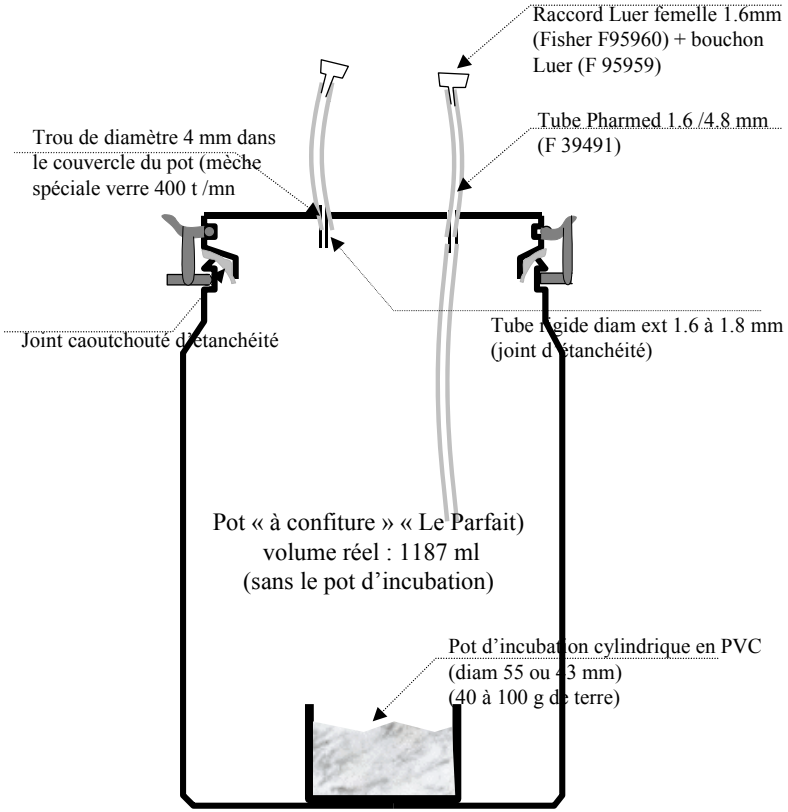
Metay 2002 : riz pluvial Cerrados Brésiliens

# [$CO_2$] : dispositifs de piégeage

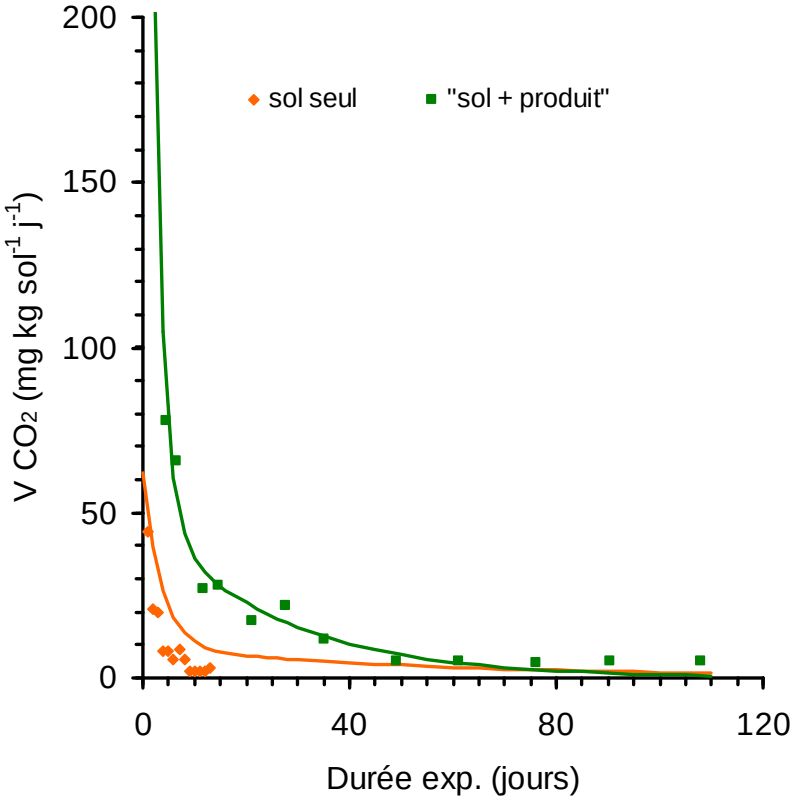
Enceinte fermée avec piégeage par NaOH

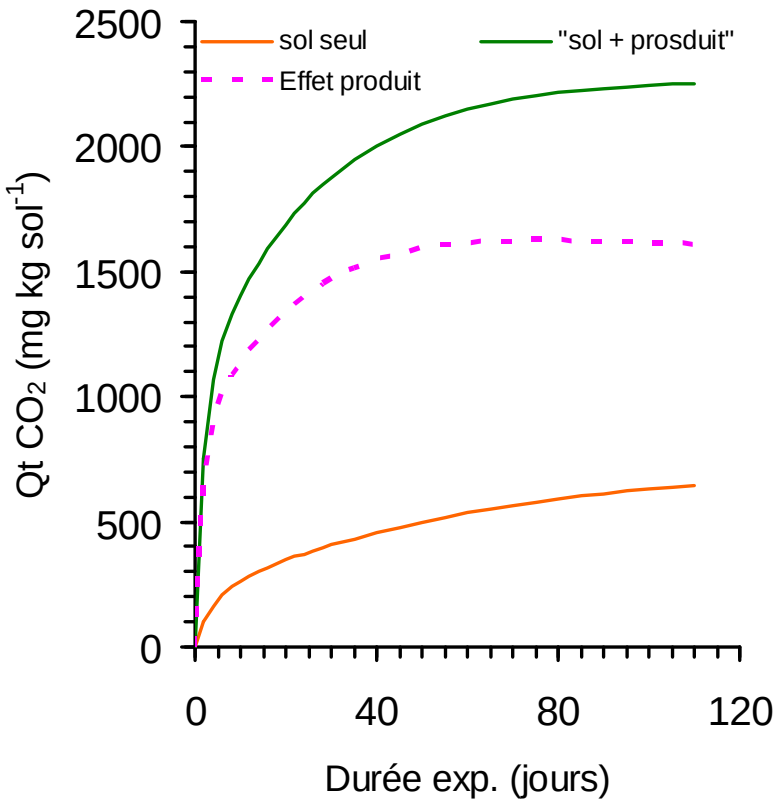
# [$CO_2$] : dispositifs de piégeage

Enceinte fermée avec ajutages de connexion à un CPG



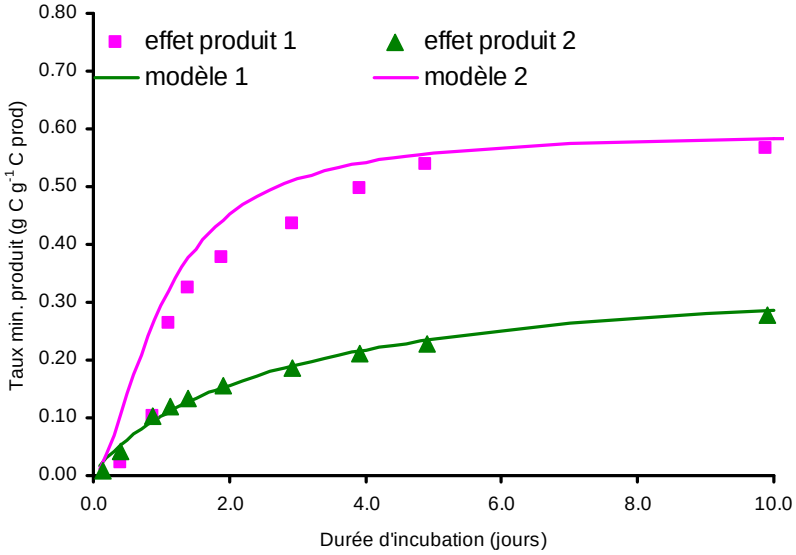
# minéralisation en laboratoire : vitesses et quantités de CO2 cumulées.

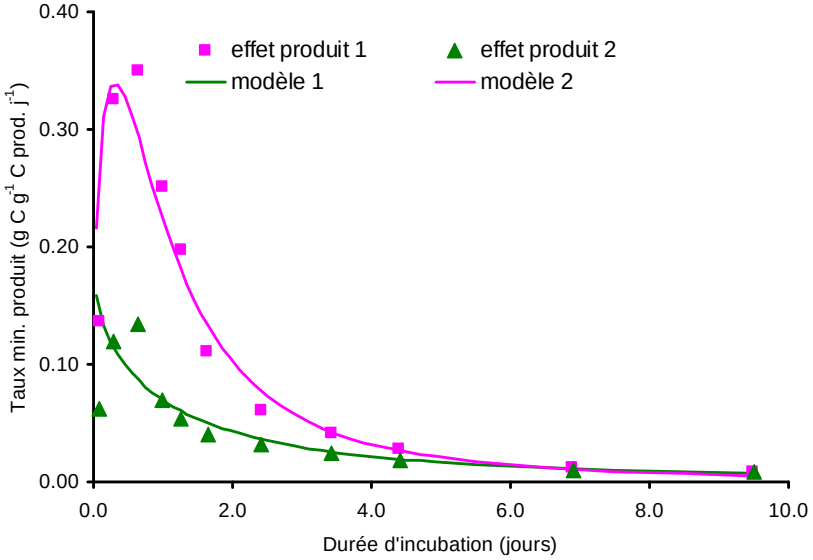


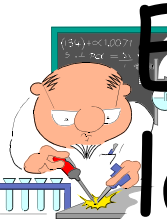

Ajustement des vitesses : combinaison d'exponentielles $A1e^{-k1t} + A2e^{-k2t}$ → Intégration de la fonction vitesse : Qt $CO_2$ cumulées

# Minéralisation en laboratoire : cinétique en temps courts « effet démarrage »

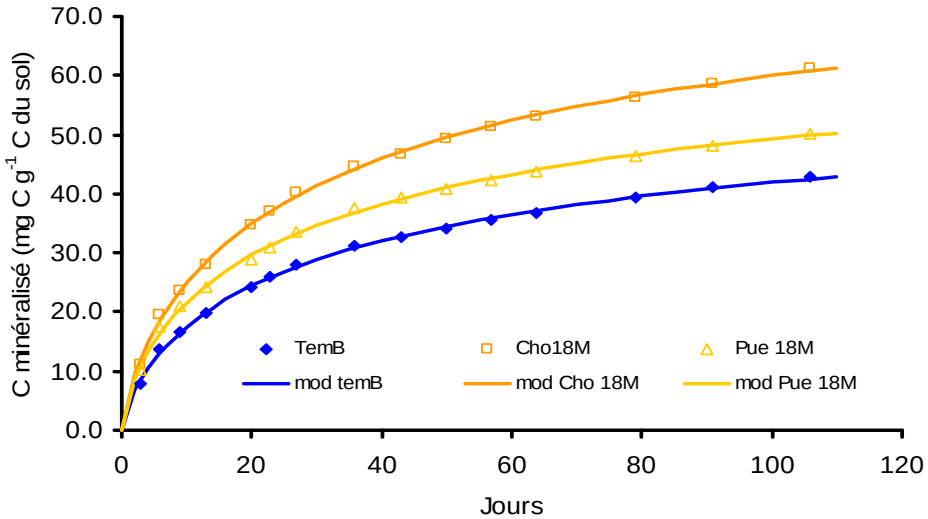


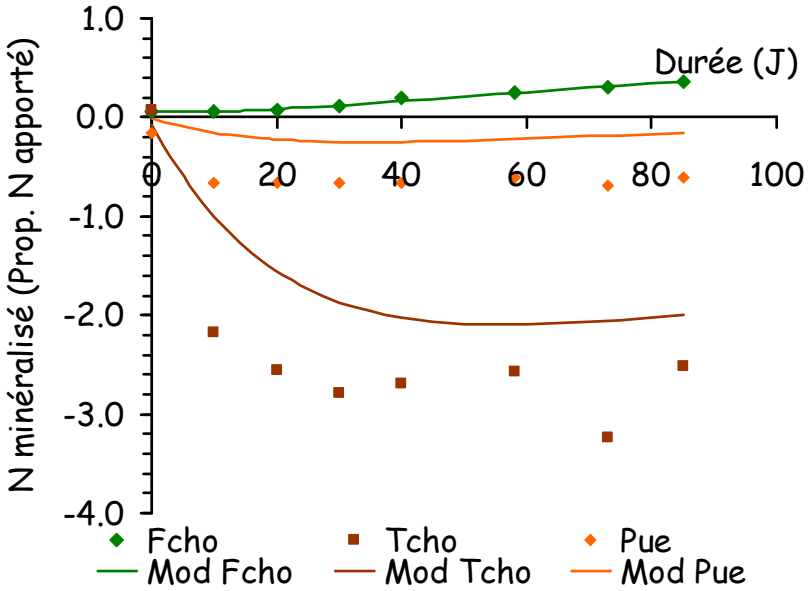

Modélisation logistique du taux cumulé de minéralisation du C → Vérification de l'établissement progressif de la minéralisation du produit : installation de la biomasse zymogène



# Expériences de minéralisation en laboratoire : prévoir et modéliser.




Minéralisation des horizons de surface d'un sol ferrallitique sous divers systèmes de culture

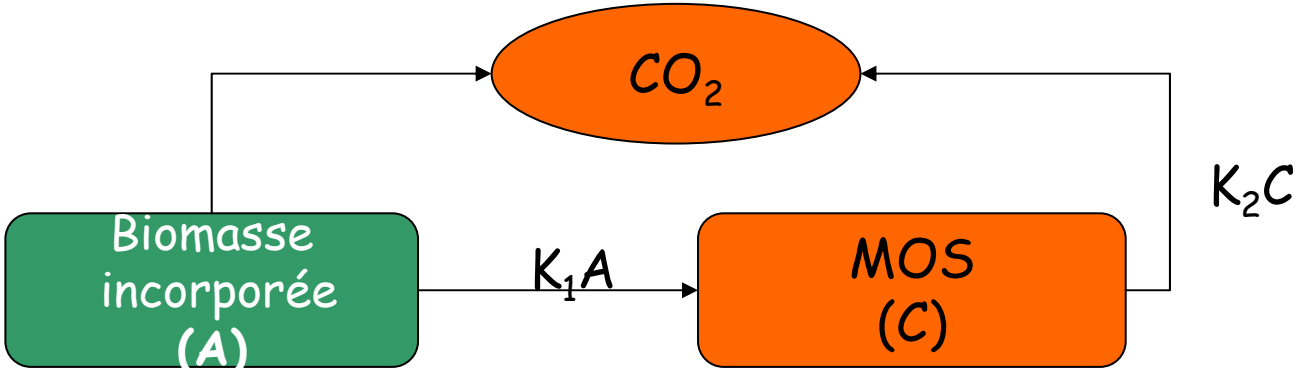



Incorporation de litières fraîches de Pueraria et Chromoleana : immobilisation temporaire de N

**Modélisation Dynamique C et N**

*Source : thèse P. Autfray.*

# Caractériser les évolutions : modéliser un modèle simple (Hénin-Dupuy)




$$H(t) = \frac{K_1A}{K_2} + \left(H_0 - \frac{K_1A}{K_2}\right)e^{-k_2 t}$$

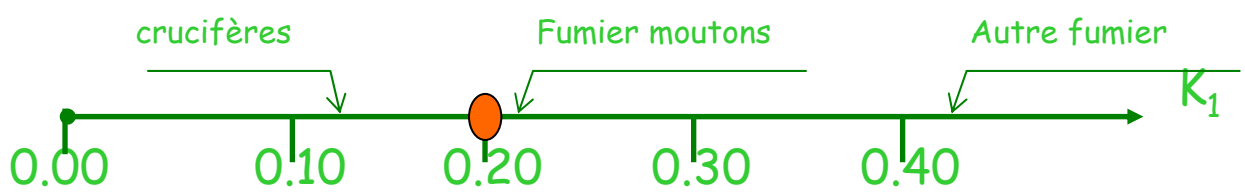
$H_0$ = 20.6 t $ha^{-1}$

$K_1$ racines = 0.15

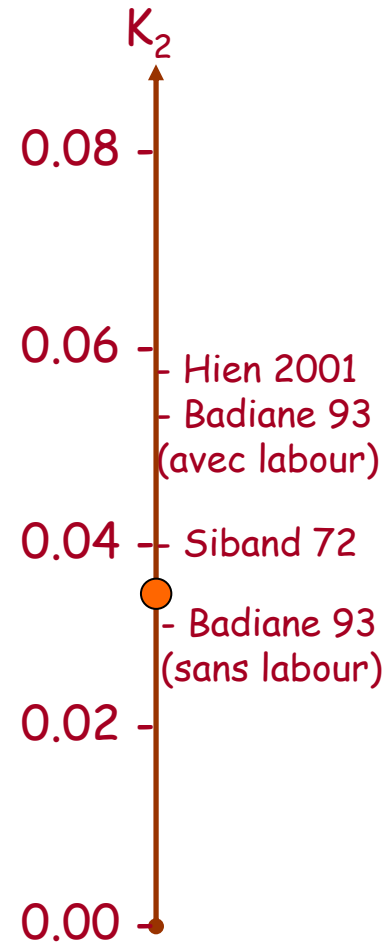
# Exemple : détermination des coefficients K1 (acrisol BKF) et K2 (fumier de parc)

| Traitement | K2 | K1 |
|---|---|---|
| Témoin | 0.04 | |
| engrais faible dose (e) | 0.03 | |
| engrais forte dose (E) | 0.04 | |
| e + fumier | | 0.2230 |
| E + FUMIER | | 0.1796 |

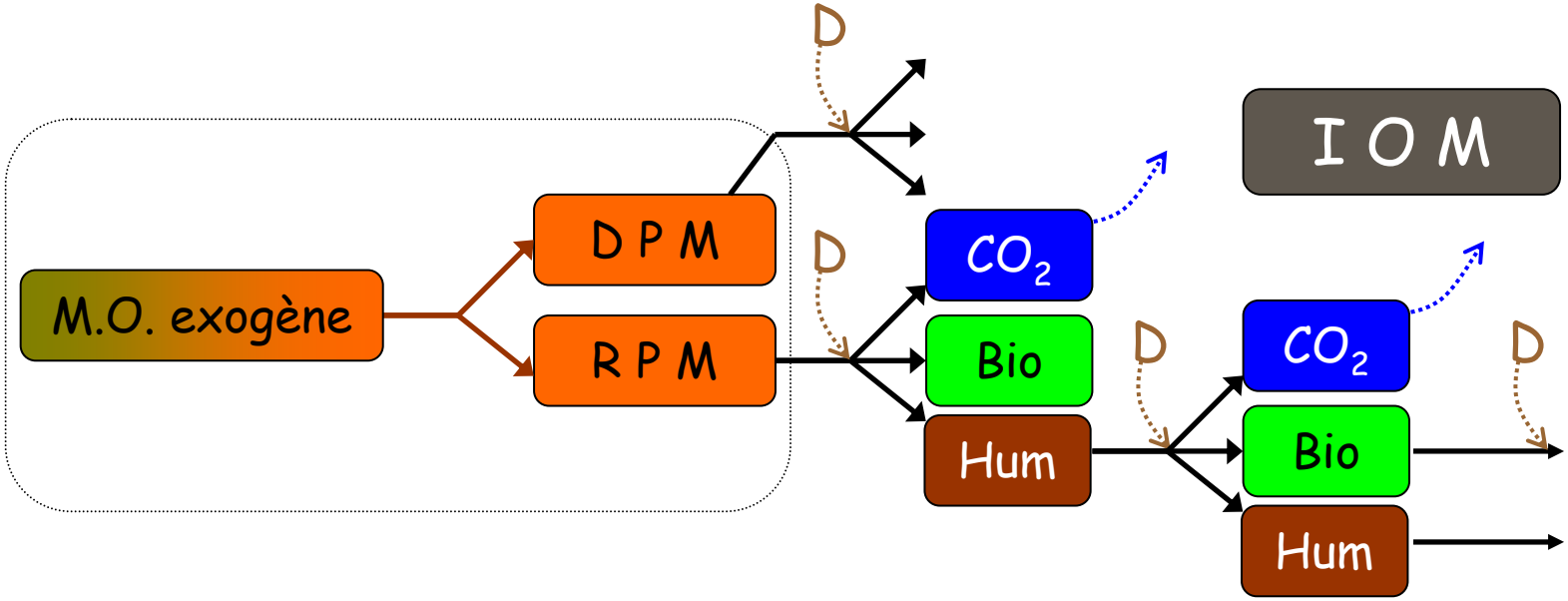
Ajustement : 11 dates sur 40 années d'évolution




Valeurs acquises dans ce cas



# RothC : prévoir l'évolution des apports de M.O. exogènes




Décomposition : $Y = Y0\ e^{-abck\ t_{(mois)}}$

a : facteur température

b : facteur humidité

c : facteur « couverture du sol »

K : constante de minéralisation du compartiment

DPM : M.O. décomposable

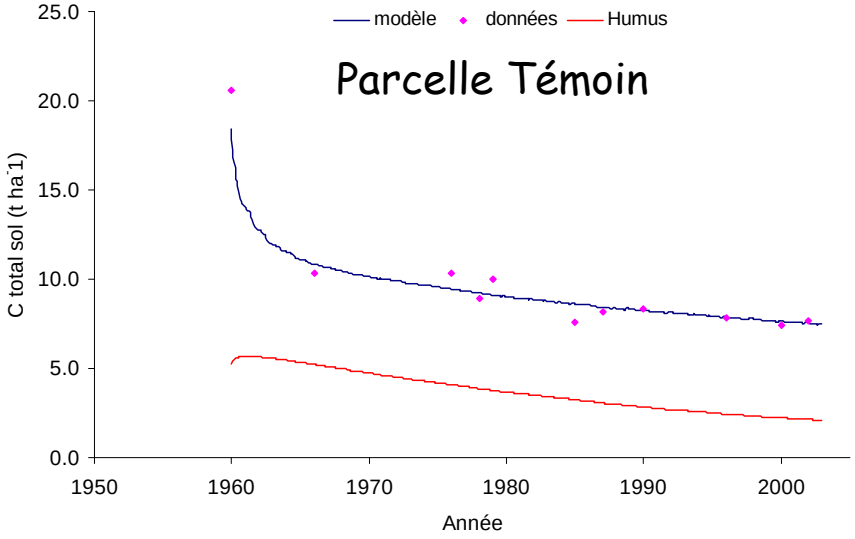
RPM : M.O. résistante

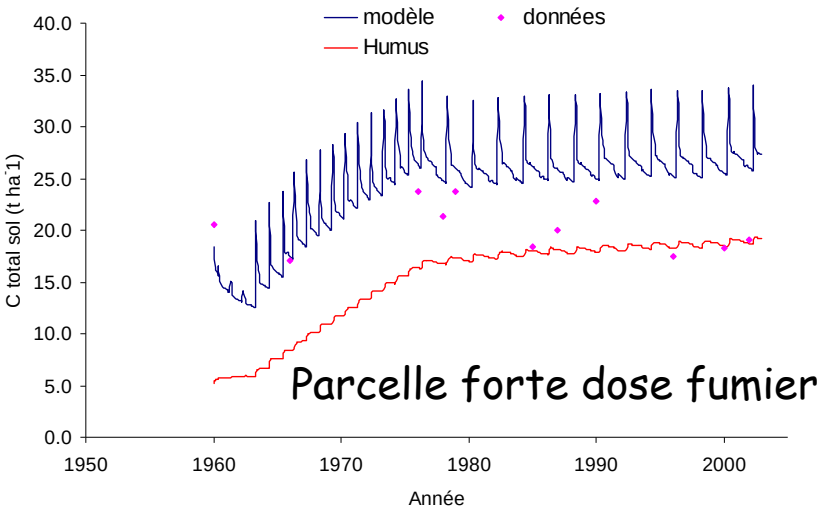
IOM : M.O. inerte

Bio : biomasse µbienne

Hum : M.O. humifiée

# Prévision de l'évolution du C d'un acrisol du Burkina Faso avec et sans apport de fumier

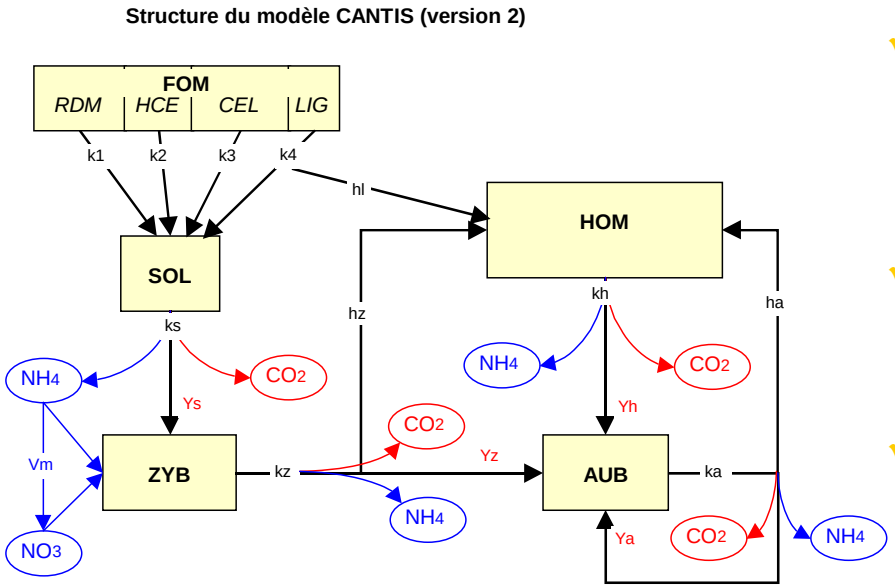



- ✓ Incertitudes sur l'état initial (prlvt jachère voisine)
- ✓ Simulation convenable de la parcelle « témoin »
- ✓ Ecarts à la réalité dans le cas de forts apports de fumier
  - Hypothèses avancées : réalité des apports
  - Effet de la macrofaune
  - Qualité du fumier (constante K inadaptée)
  - « dispersion » des apports

*Thèse E. Hien*

# Cantis* : meilleure prise en compte de la nature des M.O. (composition biochimique)



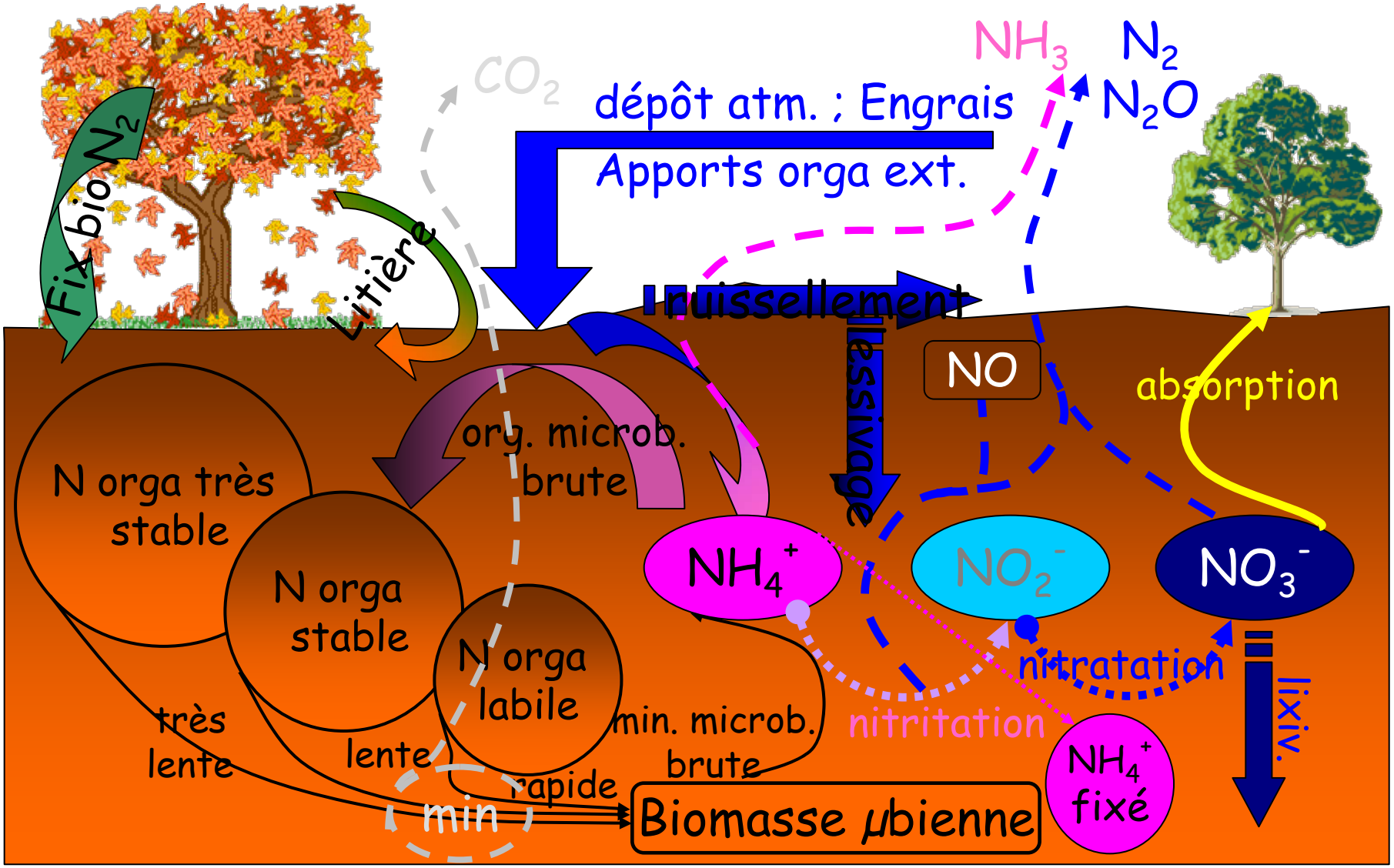

- ✓ Prise en compte de la composition « pariétale » (Van Soest)
  - K spécifique par compartiment
  - Module spécifique pour mulch
- ✓ Deux pools de biomasse µbienne
  - Autochtone (AUB) humus
  - Zymogène (ZYG) M.O. exogène
- ✓ Biom µbienne morte décomposée par AUB

$$\frac{dC_i}{dt} = -k_i C_i f_B f_N f_T f_W$$

- $f_B$ : param. contact sol-produit
- $f_N$ : param. Insuf. N min
- $f_T$ : param. Température
- $f_W$ : param. Humidité

* : Développé par l'INRA (Garnier et al 2001)

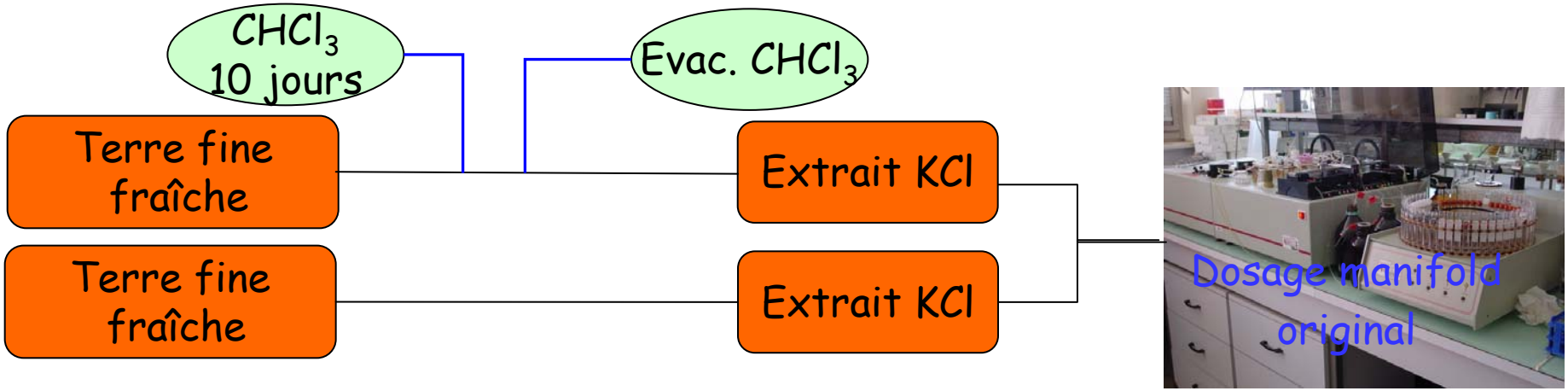
# La biomasse microbienne : un acteur essentiel difficile à saisir



# Techniques de caractérisation de la biomasse microbienne

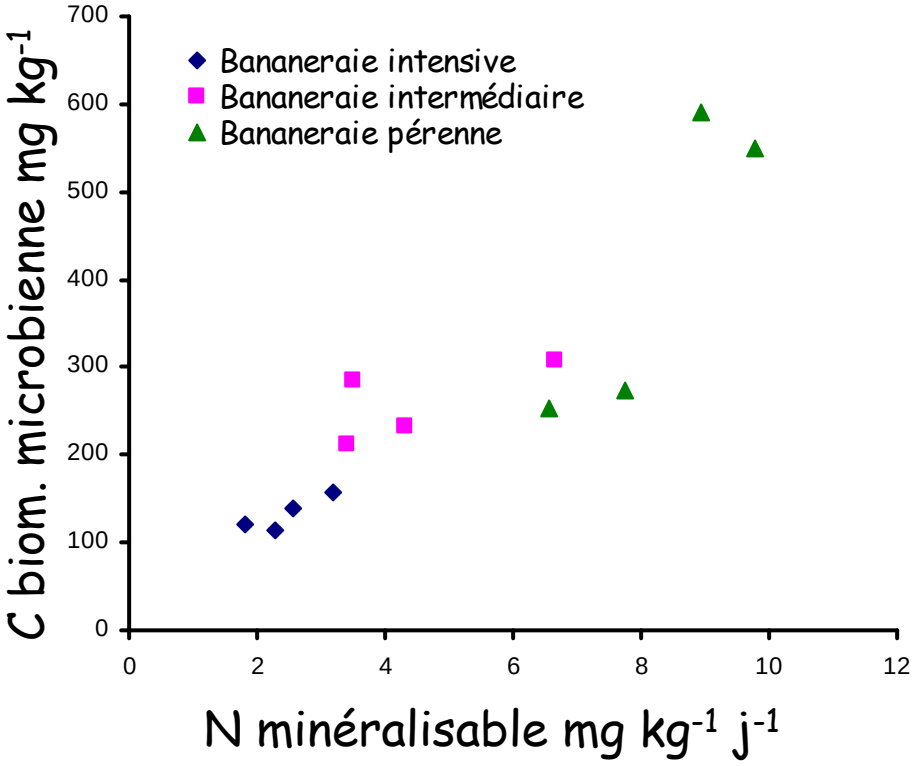
- ✓ Dénombrement
  - Comptages direct sous microscope
  - Comptage de colonies sur milieu de culture
    - Dépendant de la composition du milieu
    - Sensibilité biom. zymogène vs biom. autochtone
    - Identification par culture sur milieux sélectifs
- ✓ Méthodes indirectes d'estimation
  - Dosages de composés spécifiques (expl. : ergostérol de la biomasse fongique)
  - Méthodes par fumigation
    - Fumigation – incubation et mesure activité métabolique relativement à un échantillon non fumigé.
    - Fumigation – extraction et dosage d'indicateurs de présence de la produits de lyse des µorganismes sur echts fumigés vs non fumigés
      - Dosage $C_{tot}$, $Nto_t$ sur extrait $K_2SO_4$
      - Dosage N alpha-aminé sur extrait KCl
  - Respiration induite par le substrat
    - Ajout de glucose et détermination du surplus d'activité ($CO_2$) par rapport sol seul

# Technique fumigation-extraction et dosage de N alpha-aminé.

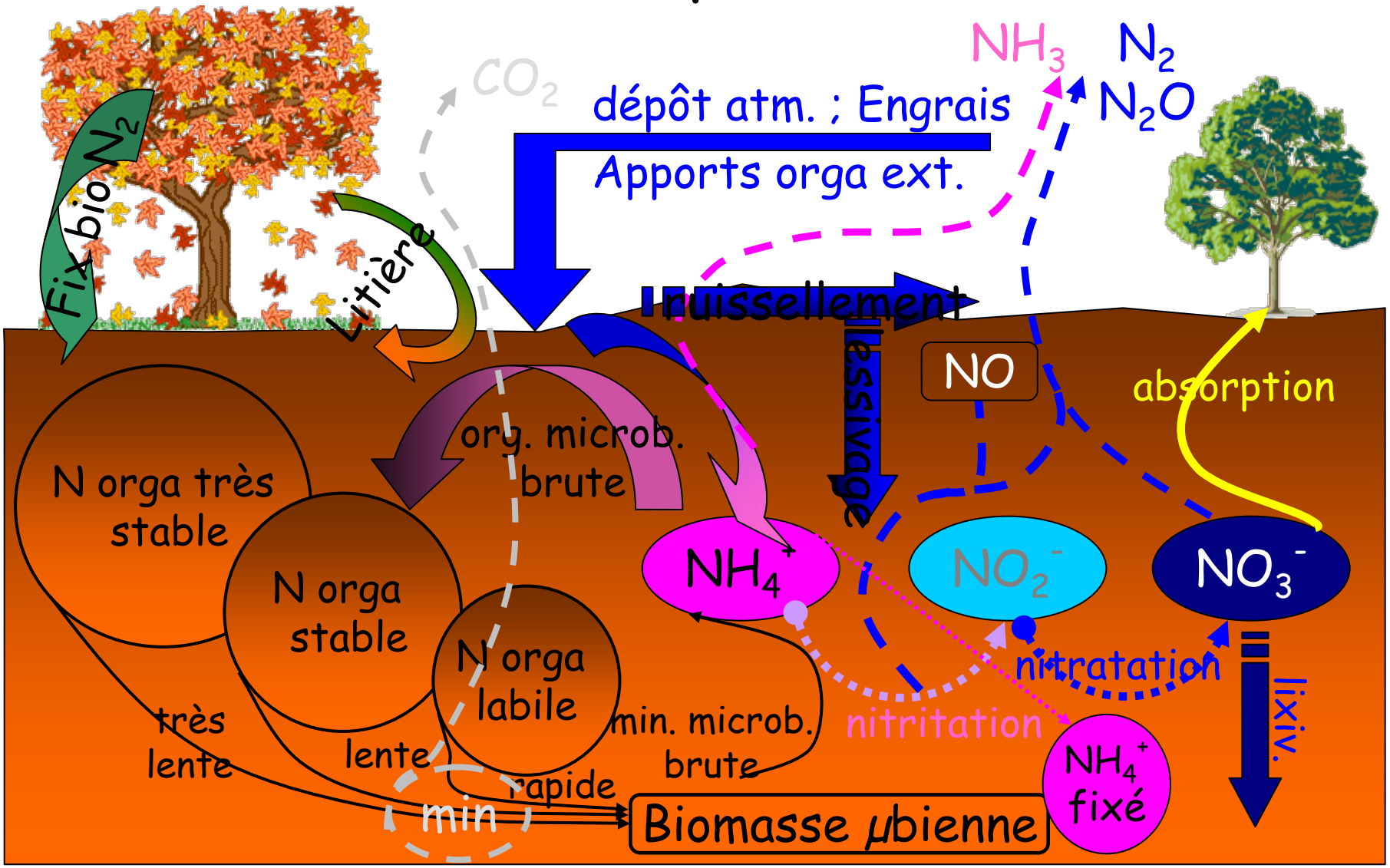



- ✓ Matériel nécessaire
  - hotte et pompe à vide
  - dessicateur en verre
  - matériel pour l'extraction de N minéral

# Biomasse microbienne et N minéralisable en bananeraies martiniquaise

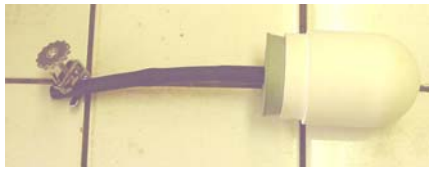


# Cycle de la M.O. : mesurer les fuites de N minéral hors du profil cultural

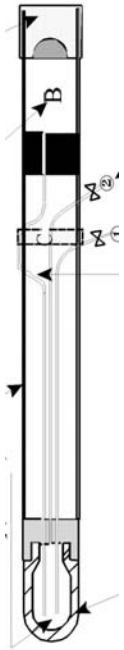


# Les pertes par lixiviation : outils de prélèvement de la solution du sol.

Mise en place au Brésil



Bougies poreuses SDEC et Tensionics

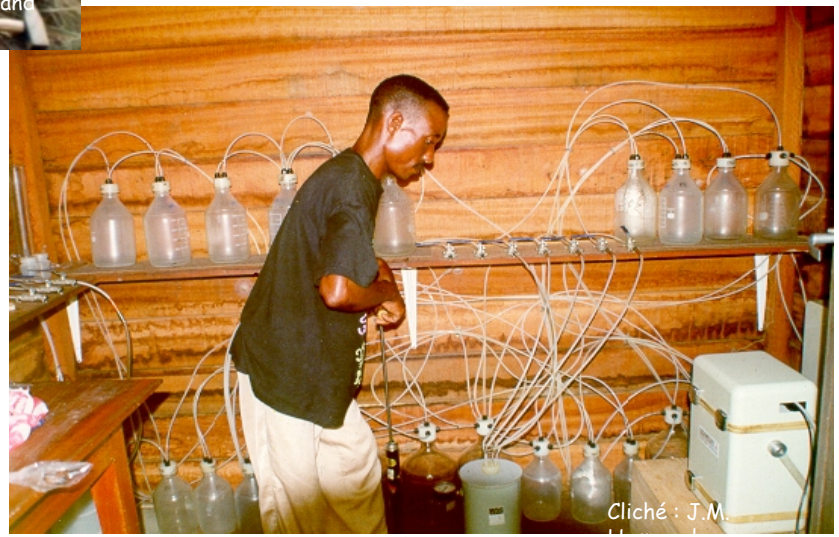


- ✓ Principe d'utilisation :
  - solution du sol éch. avec $H_2O$ distillée (10 jours)
  - Mesure simultanée (complet) ou non Tension-[solt. Sol]
- ✓ Implantation
  - Traitements : Offset ; SD ; Labour + enfouissement
  - Implantation parfois difficile sinon impossible
  - 2 côtes au moins par site (tensio.)
- ✓ Suivi
  - Doit être associé à l'étude des flux hydriques
  - Aléas divers : (décrochage)Analyses : $NH_4^+$ ; $NO_3^-$ ; tension

# Collecte de la solution du sol : fosses lysimétriques au Congo

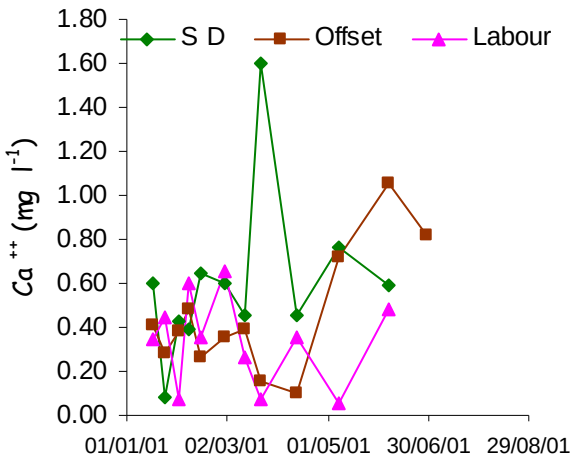
dispositif d'interception du flux de solution

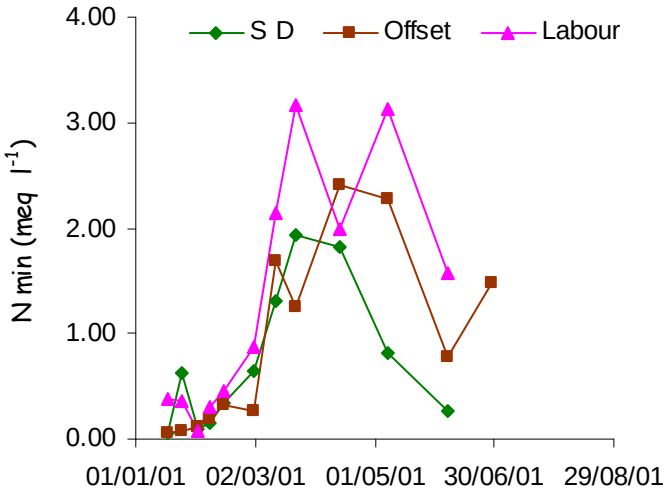
- ✓ dispositif « lourd »
- ✓ contraintes de terrain importantes




Fosse de collecte des solutions

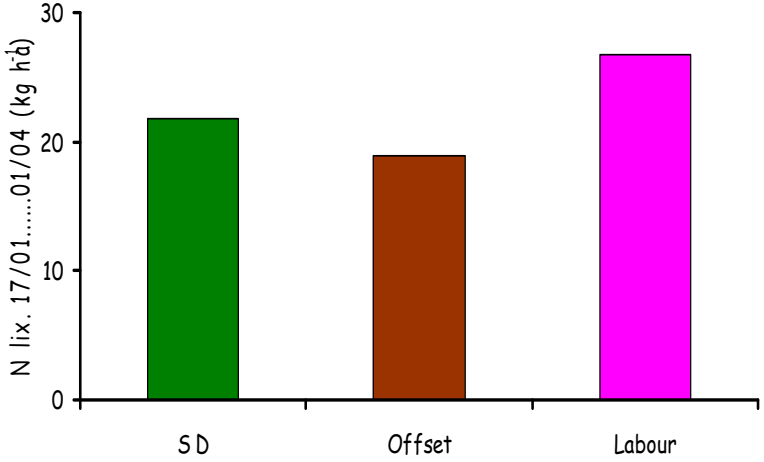
# Tensionics : évolution de la [él]



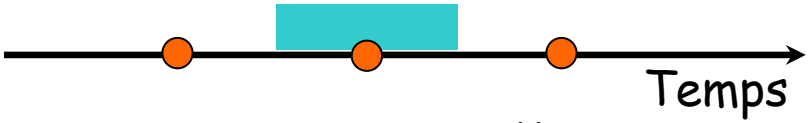




- ✓ Dynamique « régulière » pour N min
  - o Différenciation des dynamiques selon les techniques culturales
- ✓ Pics importants ponctuels de $K^+$ ; $Cl^-$ ; $Ca^{++}$

# Lixiviation : Estimation des quantités lixiviées



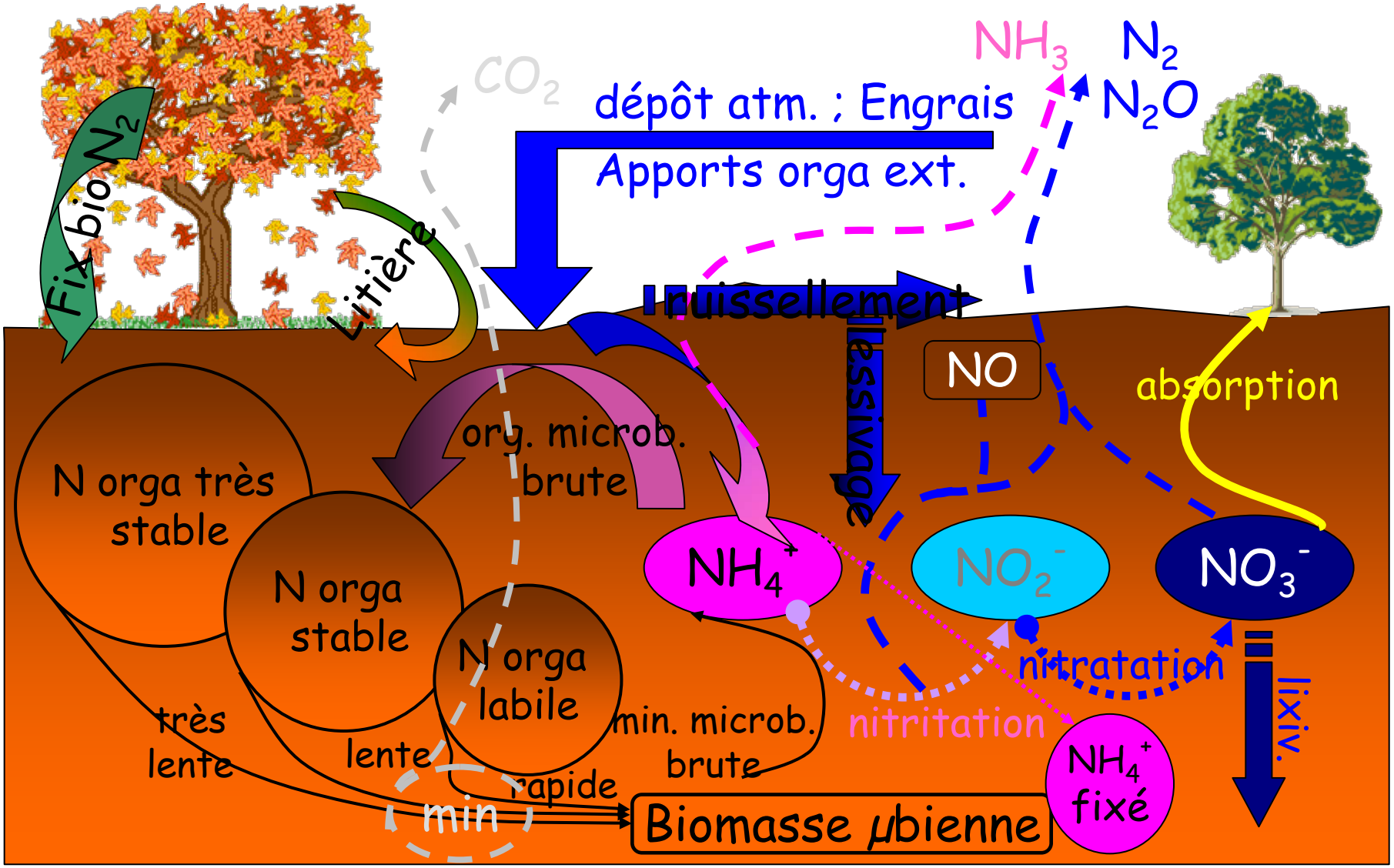

- ✓ Base de calcul :
  - drainage « issu du modèle »
  - [N] de la solution du sol = $N\text{-}NH_4^+ + N\text{-}NO_3^-$
  - Intrapolation linéaire de N entre deux mesures
  - Flux = drainage * [N]



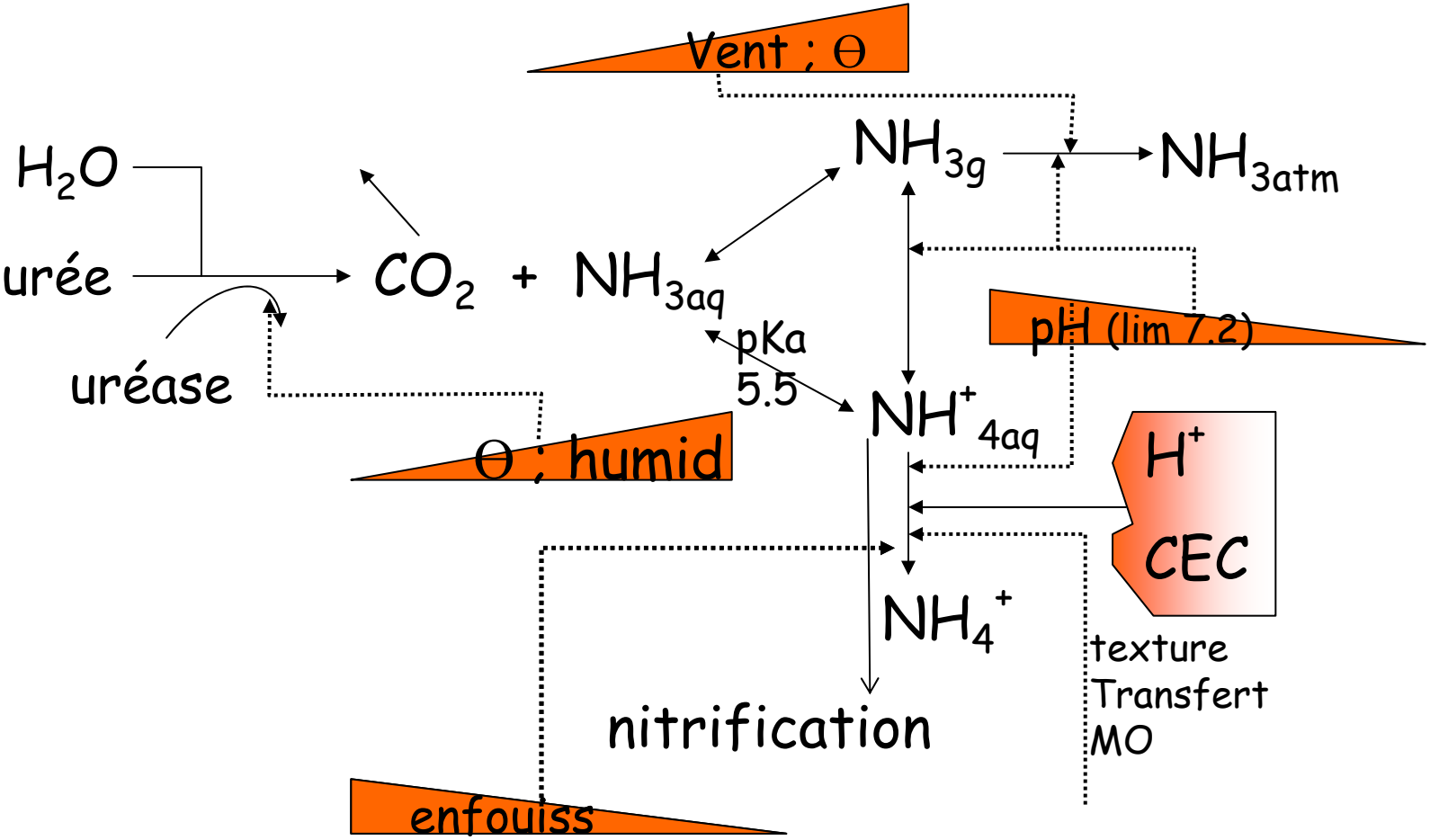

Mesure [N]

Période de flux d'eau associée à la mesure de [él]

# Cycle de la M.O. :fuites gazeuses de N (volatilisation-dénitrification)



# Les conditions de la volatilisation : apports d'urée en conditions d'aérobiose



# Volatilisation : méthodes d'études

- ✓ Sur le terrain :
  - Tour micro-météo : (piégeage $NH_3$ à divers étages ; exploitation…)
  - Tunnels : (surface délimitée ; piégeage d'une aliquote du flux circulant)
  - Pièges ponctuels
- ✓ En microcosmes :
  - Pièges à circulation (barbotage)
  - Pièges statiques (papier filtre imbibé $H_2SO_4$)
    - Simplicité ; sensibilité modulable ; prbls géométrie dispositif

# Volatilisation : microcosmes et dispositifs de piégeage

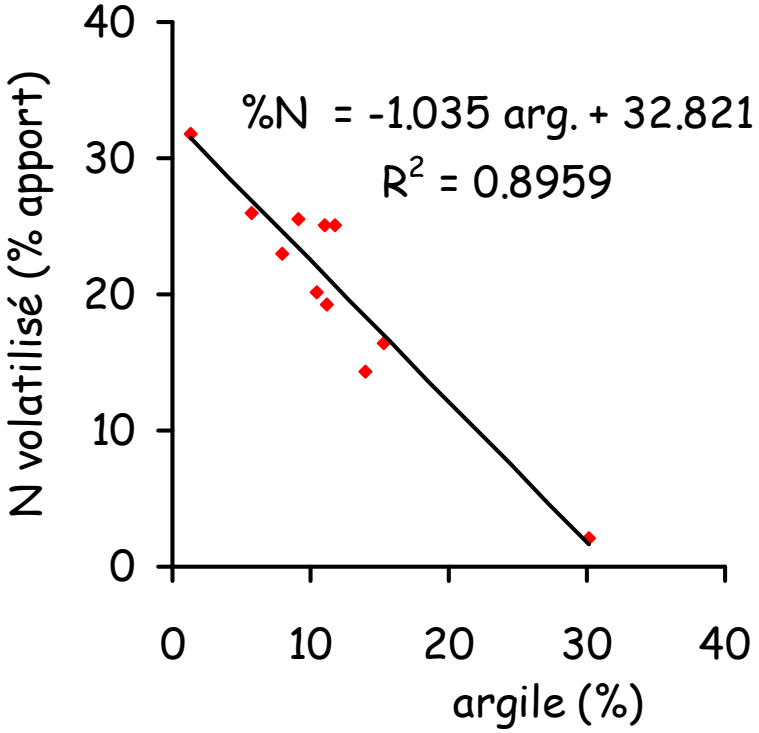
a) : piégeage par barbotage

b1) : godet équipé d'un filtre piège

b2) : connection flacon incubateur dosage "multi gaz"

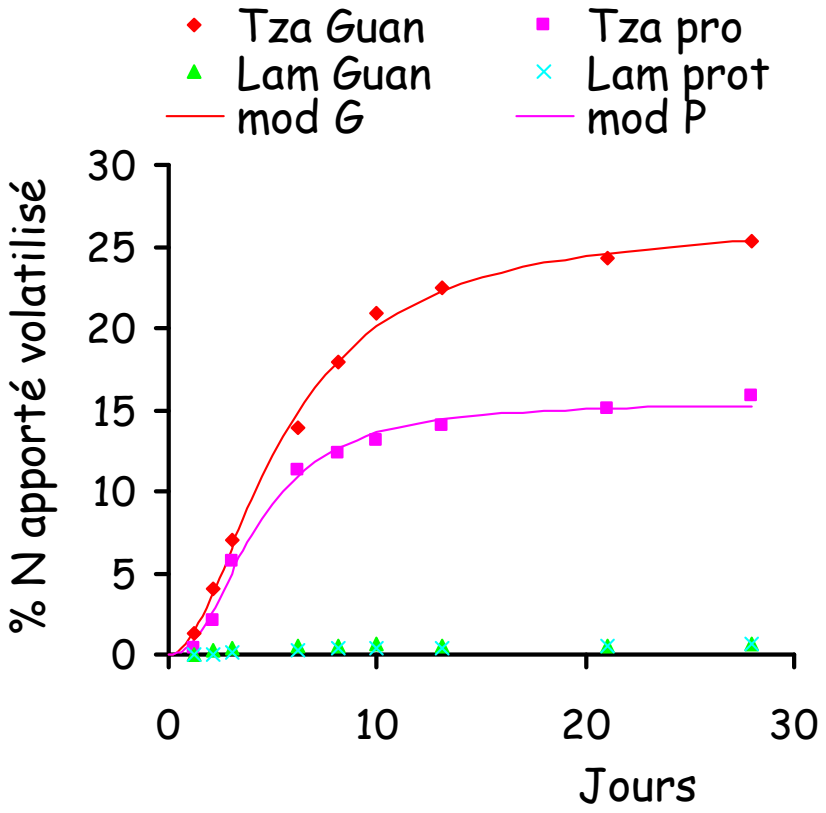
# Volatilisation : effet de la texture sur la part de N engrais volatilisée

- ✓ Dispositif : piège par barbotage
- ✓ sols ferrugineux région Manga (BKF)
  - o pH lgt acide ou neutre
  - o Faible pouvoir tampon
  - o Toutes positions toposéquence
  - o Tous systèmes de culture
- ✓ Apport urée en surface



# Volatilisation : Dynamique en labo de la volatilisation avec incorporation de M.O.

- ✓ Dispositif : piège statique
- ✓ sols sableux (Tza) et argileux (Lam)
- ✓ dosage par colo auto. après échange par KCl N
- ✓ modélisation logistique de la dynamique
  - o Guan → 26% ; Prot → 15%



# $N_2O$ : Dépendance de l'état hydrique

- ✓ **Par nitrification :** *(nitromonas , nitrobacter)*

Nitritation : $NH_4^+ + 3/2\ O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + H^+$

$C_2H_2$ 10 Pa

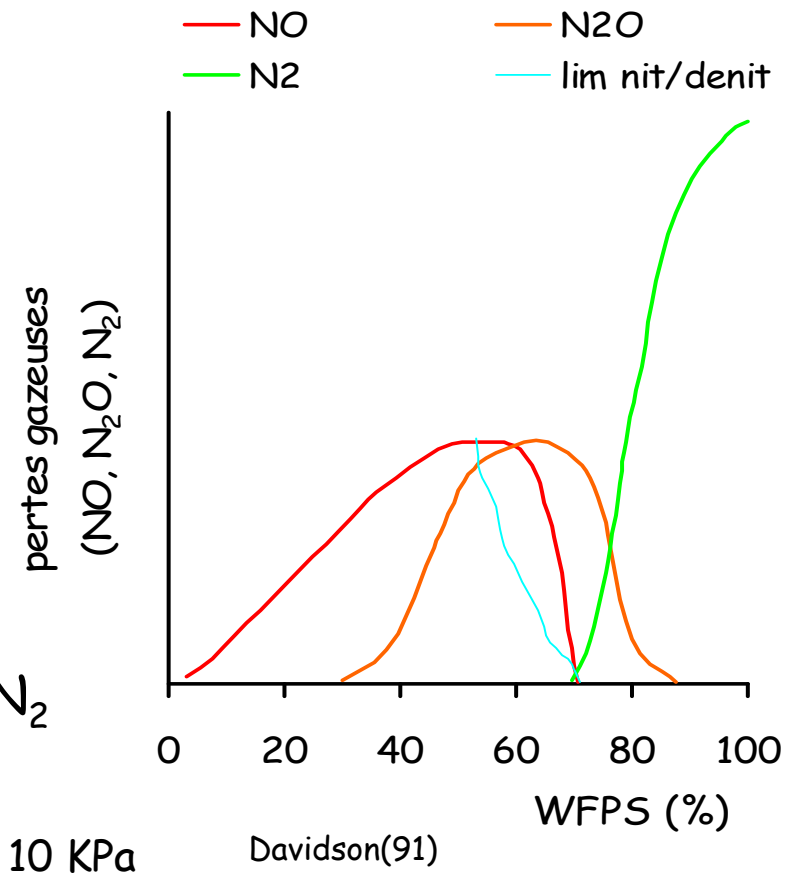
Nitratation : $NO_2^- + 1/2\ O_2 \rightarrow NO_3^-$

- ✓ **Par dénitrification :** *(bact. Anaérobies facultatives)*

$$NO_3^- \rightleftarrows NO_2^- \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

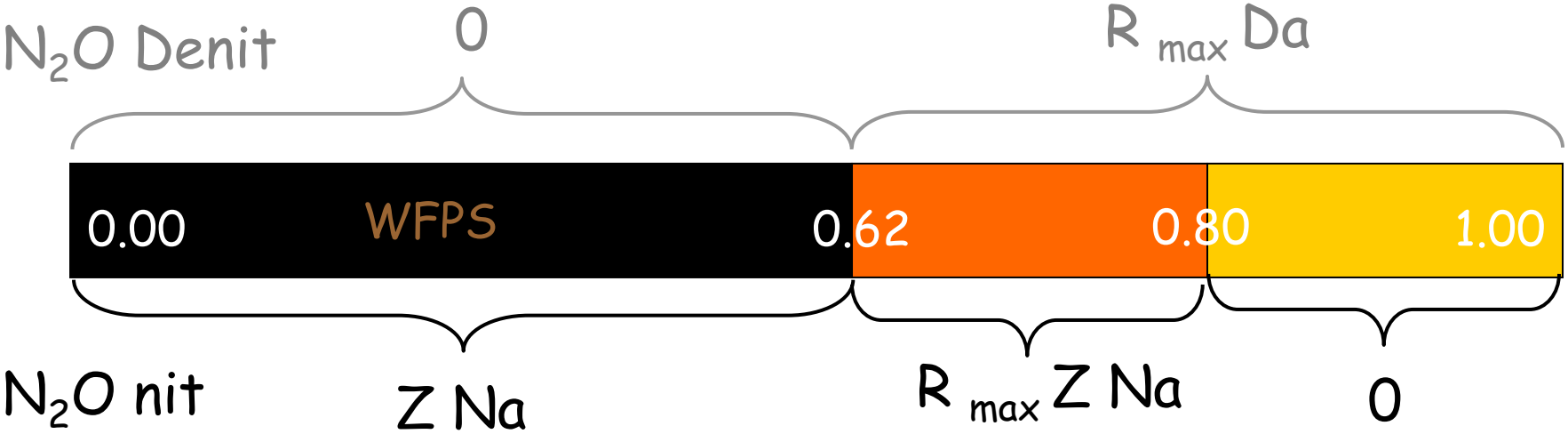
$$NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O$$

$C_2H_2$ 10 KPa




WFPS : taux remplissage en eau des pores = $Hp\ \gamma_r\ \gamma_d / (\gamma_r - \gamma_d)$

# Modélisation des flux de N-$N_2O$ : NOE part due à la nitrification




$Na = N_w \, N_{NH4} \, N_T$

$N_w$ : taux nitrification selon la teneur en eau du sol (linéaire)

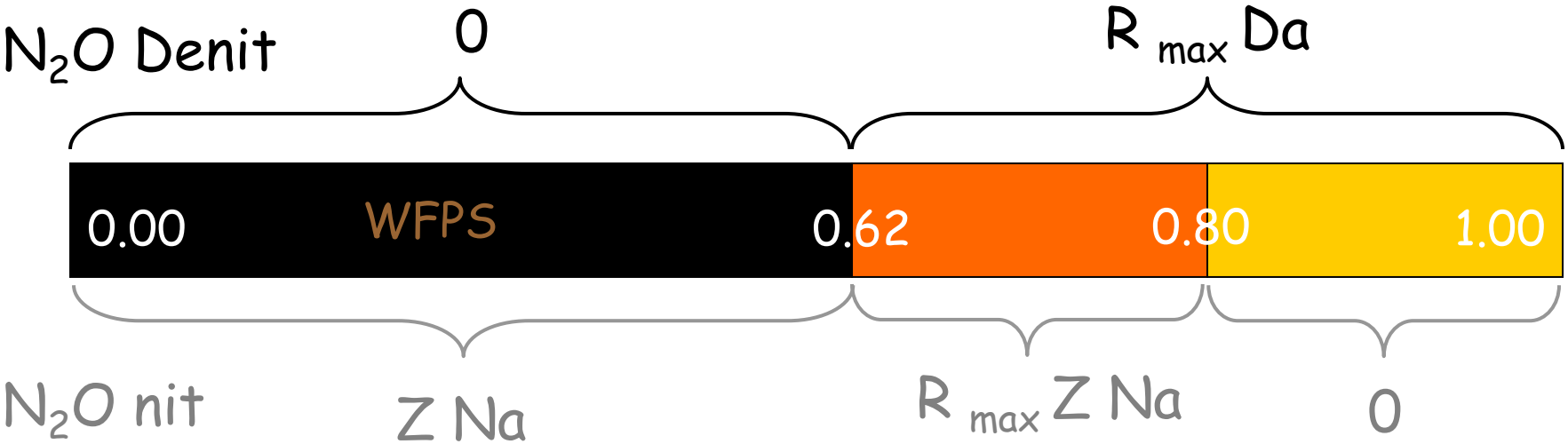
$N_{NH4}$ : taux de nit. selon teneur en $NH_4$ ($f(x) = X/(A+X)$)

$N_T$ : facteur de réponse nit à température (type $Q_{10}$)

Z : coefft de conversion nit → émission $N_2O$ si WFPS < 0.62

$R_{max}$ : ratio maximum de $N_2O$ emis par dénit en anaérobiose/($N_2O$ + $N_2$)

# Modélisation des flux de N-$N_2O$ : NOE part due à la dénitrification




$Da = Dp\ F_N\ F_W\ F_T$

$D_p$ : Vitesse potentielle de dénitrification

$F_N$ : taux de denit selon teneur en $NO_3$ ($f(x) = X/(A+X)$)

$F_w$ : facteur de réponse de la denit à l'humidité (WFPS)

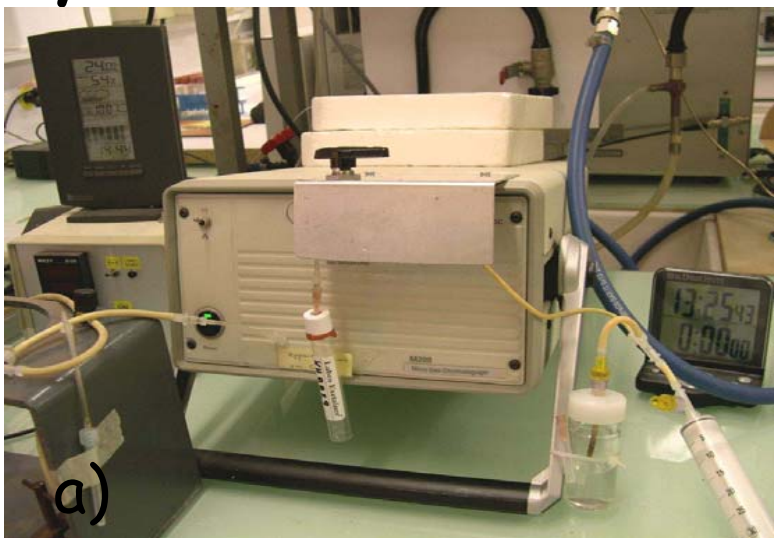
$F_T$ : facteur de réponse dénit à la température (type $Q_{10}$)

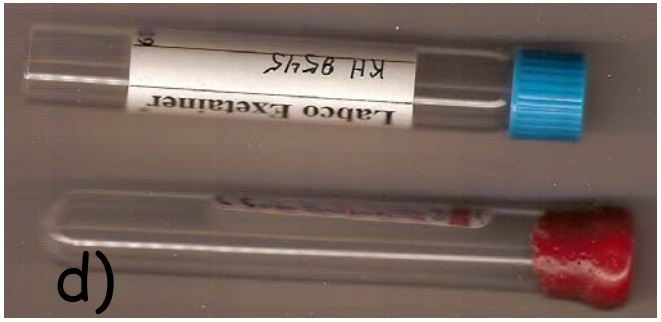
$R_{max}$ : ratio max. de $N_2O$ émis par dénit en anaérobiose $N_2O/(N_2O + N_2)$

# N2O : techniques de détermination

- ✓ CPG détection par microcatharomètre
  - Gaz vecteur $He_2$
  - Sensibilité ~ 1 à 10 vpm N2O selon réglages
  - Piquage direct dans les flacons ou tubes
  - Acquisition chromatogramme : 1 mn
- ✓ CPG détection par ECD ($^{63}Ni$)
  - Gaz vecteur Argon 90- $CH_4$ 10
  - Sensibilité ~ 0.1 vpm
  - Injection : seringue Hamilton à robinet d'arrêt
  - Acquisition chromatogramme : 4 minutes

# $N_2O$ :panoplie du parfait petit analyste






a): CPG micro catha ; b): seringue Hamilton + exetainer ; c) : CPG ECD Varian

d) : tubes de stockage de type exetainer et vénoject

# Objectifs et techniques d'étude de la production de $N_2O$ par les sols

- ✓ En microcosme
  - Mesure activité dénitrifiante.
    - Sur terre remaniée (C et N non limitants) ; + $C_2H_2$ ; dynamique sur 1 à 6 heures ; anaérobiose ; saturation en eau (labo)
  - Production potentielle de $N_2O$ par dénit
    - Sur cylindre de sol en place (10 rep) ; saturation en eau ; ($NO_3$ non limitant) dynamique 1 à 4 heures (thèse Herlgouac'h)
  - Capacité de réduction du N2O produit :
    - Incubation sur plusieurs jours (1 à 10) ; sol saturé ; $NO_3$ non limitant ; deux séries avec et sans $C_2H_2$ (thèses Bonzi ; Metay ; Herlgouac'h)

# $N_2O$ : production potentielle de $N_2O$ sous caféier

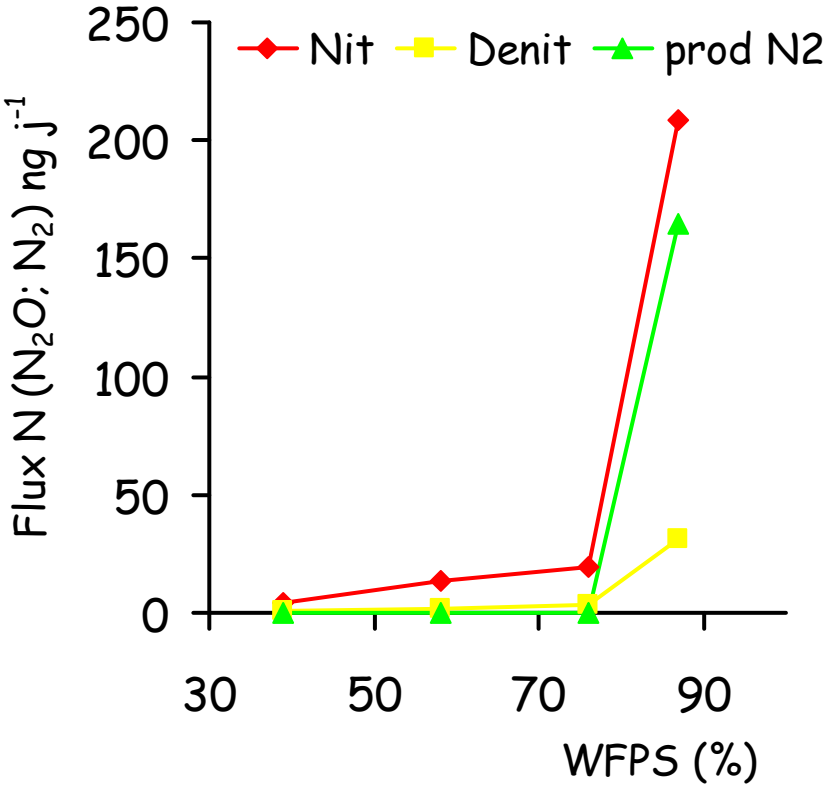
| Zone fertilisée | | oui | non |
|---|---|---|---|
| (g N ($N_2O$) $ha^{-1}$ $j^{-1}$) | | | |
| Culture | Plein soleil | 797 ± 215 | 270 ± 43 |
| | ombragée | 179 ± 28 | 114 ± 52 |

*Herlgouac'h (2005)*

# Production de N2O par nit. et denit. Selon le WFPS

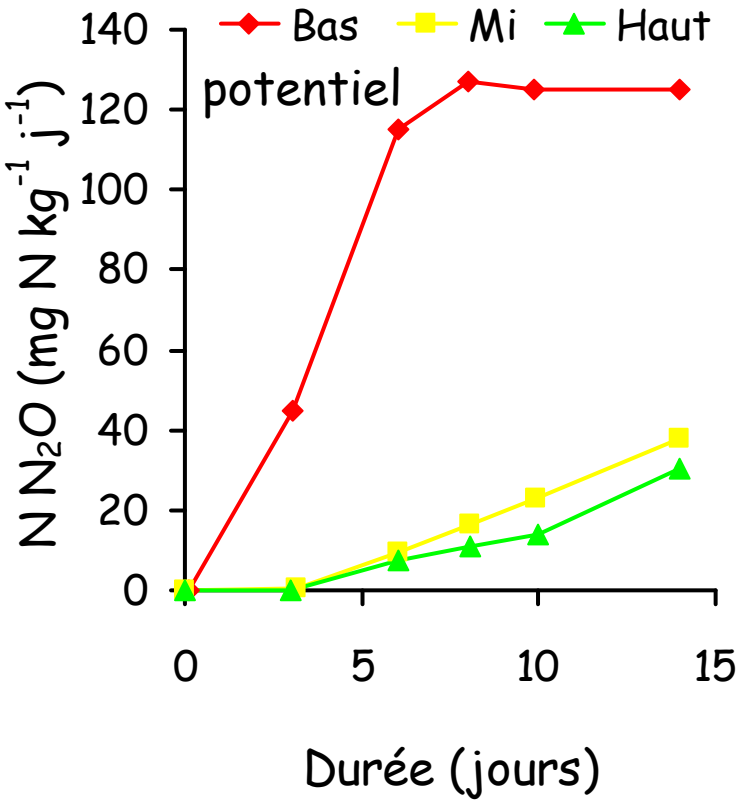
L'utilisation simultanée de $C_2H_2$ aux pressions partielles de 0 ; 10 Pa et 10 Kpa permet de différencier les sources et voies de pertes gazeuses en N

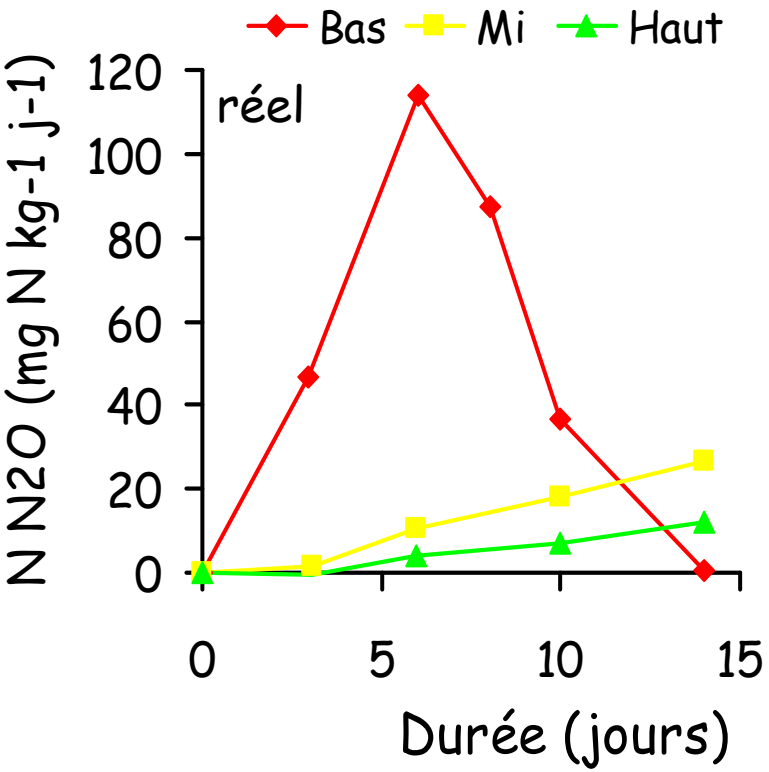
- ✓ Même à WFPS 87% production dominante de $N_2O$ : nit !!!
- ✓ Production de $N_2$ très forte à 87% WFPS



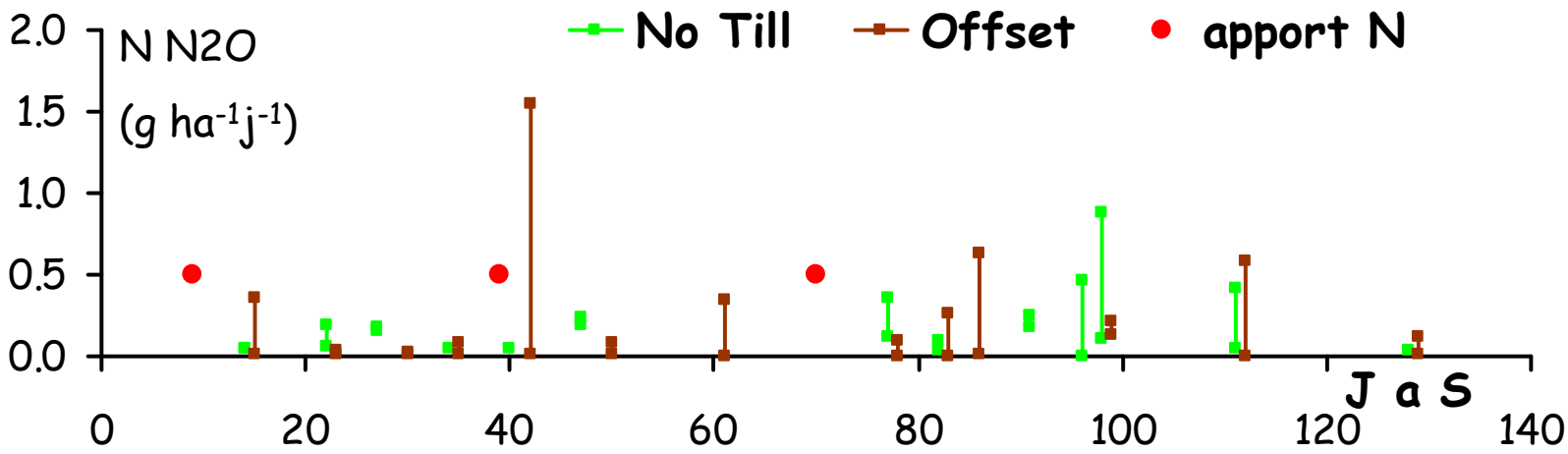
# Réduction en $N_2$ du $N_2O$ potentiellement produit : cas d'une toposéquence au BKF

En bas de pente : réduction rapide en $N_2$ du $N_2O$ produit.



# Flux de $N_2O$ in situ : quelques résultats

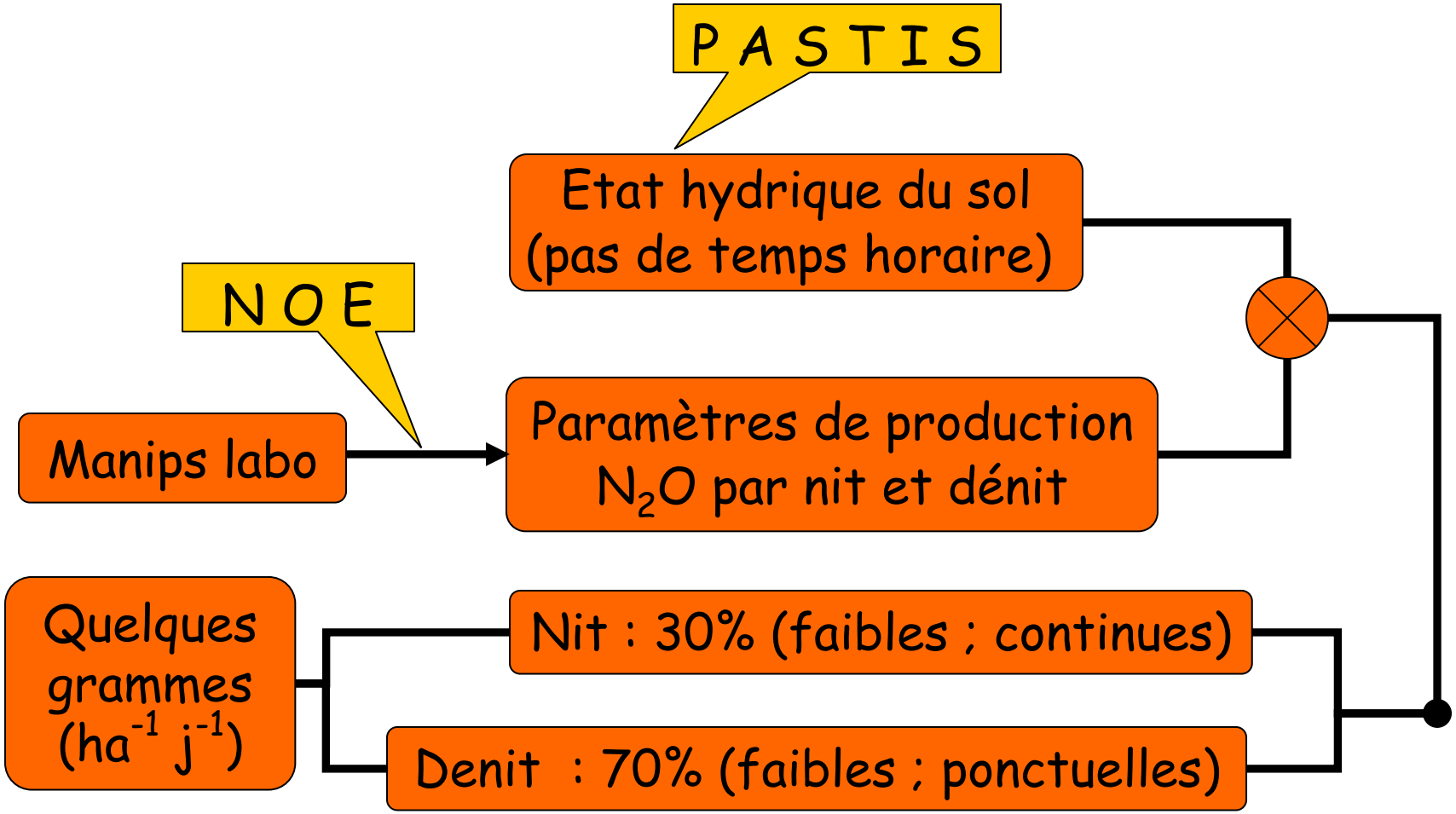



- ✓ Mesure soumise à de nombreuses sources de variabilité et aléas
  - o Variabilité spatiale : Spots d'émission (f(MO ; Hv ; fumure ; structure…)
  - o Conservation des échantillons et analyse « délicate »
- ✓ Suivi nécessairement ponctuel et discontinu (sauf par méthodes micro météo)
- ✓ Comment intégrer des jeux de données souvent très fluctuants : modéliser

# Modélisation des flux de N-N2O : NOE

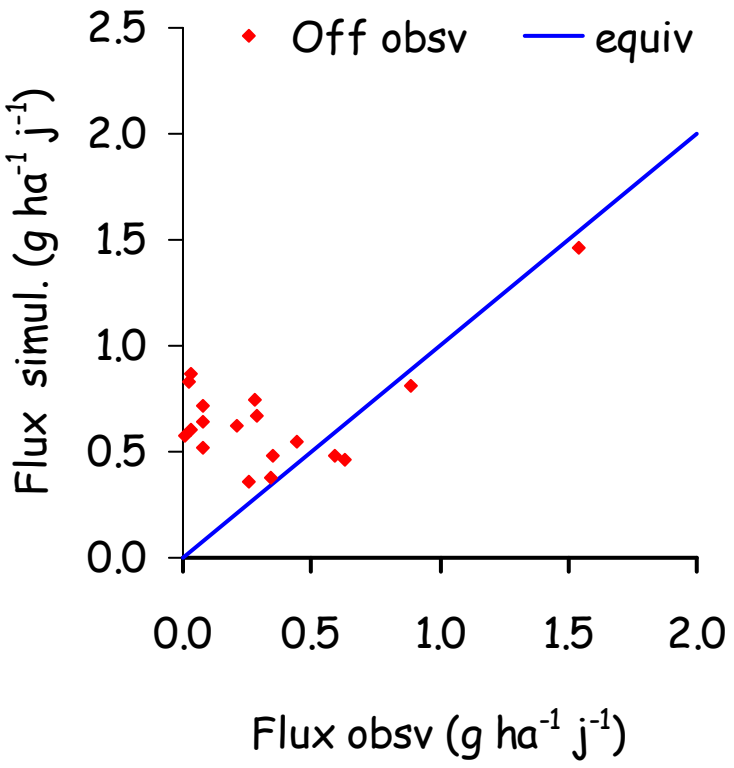
- ✓ Variables d'entrée :
  - Données spécifiques (labo + terrain)
  - Deux sources de N2O :
    - WFPS < 0.70 : processus de nitrification
    - WFPS > 0.70 : processus de dénitrification
- ✓ Validation
  - ponctuelle des variables → estimation flux ponctuels
  - facteur majeur des estimations : WFPS
- ✓ intégration sur une période de suivi

# $N_2O$ : sources possibles d'émissions - systèmes cultivés des Cerrados (Brésil)



# $N_2O$ : émissions par nitrification - confrontation obs ↔ mes

- ✓ concordance assez décevante
  - Quelques valeurs proches
  - Sinon simul > observé
- ✓ mise en cause: fuites ; conservation ; analyse ?
- ✓ Problème mieux maîtrisé
  - Exetainers
  - Scellement des tubes (cire)



Retour au Sommaire