



cirad

AGRICULTURAL RESEARCH
FOR DEVELOPMENT



Agroécologie

Outils d'aide à la fertilisation pour l'agroécologie

Animation du CTS Agroécologie

Versini A., Falconnier G., Nobile, C, Mezino M.,
Bravin M., Dorey E., Yemadje L., Wibaux T., Gay
F., Vrignon-Brenas S., Mareschal L.

16 mai 2025



Programme de l'animation

□ Présentation de l'outil d'aide à la fertilisation

- Contexte, enjeux et modes de raisonnement
Gatien Falconnier (AIDA) et Antoine Versini (R&r)
- Le projet FertiDOM et l'outil Amenda
Cécile Nobile (R&r) et Mickaël Mezino (AIDA)

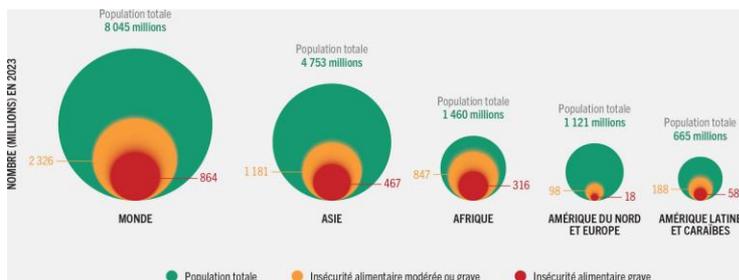
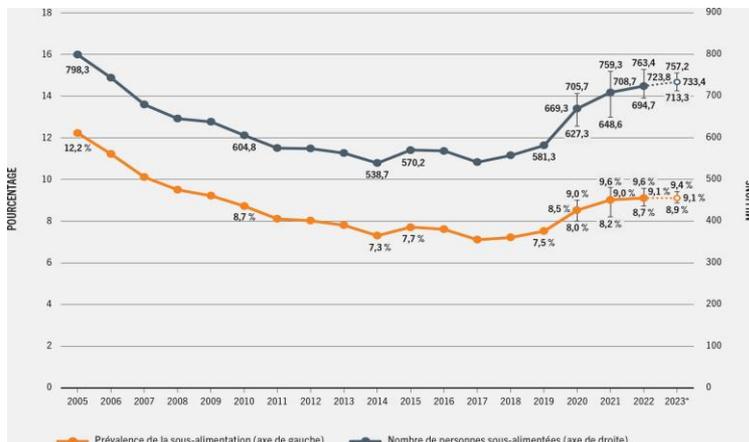
□ Tout de table des initiatives connexes

- Diagnostic de fertilité des sols
Matthieu Bravin (R&r)
- Plan de fertilisation par filière
Banane & Ananas par *Elodie Dorey (Geco)*
Coton par *Lionel Yemadje & Oumarou Balarabe (AIDA)*
Café & Cacao par *Thomas Wibaux (ABSys)*
Hévéa par *Frédéric Gay (ABSys)*
Palmier à huile par *Sylvain Vrignon-Brenas (ABSys)*
Eucalyptus par *Louis Mareschal (Eco&Sols)*

□ Mot de clôture par Eric Justes (*Dir Persyst*)

Contexte, enjeux et modes de raisonnement

La sécurité alimentaire en recul



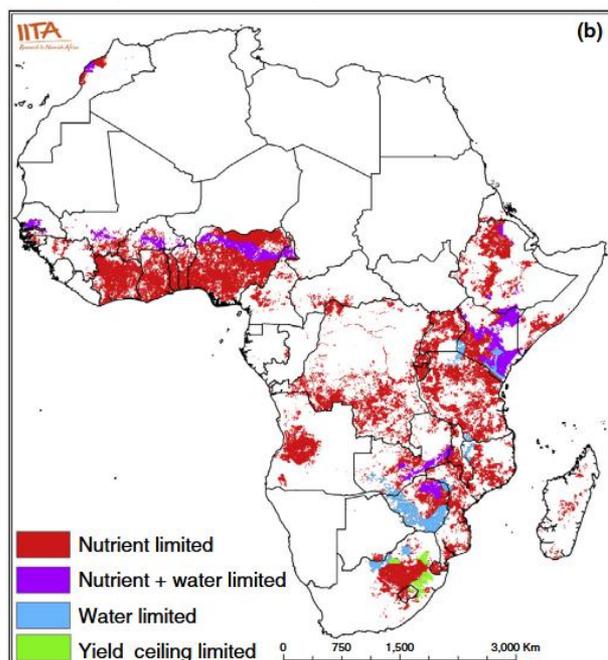
FAO (2024)

- La faim en hausse depuis 2019
- L'insécurité alimentaire touche 2 personnes sur 5 dans le monde, 4 personnes sur 5 en Afrique

Contexte, enjeux et modes de raisonnement

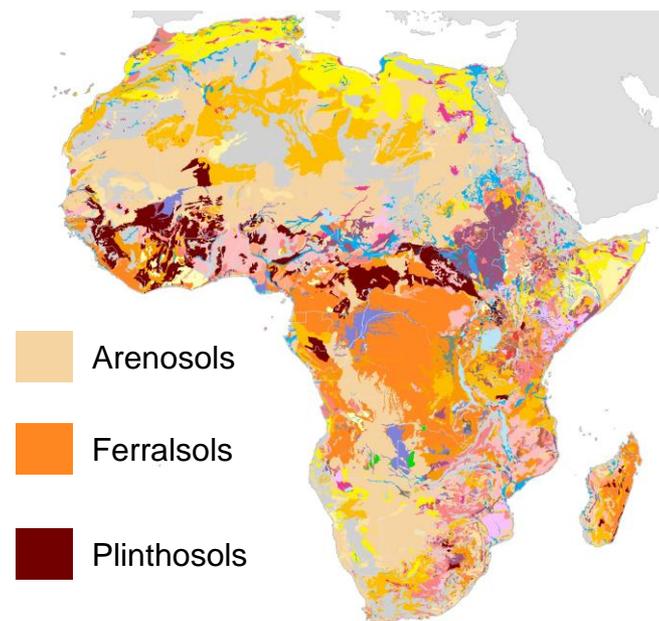
La limitation de la productivité par les nutriments

Principal verrou du *Yield Gap* en Afrique sur maïs



Vanlauwe *et al.* (2014) from Mueller *et al.* (2012)

Faible qualité des sols

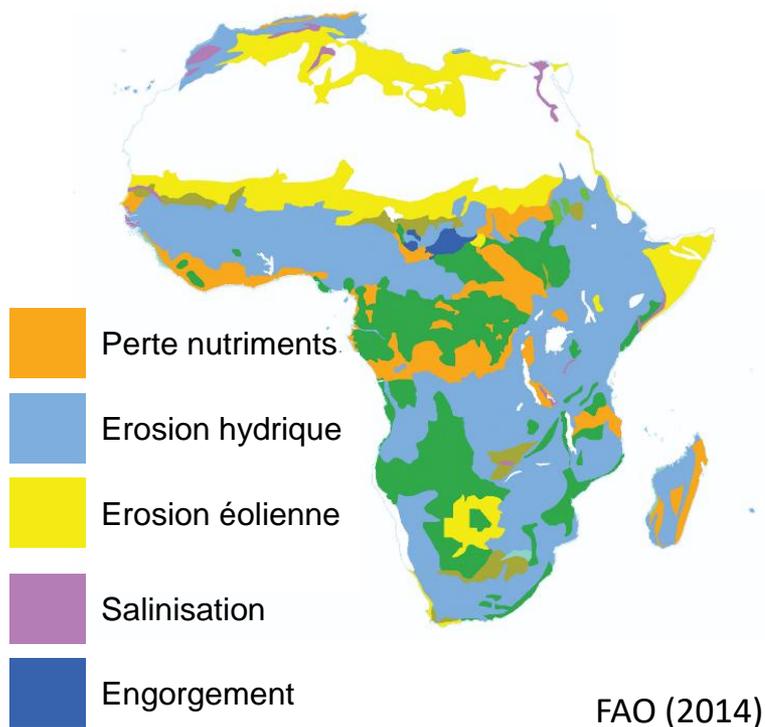


FAO (2014)

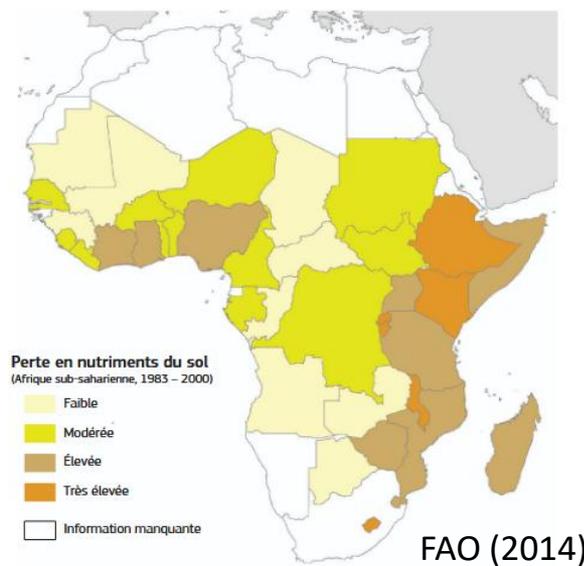
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Déclin de la santé des sols et dégradation

Type de dégradation le plus répandu par zone



Pertes en nutriments 1983-2000

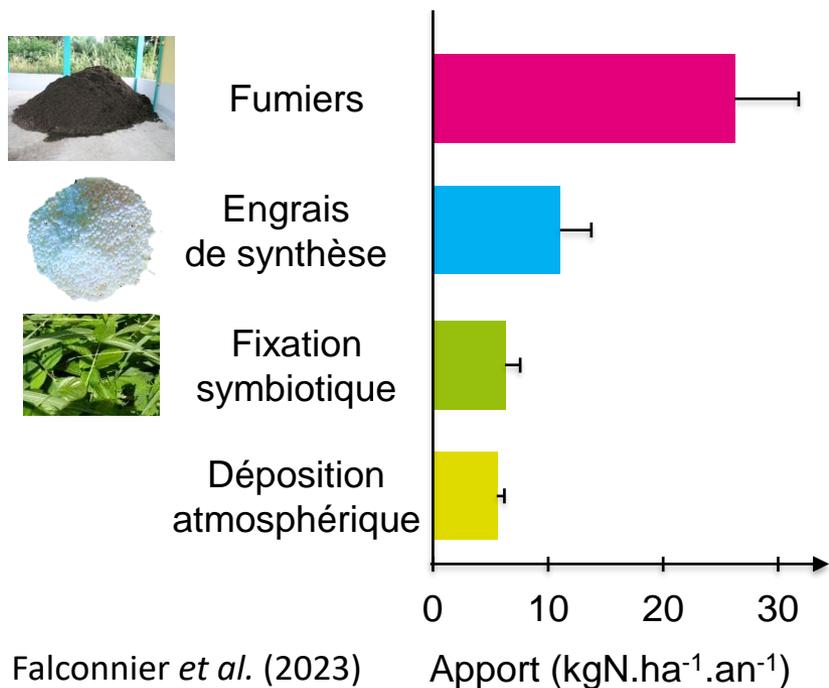


Pertes 22 kgN, 2,5k gP, 15 kgK par hectare par an (Smaling et al., 1997)

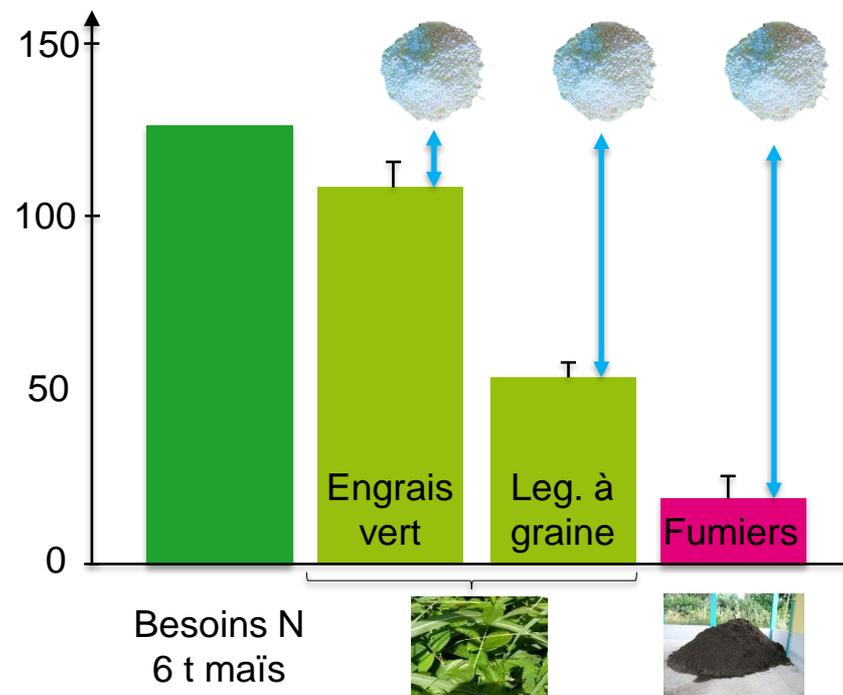
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Des sources de nutriment fortement limitées

Entrées d'azote dans les systèmes de culture de 4 pays subsahariens



Entrées potentielles associées aux leviers agroécologiques



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

1/ Combiner les sources fertilisantes pour lever les multi-déficiences

Besoins Cultures



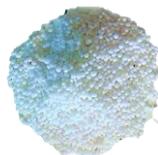
Légumineuses

N, MO



Fumiers

P, MO, pH



Engrais de synthèse

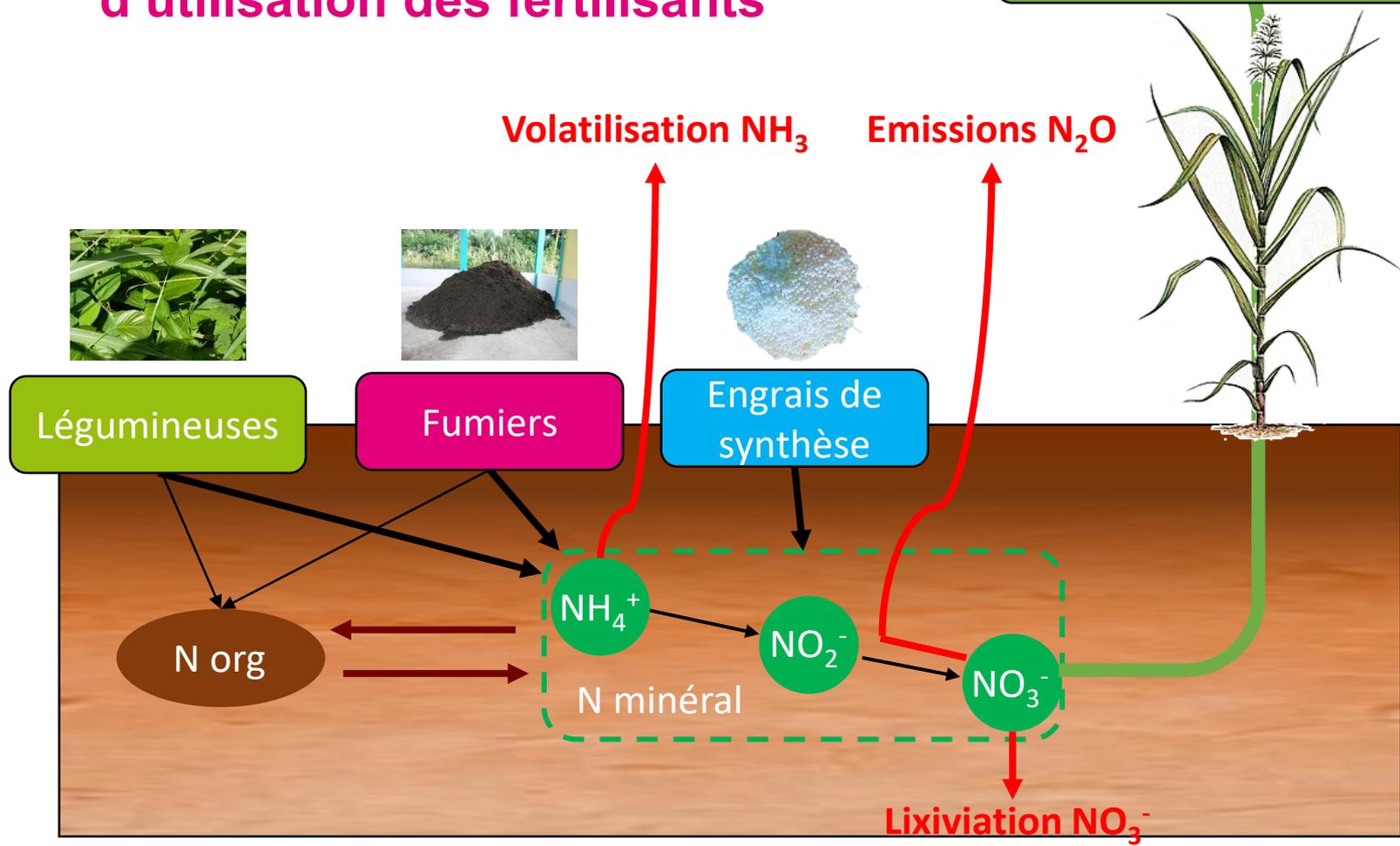
NPK



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

2/ Améliorer l'efficacité d'utilisation des fertilisants

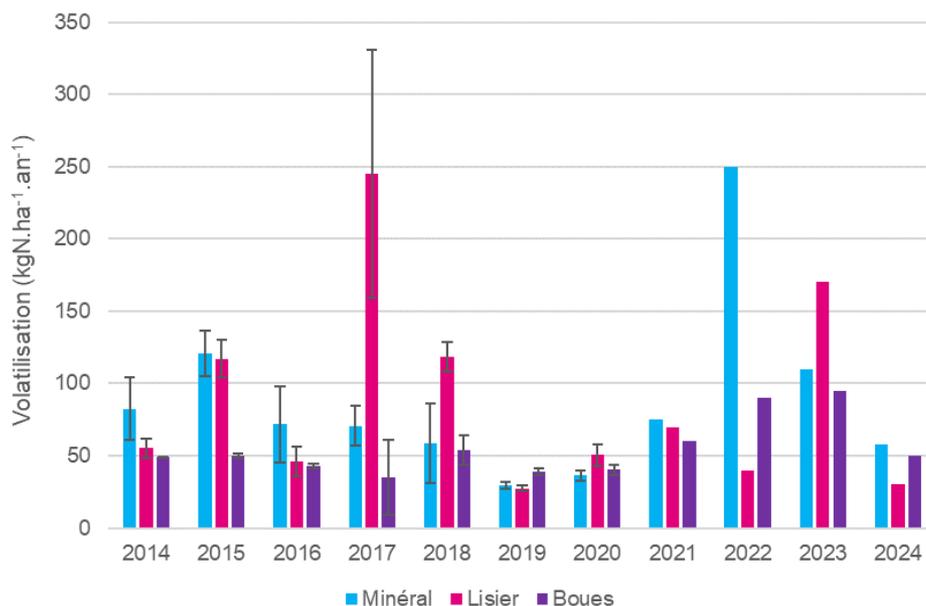
Besoins Cultures



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

2/ Améliorer l'efficacité d'utilisation des fertilisants

Pertes annuelles par volatilisation en canne à sucre à la Réunion



Detaille *et al.* (2025)



Pertes annuelles moyennes



Urée

70 kgN



Lisier + Urée

70 kgN

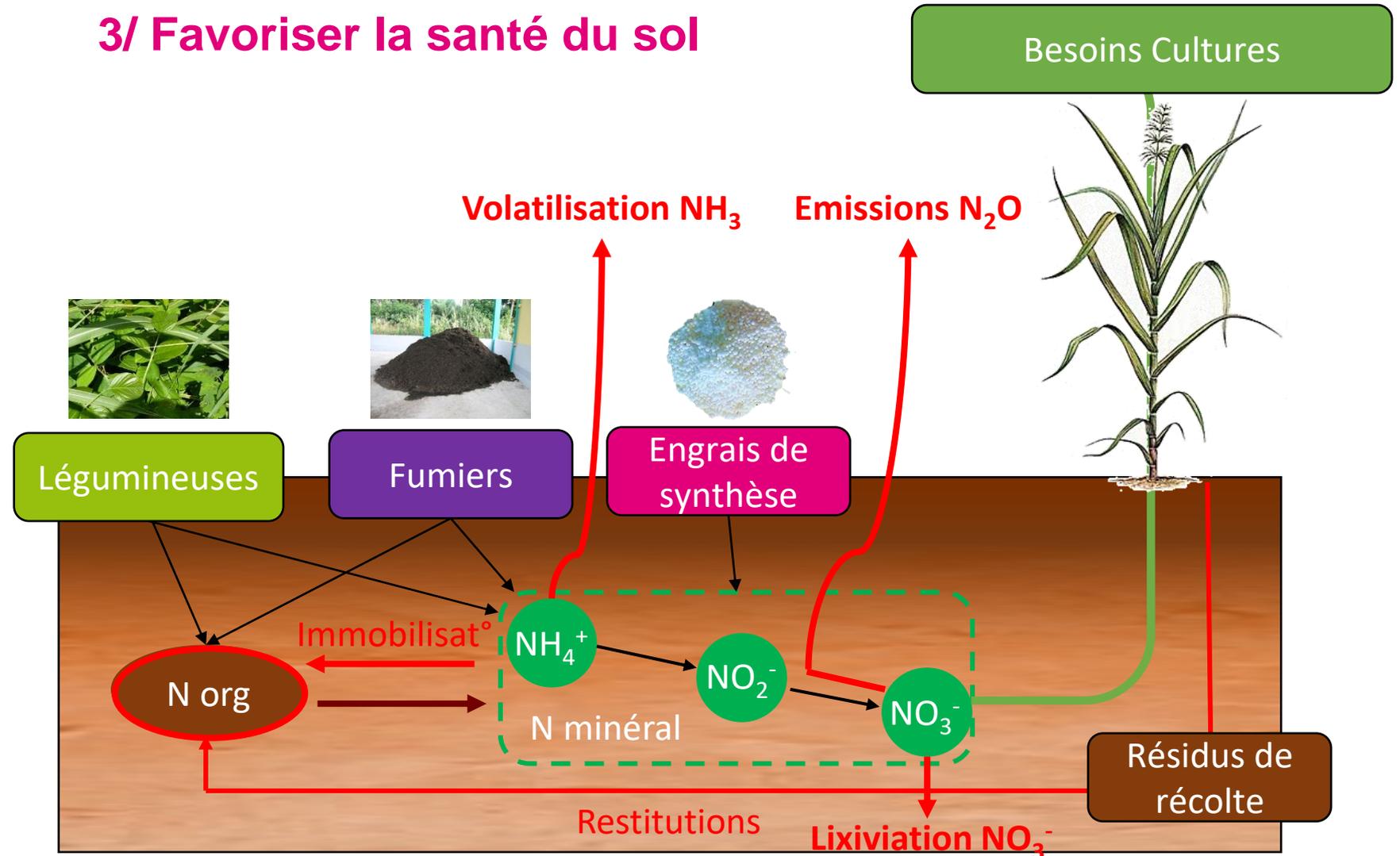


Boues + Urée

55 kgN

Contexte, enjeux et modes de raisonnement

3/ Favoriser la santé du sol



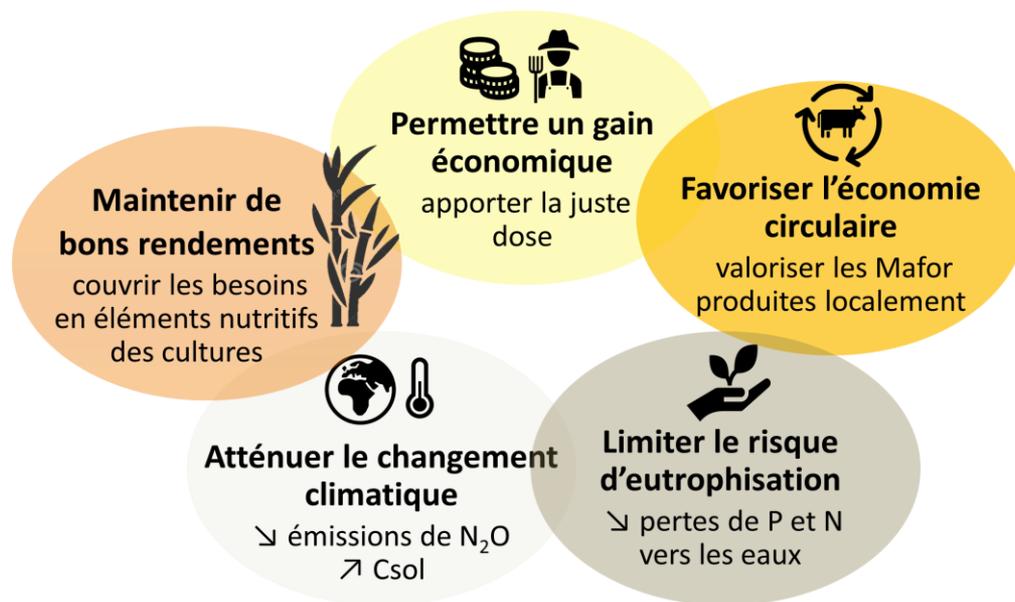
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Une gestion intégrée de la fertilisation est nécessaire...



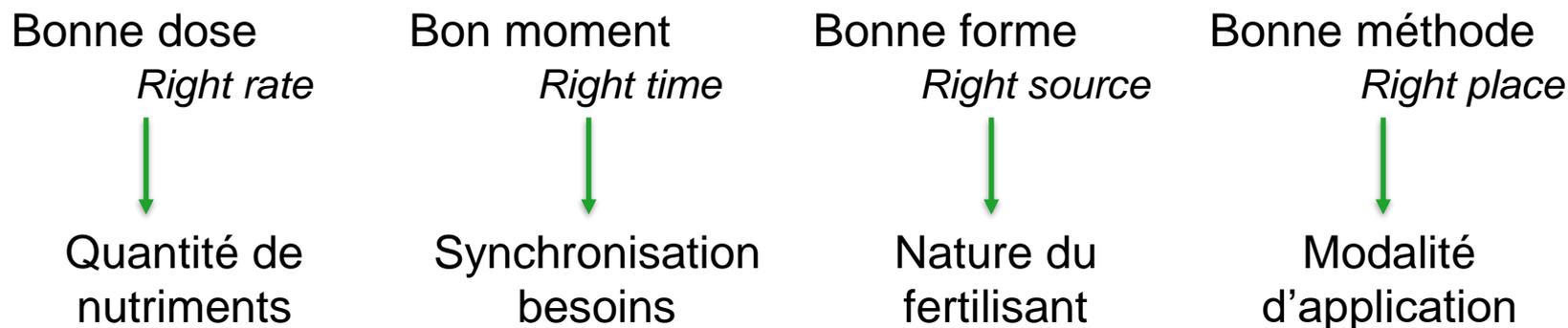
Union Africaine (2024). Plan d'action 2024-2034 Africa fertilizer and soil health

...afin de répondre aux enjeux multiples de la fertilisation



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Opérationnalisation du principe des 4B (*4R in english*)



Johnston *et al.* (2014)

... mais peu d'outils d'aide à la fertilisation adaptés et disponibles dans les contextes spécifiques des Suds

Cultures tropicales

ITK contraints

Analyses plus rares

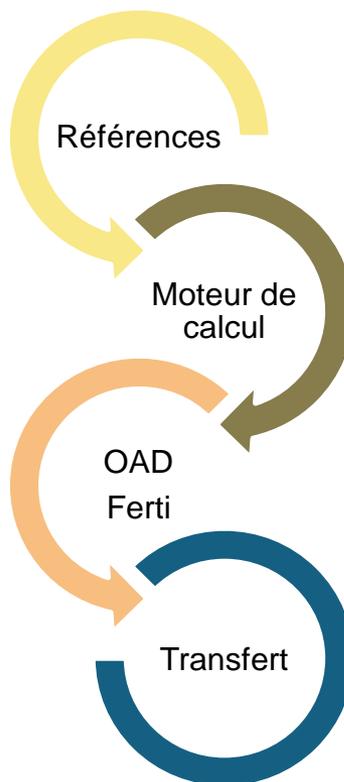
Conditions pédoclimatiques originales

Référencement faible

Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Etapes de développement d'un OAD Ferti

Acquisition et compilation
des références



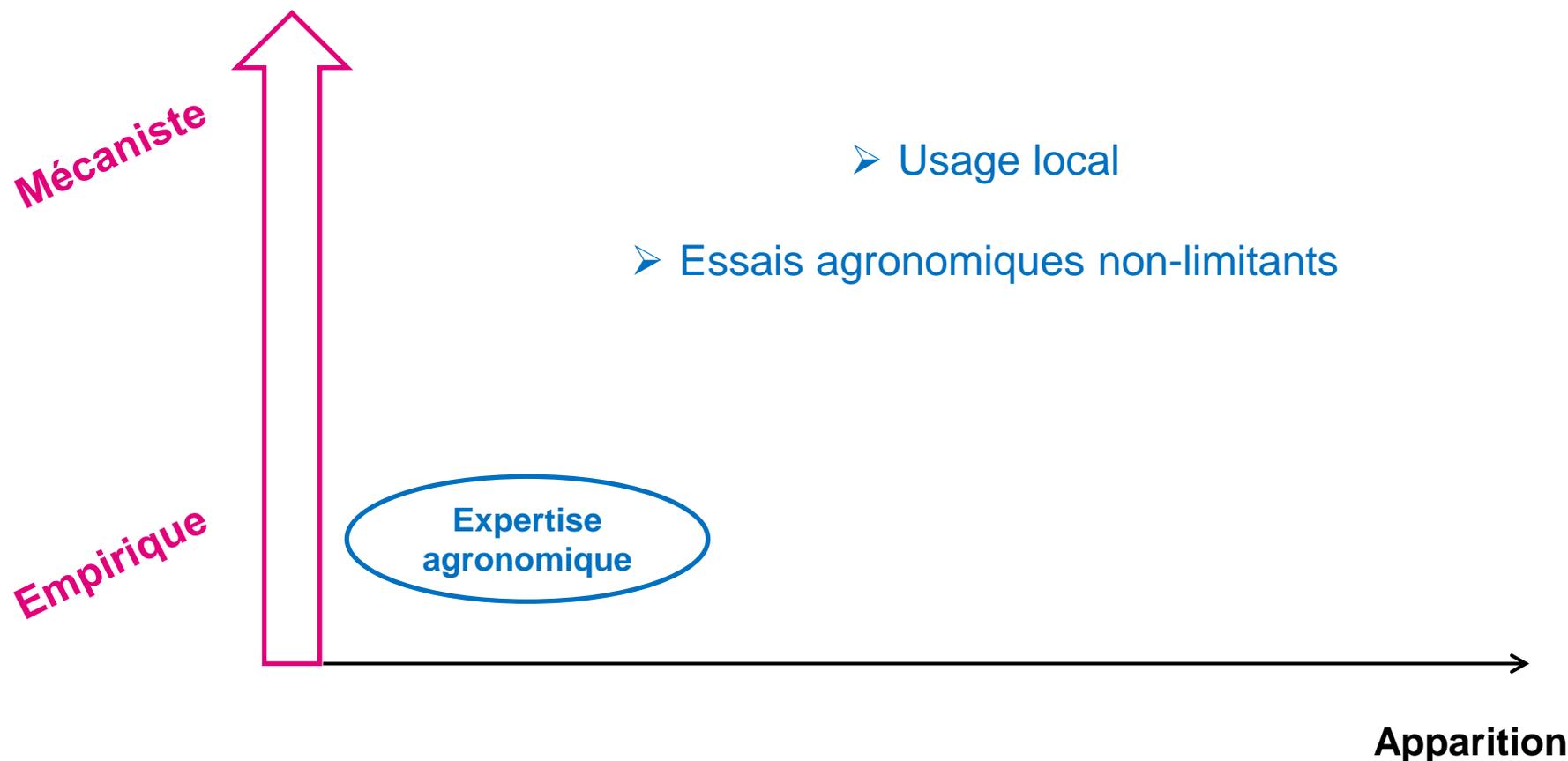
Construction d'un cadre
de raisonnement tropical

Co-développement d'un
outil d'aide à la fertilisation

Former les acteurs
et transférer les
outils

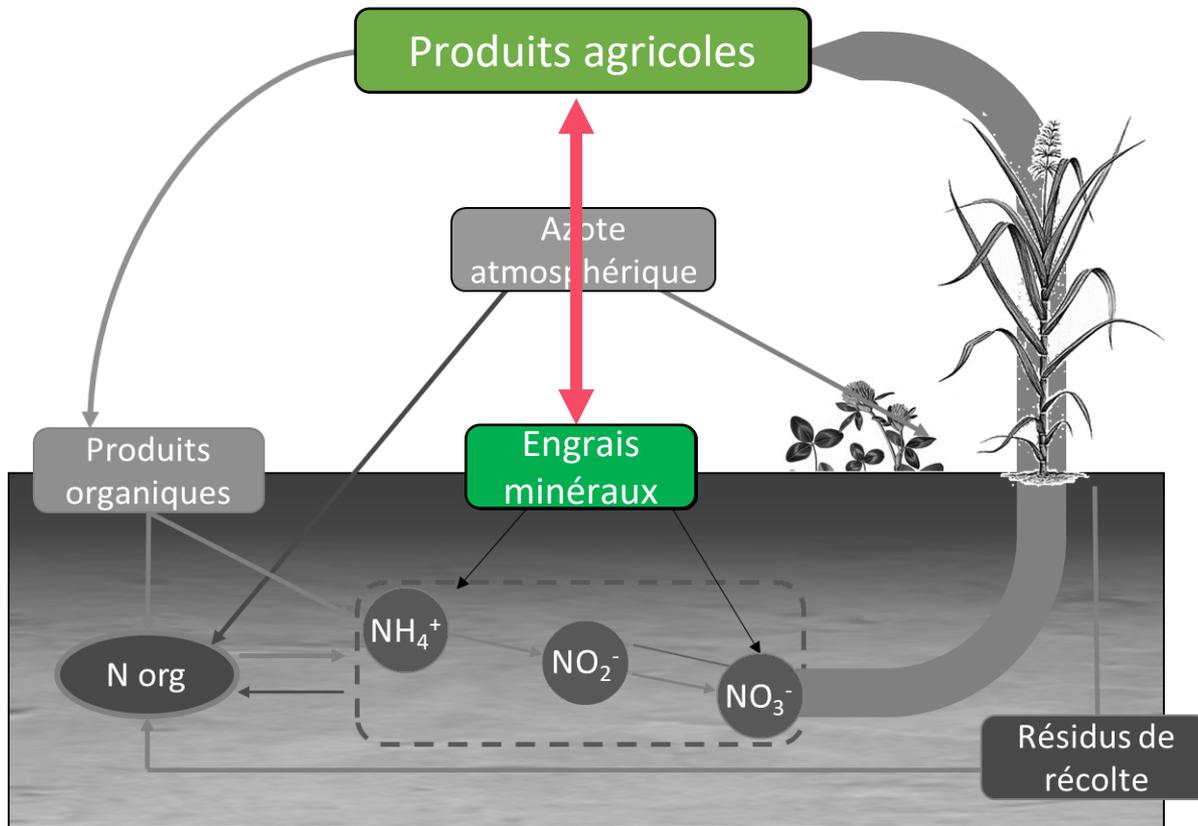
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

L'expertise agronomique



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

L'expertise agronomique

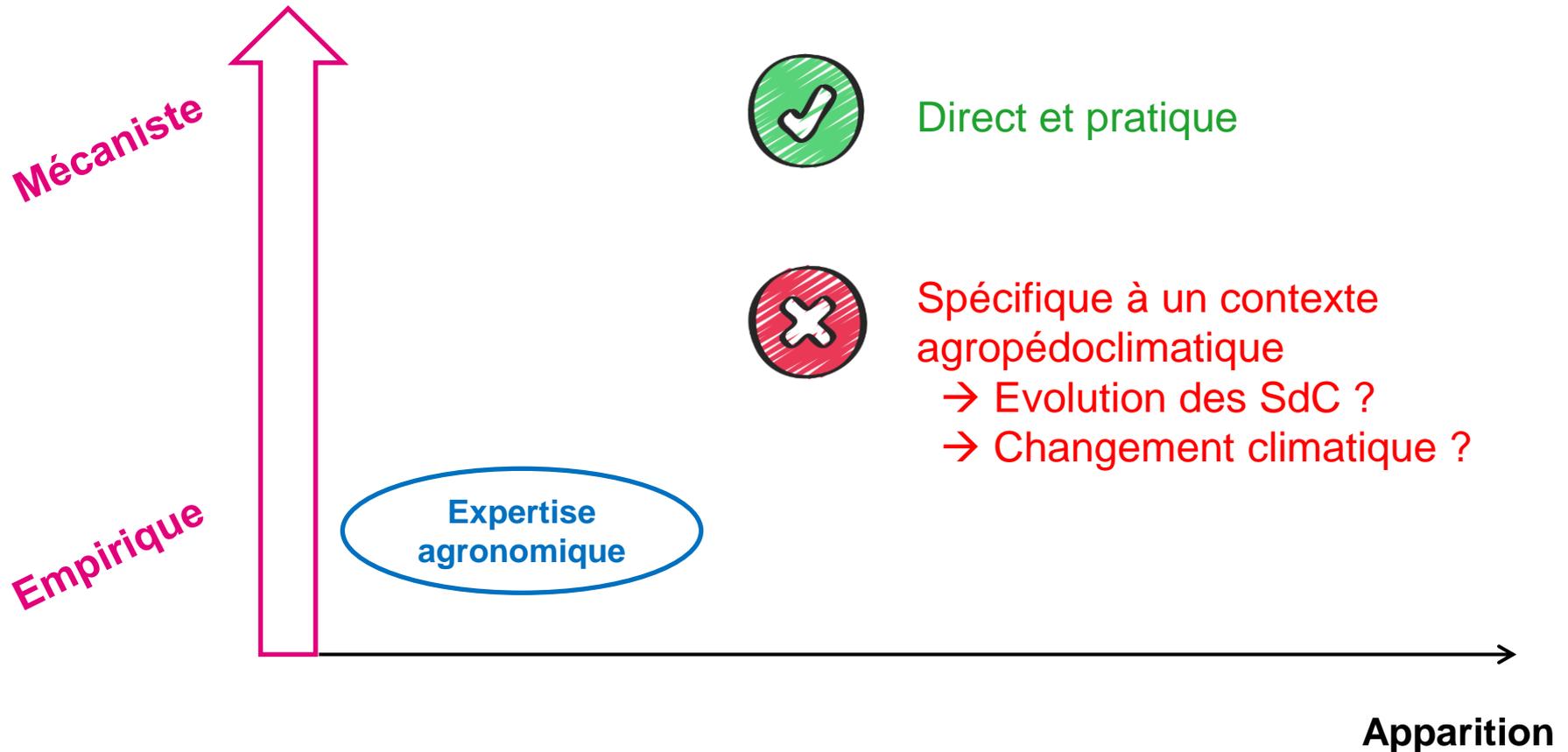


Courbes dose-rendement,
Doses pivots...

*Cultures maraichères,
cash crops...*

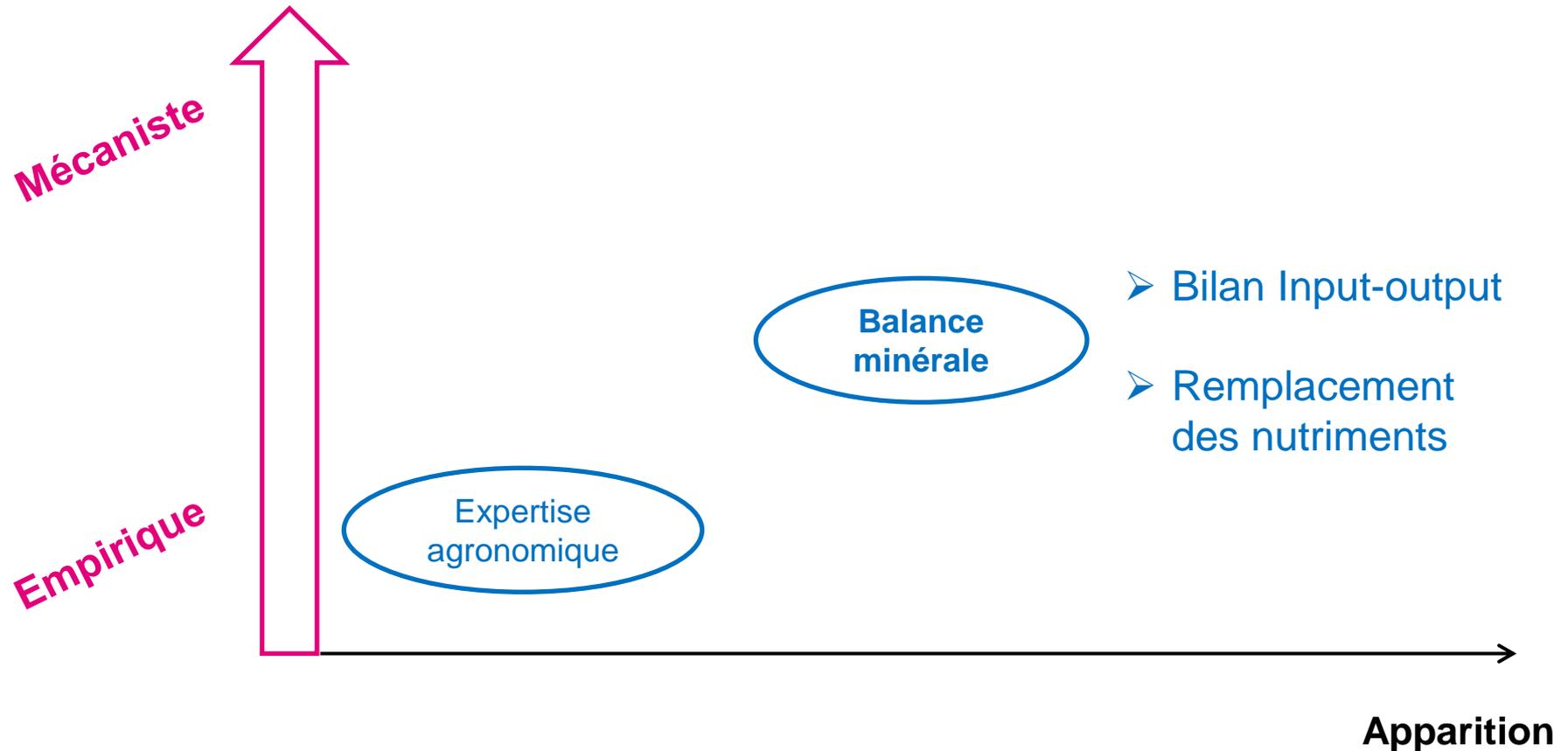
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

L'expertise agronomique



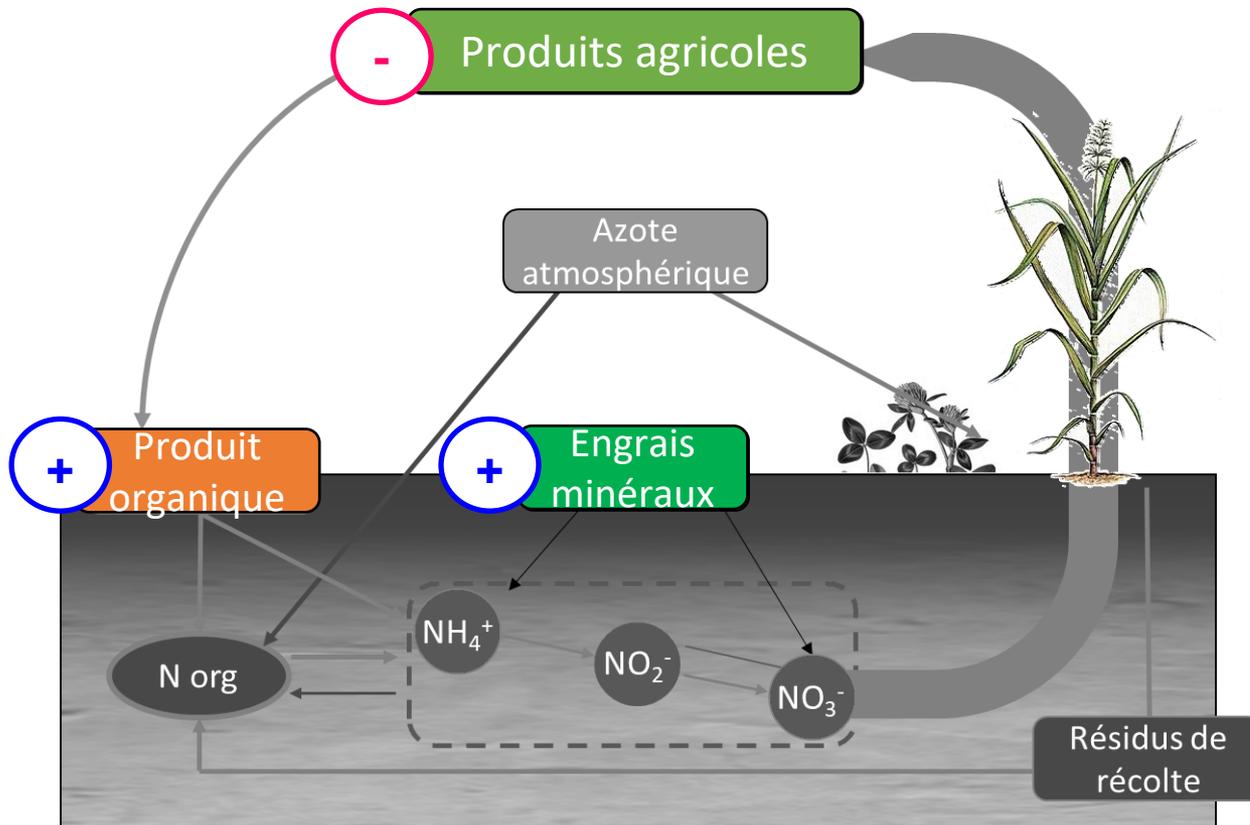
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

La balance minérale



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

La balance minérale



Exportation,
Coefficients de
restitution...

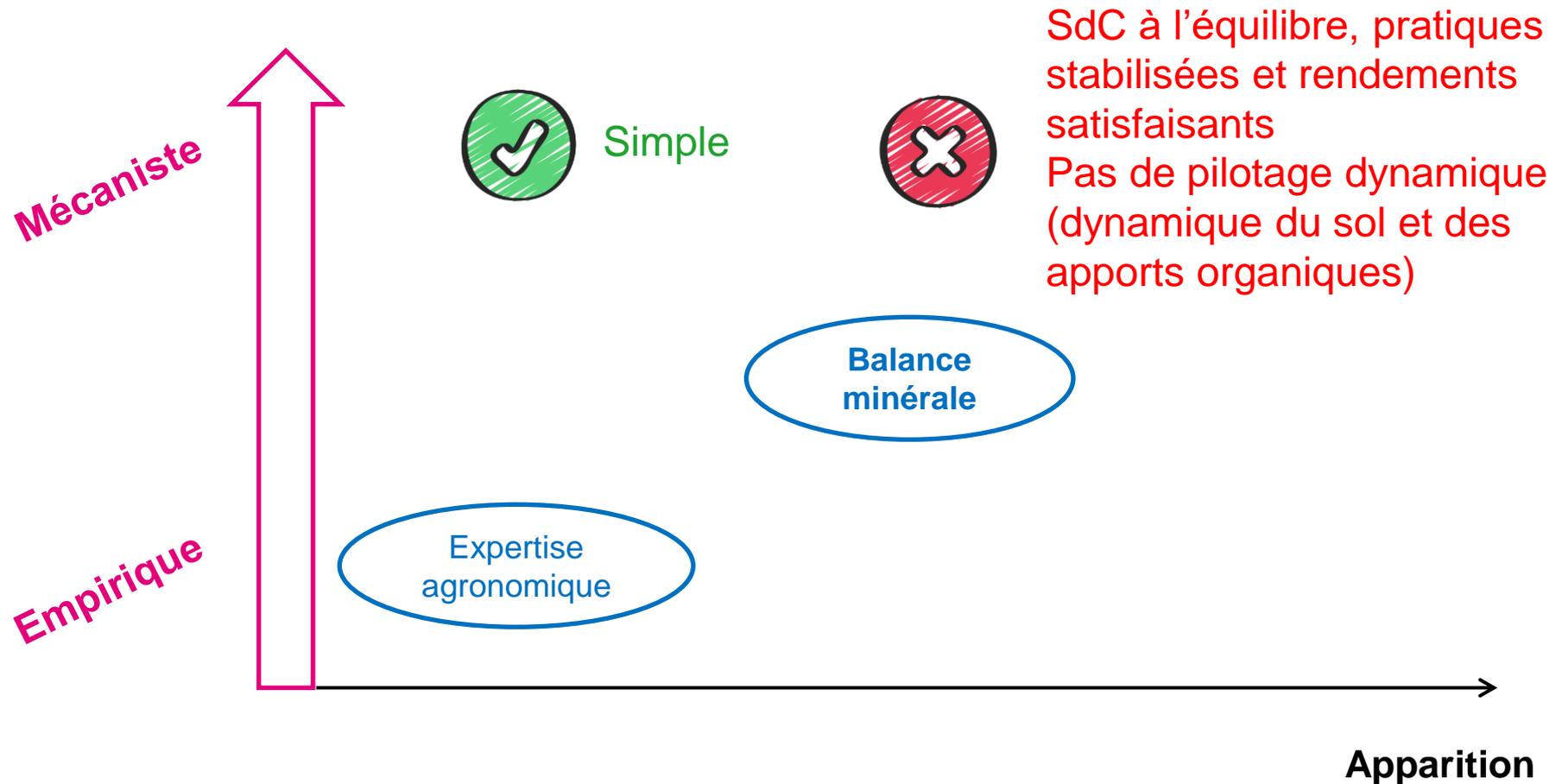
Arboriculture, viticulture...

Phosphore, potassium...

$$\text{Entrées} - \text{Sorties} = 0$$

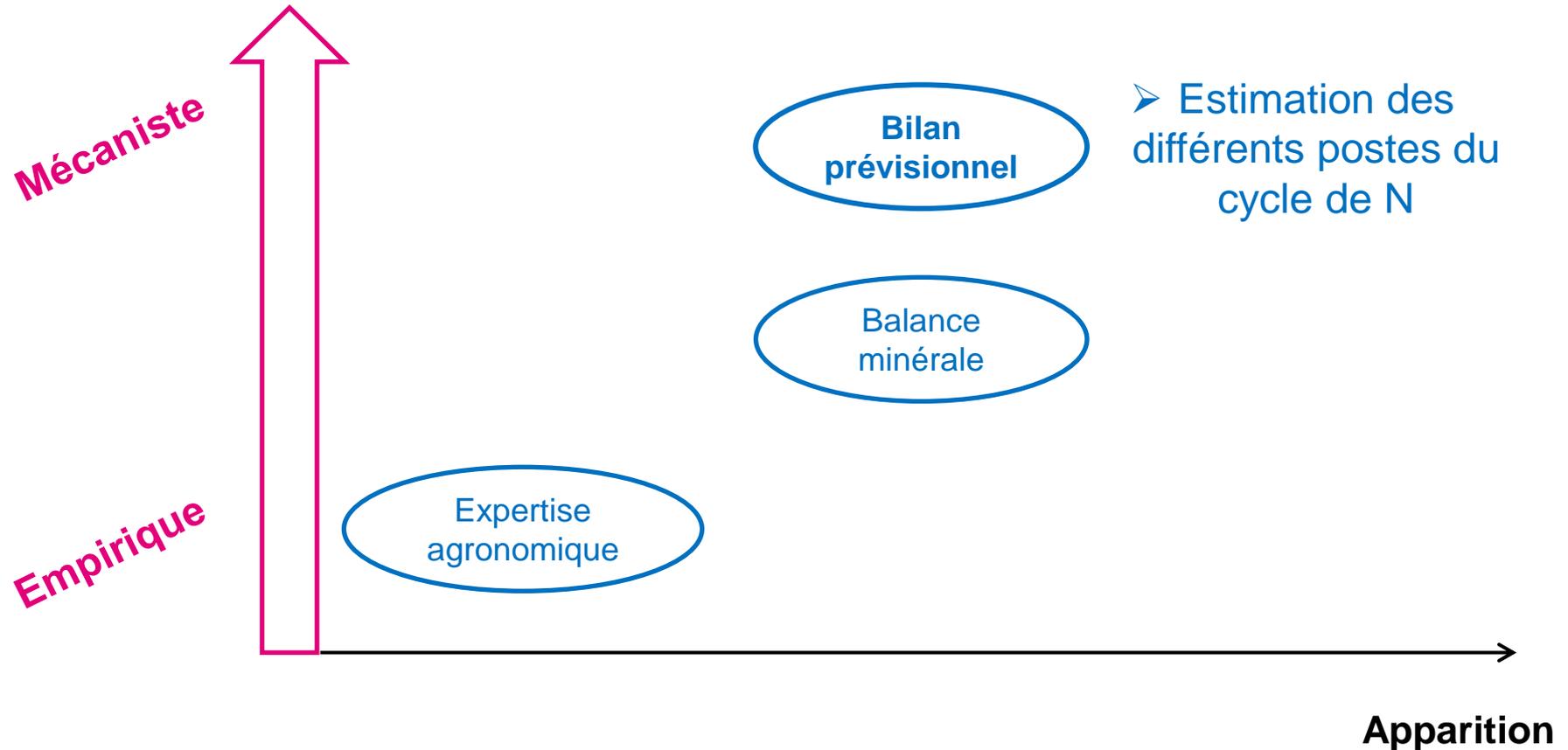
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

La balance minérale



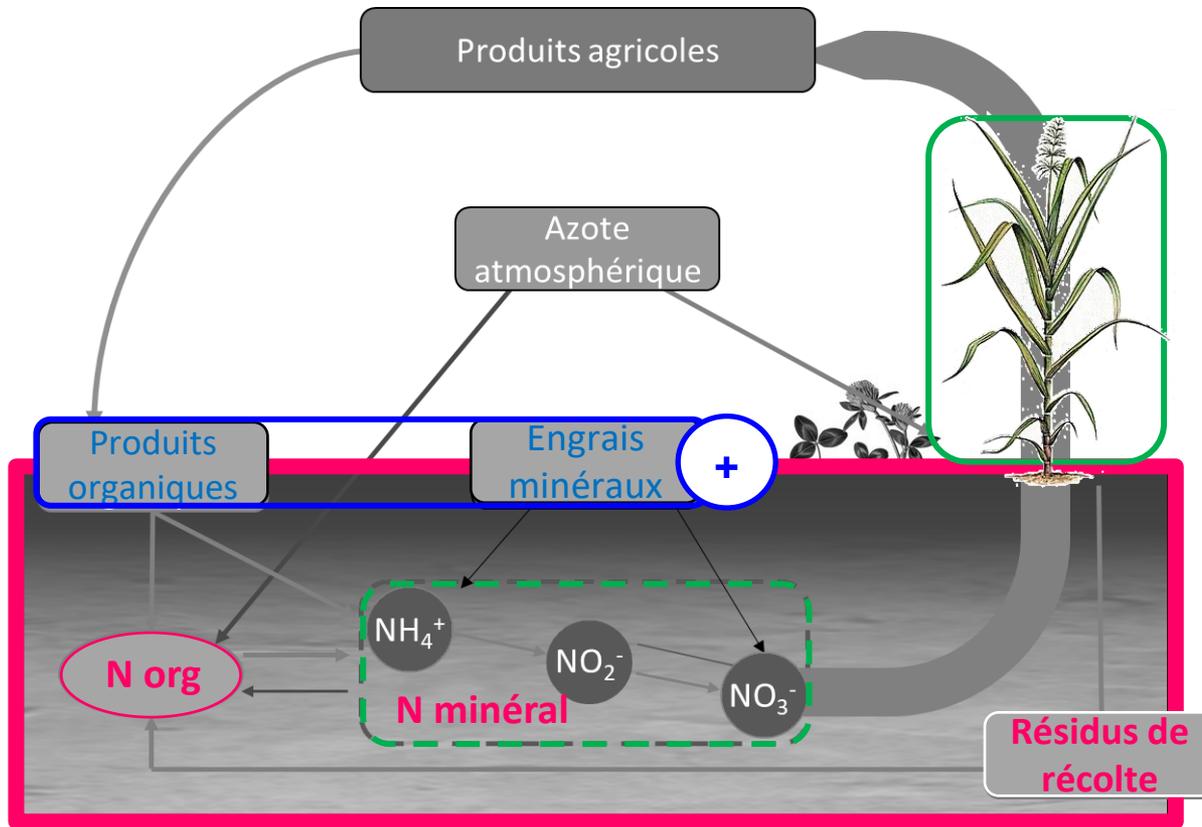
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le bilan prévisionnel



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le bilan prévisionnel



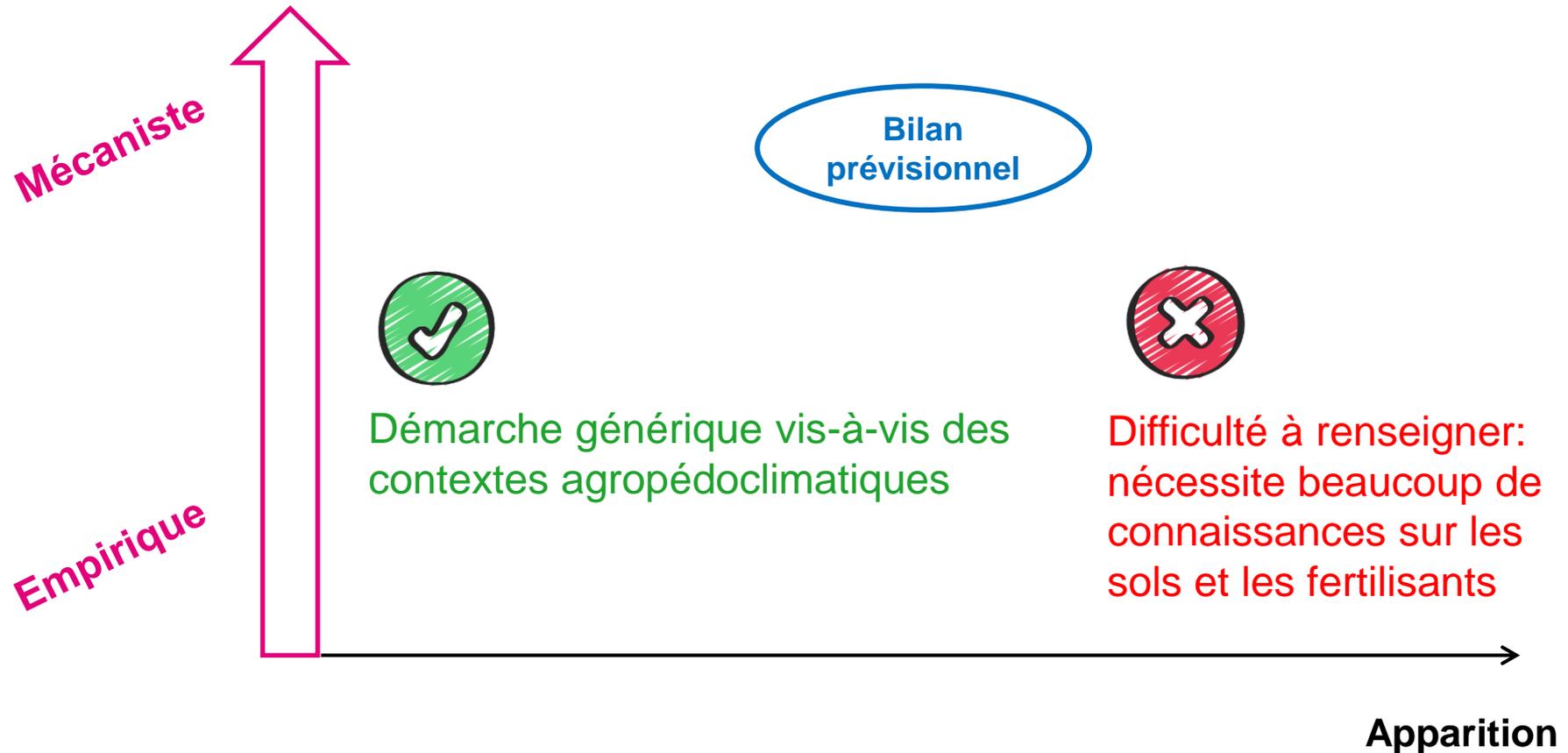
Fournitures du sol,
efficacité des fertilisants,
force de prédiction...

Grandes cultures...

$$\text{Dose fertilisante} = \text{Besoins Culture} - \text{Sol}$$

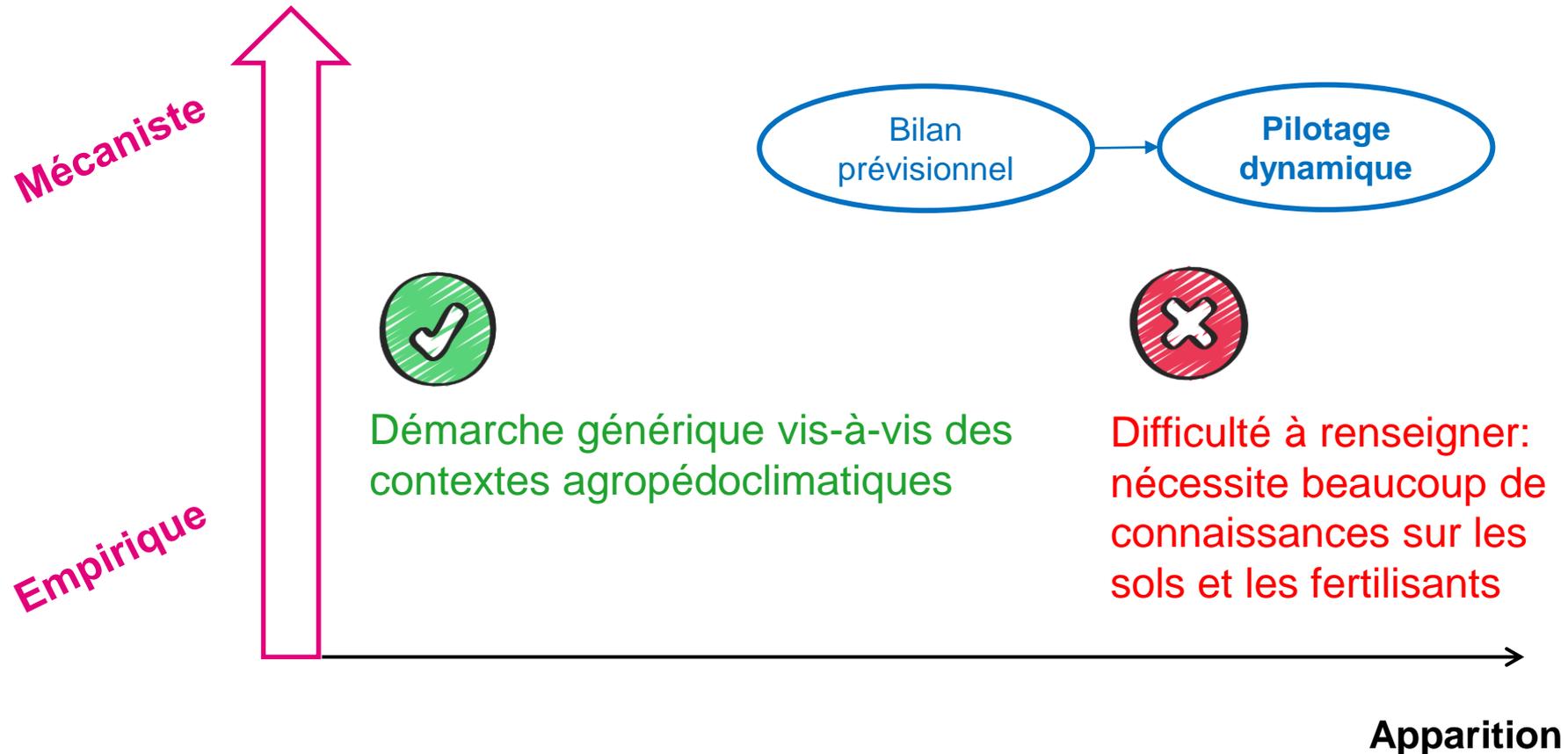
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le bilan prévisionnel



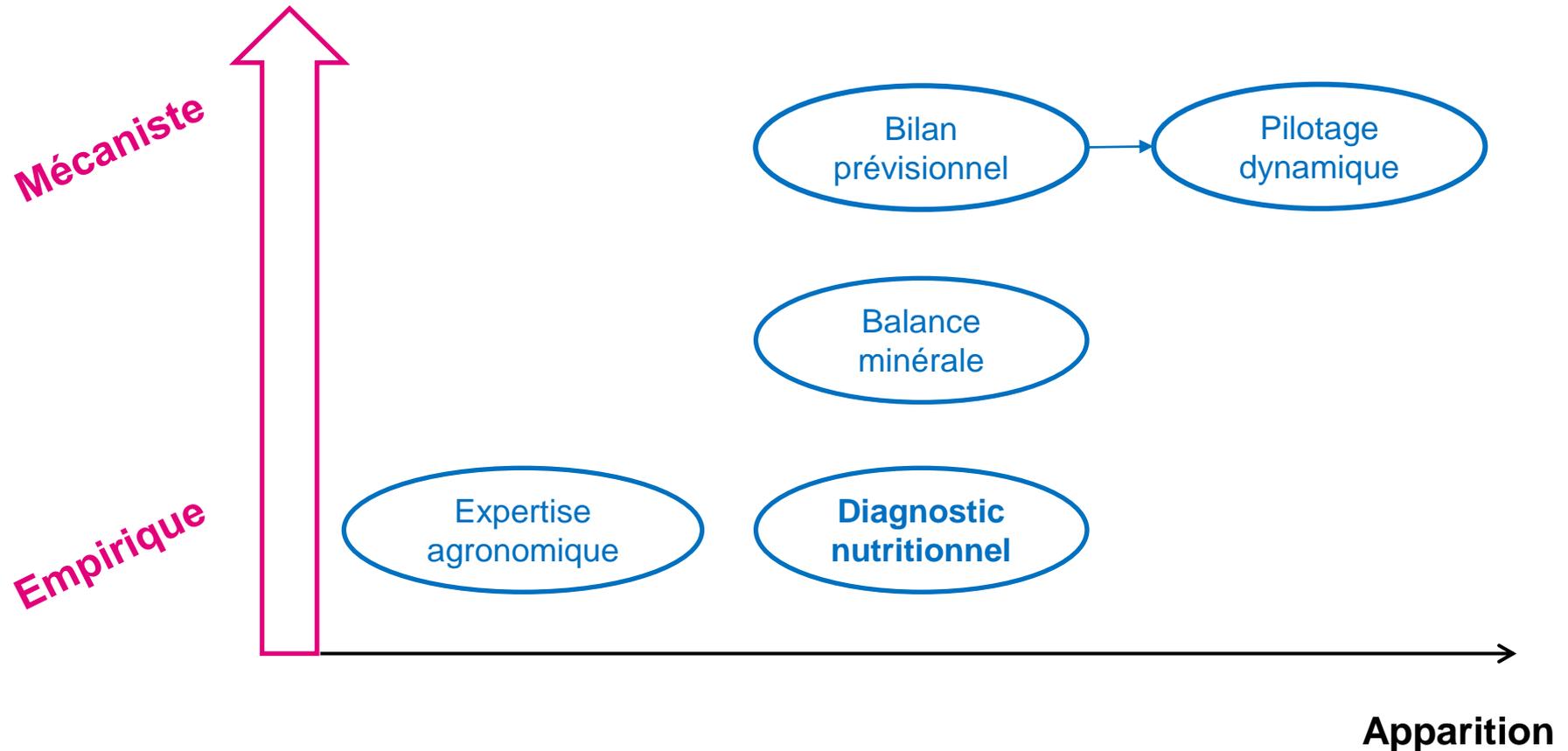
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le bilan prévisionnel



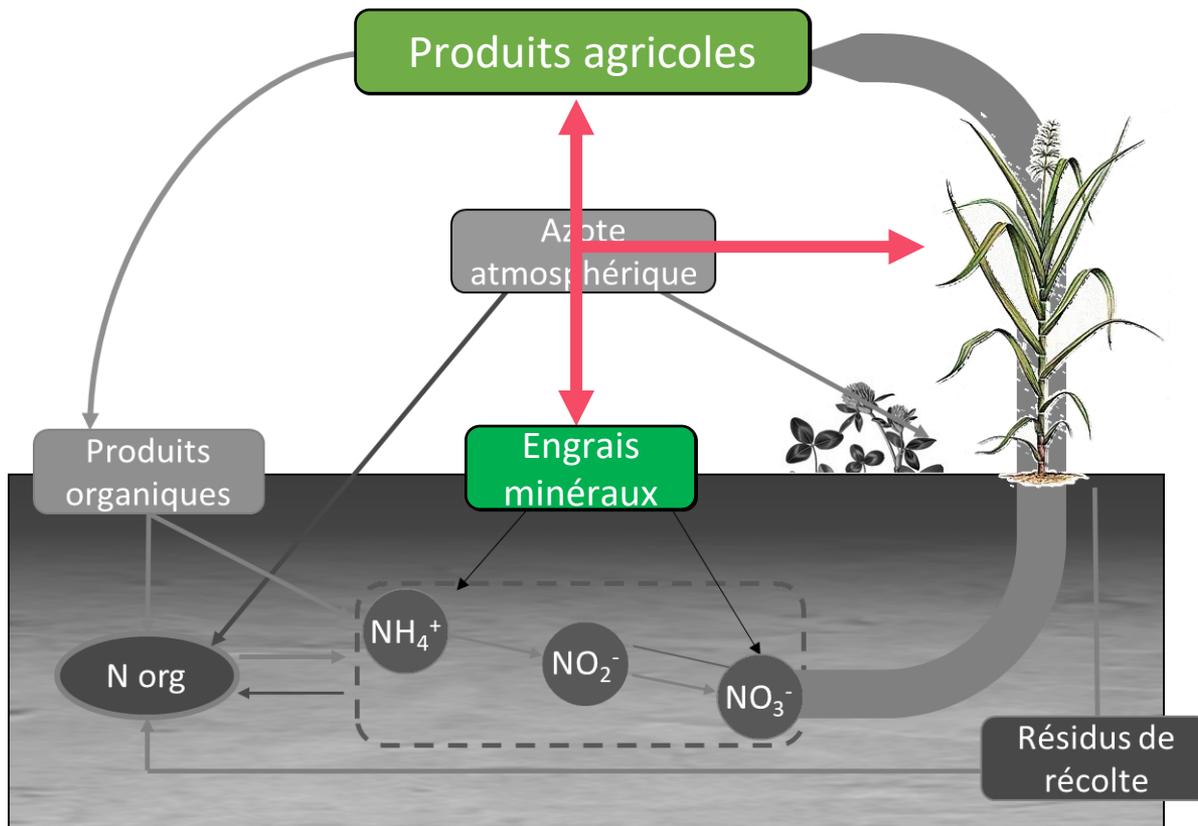
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le diagnostic nutritionnel



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le diagnostic nutritionnel

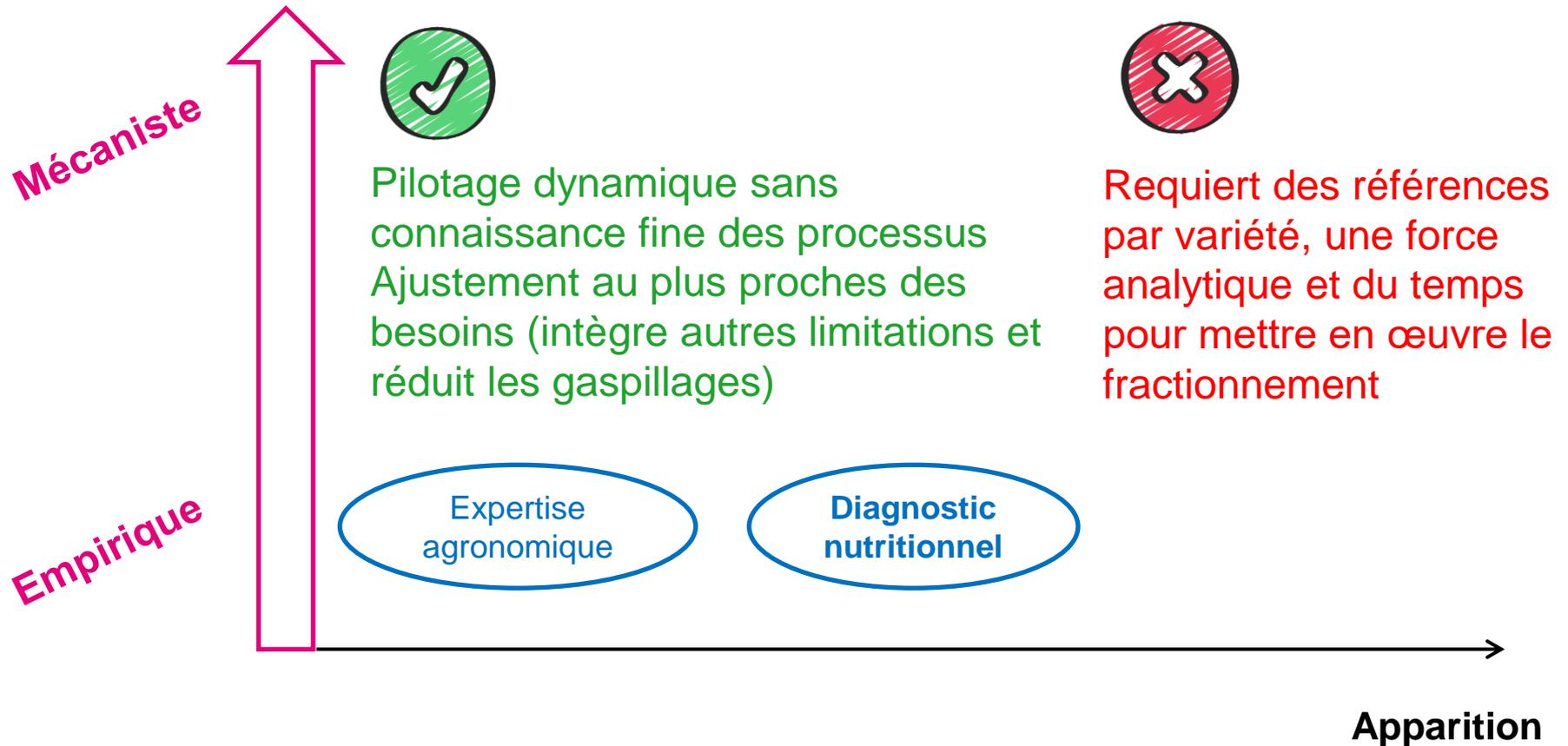


Diagnostic foliaire,
Indice de nutrition,
Analyse de sève...

*Grandes cultures,
Arboriculture,
Prairies et canne...*

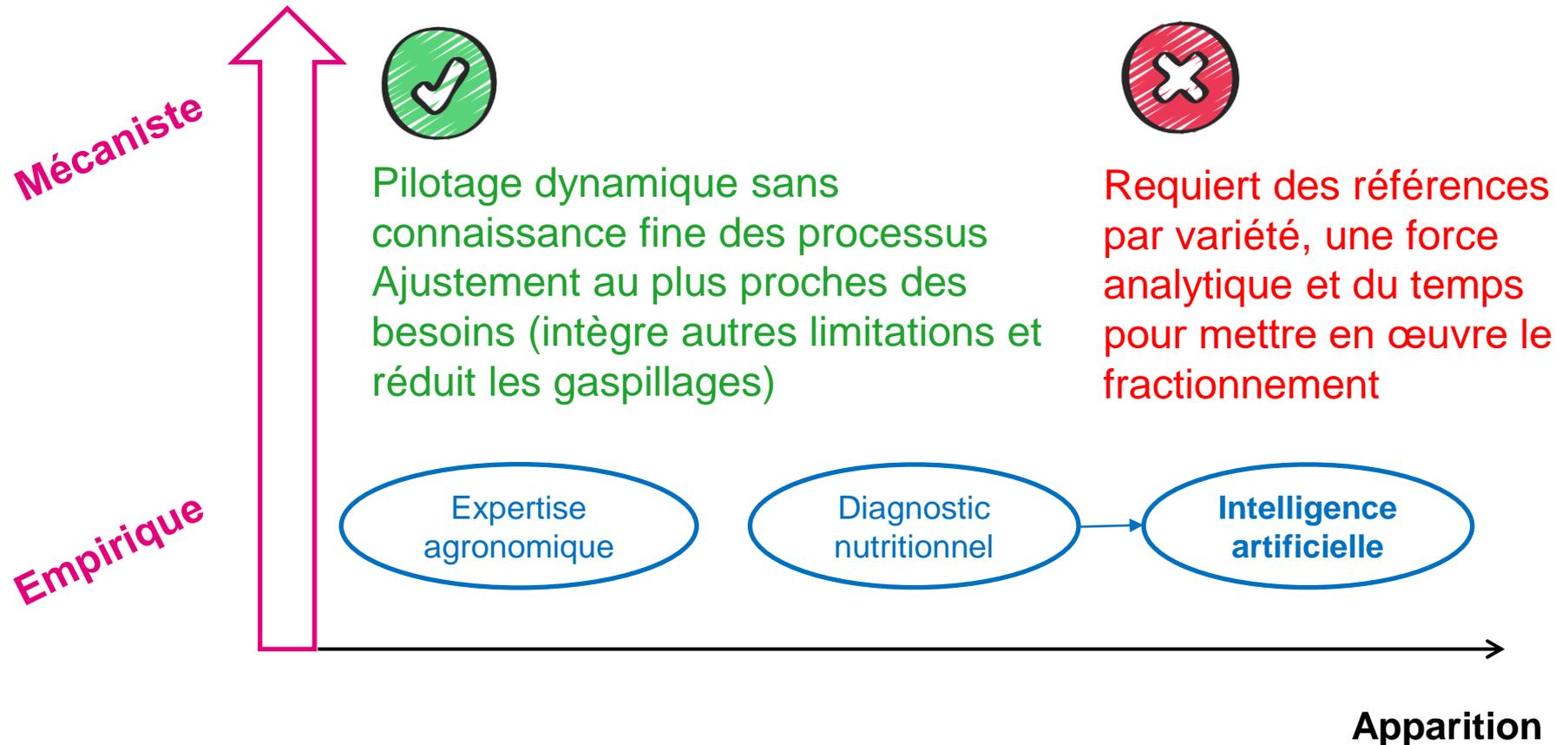
Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le diagnostic nutritionnel



Contexte, enjeux et modes de raisonnement

Le diagnostic nutritionnel



Programme de l'animation



Agroécologie

□ Présentation de l'outil d'aide à la fertilisation

- Contexte, enjeux et modes de raisonnement
Gatien Falconnier (AIDA) et Antoine Versini (R&r)
- **Le projet FertiDOM et l'outil Amenda**
Cécile Nobile (R&r) et Mickaël Mezino (AIDA)

□ Tout de table des initiatives connexes

- Diagnostic de fertilité des sols
Matthieu Bravin (R&r)
- Plan de fertilisation par filière
Banane & Ananas par *Elodie Dorey (Geco)*
Coton par *Lionel Yemadje & Oumarou Balarabe (AIDA)*
Café & Cacao par *Thomas Wibaux (ABSys)*
Hévéa par *Frédéric Gay (ABSys)*
Palmier à huile par *Sylvain Vrignon-Brenas (ABSys)*
Eucalyptus par *Louis Mareschal (Eco&Sols)*

□ Mot de clôture par Eric Justes (*Dir Persyst*)



Projet FertiDOM

L'amélioration de la fertilisation dans les territoires ultramarins



<https://www.fertidom.org/>





Projet FertiDOM

Ils participent et coordonnent



Ils financent FertiDOM



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

Ils participent à FertiDOM en Outremer



Ils accompagnent FertiDOM



Ils participent à FertiDOM depuis la métropole



Ils participent à FertiDOM en tant que prestataires





Projet FertiDOM

Objectifs

- Optimiser les pratiques de fertilisation des cultures tropicales
- Promouvoir l'utilisation de fertilisants alternatifs
- Développer des outils d'aide à la fertilisation pour les filières **canne, maraichage et prairie** de La **Réunion** et des **Antilles**



Projet FertiDOM

Etapas de développement d'un OAD Ferti

1. Acquisition et compilation des références



Antoine Versini
cirad



Claire-Marie Rohé
cirad

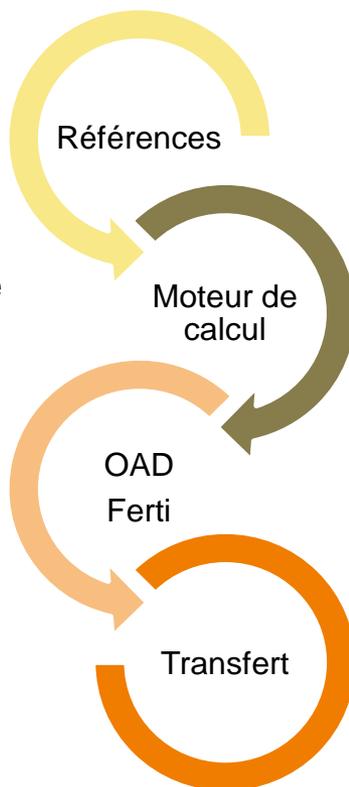
3. Co-développement d'un outil d'aide à la fertilisation



Cécile Nobile
cirad



Gaëlle Tisserand
armeflhor



2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical



Matthieu Valé
aurea
Agrosciences



Mickaël Mezino
cirad



Projet FertiDOM

1. Acquisition et compilation de références

Efficiéce des
fertilisants



**Dose optimale
d'engrais à apporter**

Besoins de la **culture**
en NPK



Fourniture du **sol**
en NPK

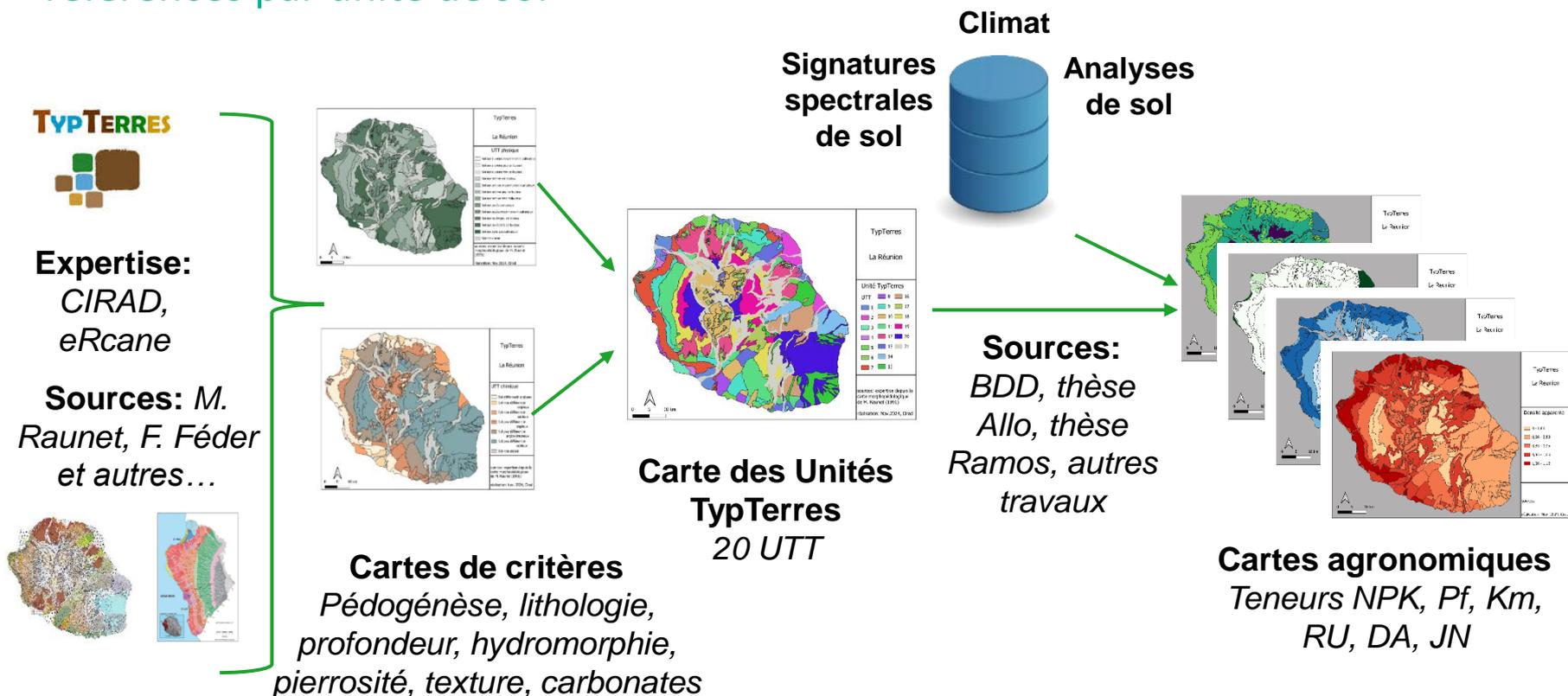




Projet FertiDOM

1. Acquisition et **compilation** de références

Classification des sols à finalité agronomique
références par unité de sol





Projet FertiDOM

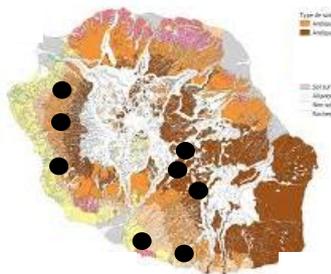
1. Acquisition et compilation de références

Vitesse potentielle de minéralisation de l'azote (Km)

Pouvoir fixateur en phosphore des sols

Stage de M2 - W. Zumbiehl

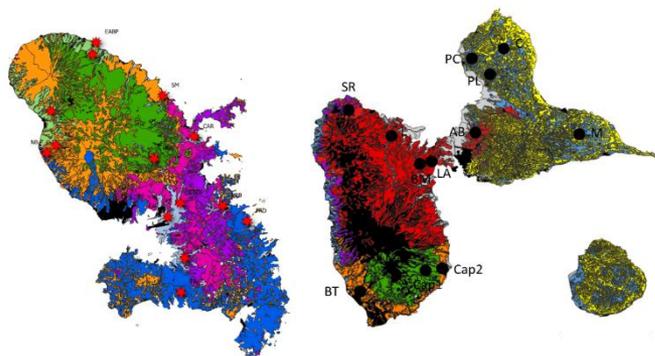
Réunion : sols sous prairie



Prélèvements de sols sur le terrain

Stage de césure - M. Hau

Antilles : sols sous canne



Expérimentations au laboratoire



ICC : suivi de la minéralisation N

Isothermes de sorption en P



Projet FertiDOM

1. Acquisition et compilation de références

Sols

Vitesse de minéralisation N (Km)

Capacité sorption en P
canne Antilles ; prairie Run

Fourniture en N : validation essais ON
canne Antilles ; prairie et canne Run

Seuils P et K : relations sol-plante
canne et prairie Run

Cultures

Teneurs et exportations en NPK
maraichage Réunion

Fertilisants

Volatilisation NH_3 Mafor
canne Run

CAU N des Mafor
maraichage et canne Run

CAU N des engrais verts
maraichage et canne Run

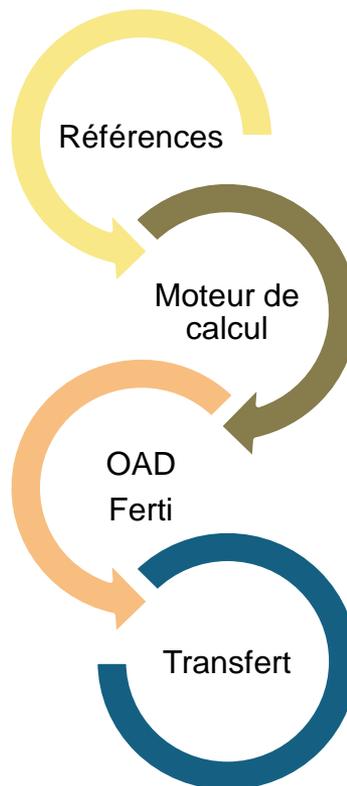
Décomposition et libération NPK des
engrais verts
Run



Projet FertiDOM

Etapes de développement d'un OAD Ferti

1. Acquisition et compilation des références



2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical

3. Co-développement d'un outil d'aide à la fertilisation



Projet FertiDOM

2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical

Modes de raisonnement Phosphore et potassium



Le groupe PKMg du COMIFER, 2009

Coefficient varie avec

- L'exigence des cultures
- La teneur du sol à l'analyse de terre
- Le passé récent de fertilisation

Adaptation DOM

Passé récent de fertilisation

Teneur dans le sol à l'analyse de terre

Définition des méthodes analytiques et seuils

Pour le P : Pouvoir fixateur et pH



Projet FertiDOM

2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical

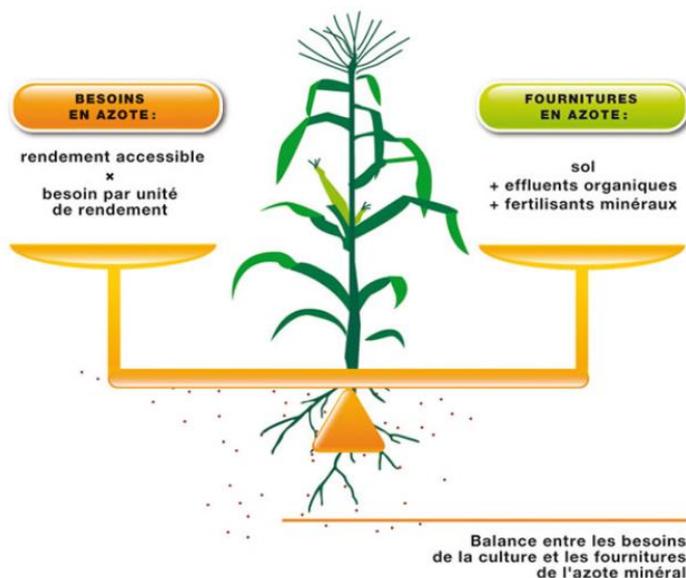
Modes de raisonnement

Azote



Adaptation DOM

Bilan prévisionnel



Maraichage

$$\text{Dose} = \frac{\text{Besoins (Pf)} - \text{Fourniture Sol (Mh)}}{\text{CAU}}$$

Canne à sucre

$$\text{Dose} = \frac{\text{Pf} - \text{Mh} - \text{Mr} - \text{Rr} - \text{A} - \text{Nirr}}{\text{CAU}}$$

Prairie

$$\text{Dose} = \frac{\text{Pf} - \text{Mh} - \text{Restit lég} - \text{Restit pat}}{\text{CAU}}$$

© UNIFA



Projet FertiDOM

2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical

Moteur de calcul Amenda

Conseils en fertilisation basés sur l'analyse de sol

Moteur de calcul déjà existant à La Réunion utilisé dans Amenda



Interprétation de l'analyse de sol sur tout le territoire de La Réunion

Conseils en fertilisation minérale pour la canne à sucre

Mais modes de calculs et références désuets

Conseils en fertilisation sans analyse



Adaptation DOM

Développement d'un nouveau moteur de calcul

- Définition du cahier des charges



- Développement informatique





Projet FertiDOM

2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical

Actions prévues en 2025 - 2026

- Harmonisation des procédures analytiques pour les sols tropicaux



Groupe de travail & Analyses



cirad
R&R

cirad
US49

auréa
Agrosciences

- Développement du moteur de calcul interprétation analyse de sols et conseils



CHAMBRE
D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

auréa
Agrosciences

cirad

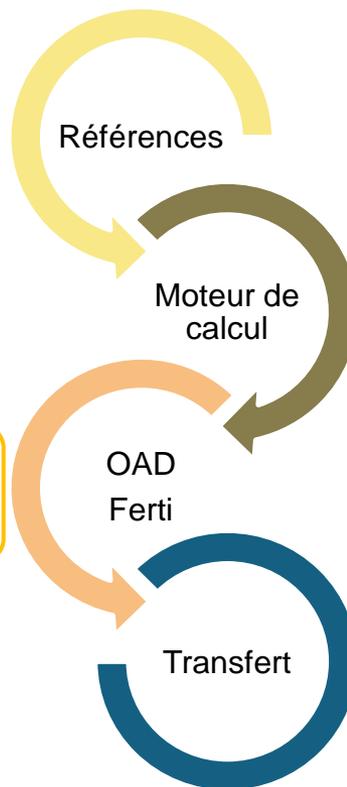
comifer
Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée



Projet FertiDOM

Etapes de développement d'un OAD Ferti

1. Acquisition et compilation des références



2. Construction d'un cadre de raisonnement tropical



Projet FertiDOM

3. Co-développement d'un outil d'aide à la fertilisation

Recueil des attentes



5 ateliers d'1/2 journée à La Réunion et en Guadeloupe

- 3 ingénieurs, 3 conseillers, 3 agriculteurs
- Au total : 51 participants & 24 institutions
- Attentes en termes de :
 - Pratiques à intégrer dans l'outil
 - Fonctionnalités
 - Accessibilité/ergonomie





Projet FertiDOM

3. Co-développement d'un outil d'aide à la fertilisation

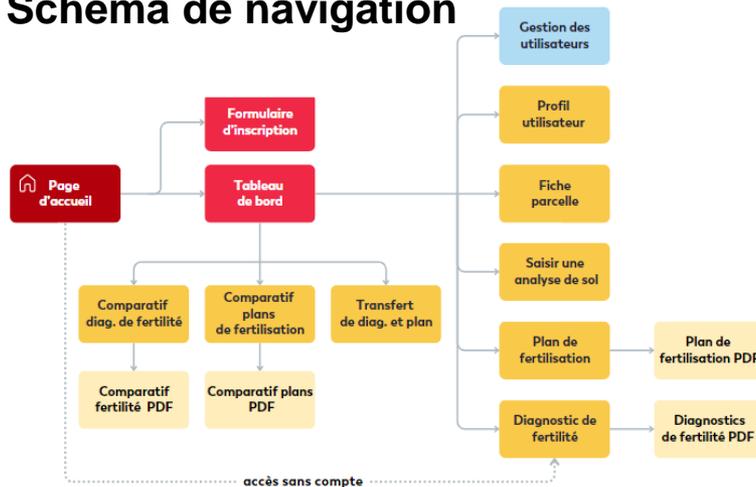
Recueil des attentes



Définition Webdesign



Schéma de navigation



Atelier retour multi-filière ingénieurs/conseillers



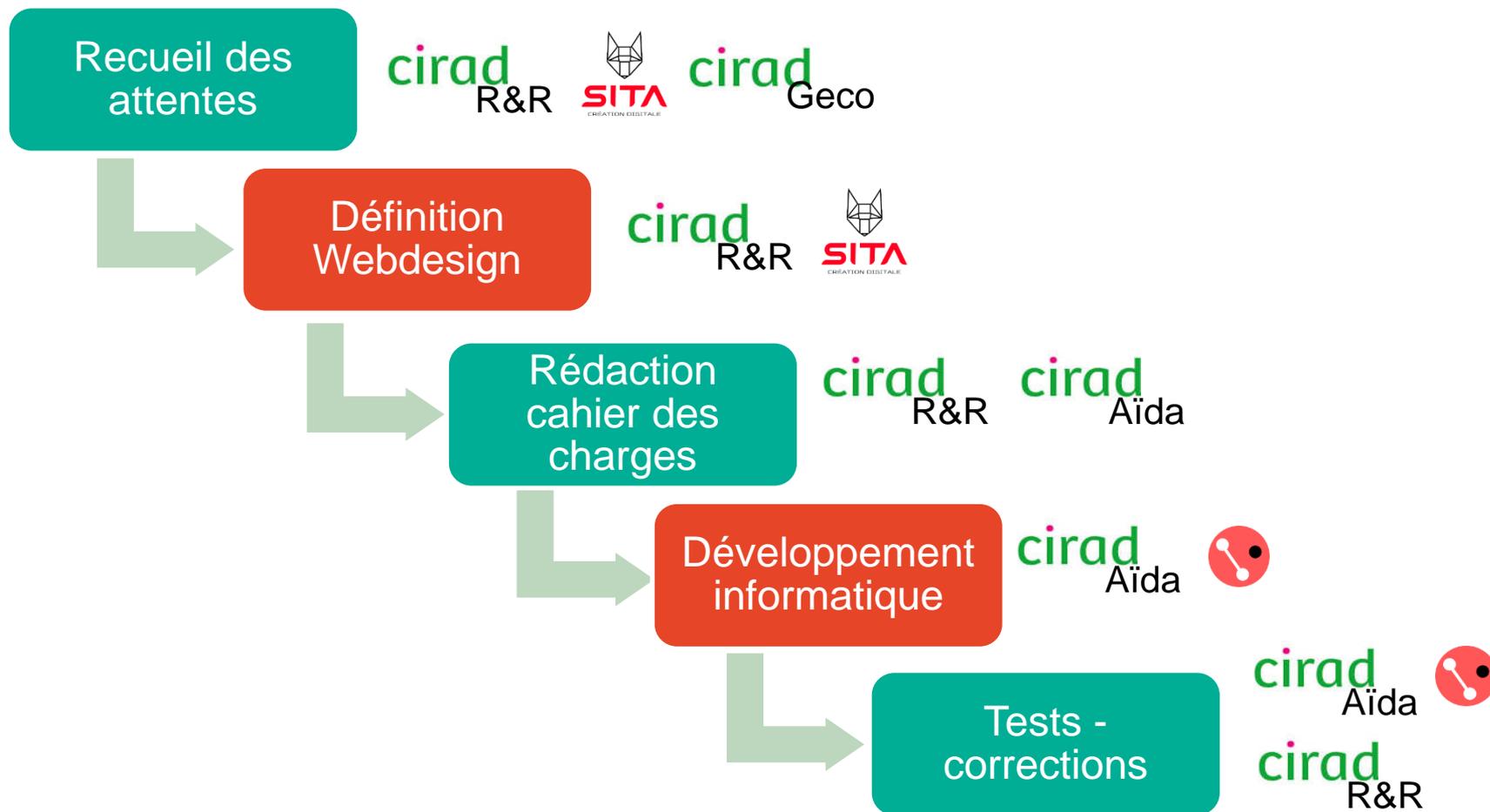
Prototypes d'écran





Projet FertiDOM

3. Co-développement d'un outil d'aide à la fertilisation





Projet FertiDOM

3. Co-développement d'un outil d'aide à la fertilisation

Actions prévues en 2026-2027

Elaboration de 2 nouveaux modules dans Amenda



Diagnostic foliaire

Cadre d'interprétation du statut nutritionnel



Projection ITK

Evolution des propriétés du sol en fonction des pratiques



Ferti-irrigation

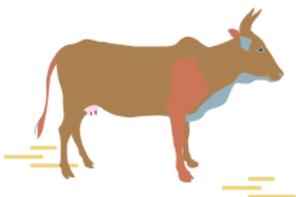
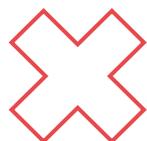
Nécessité de connaître la dynamique temporelle des besoins



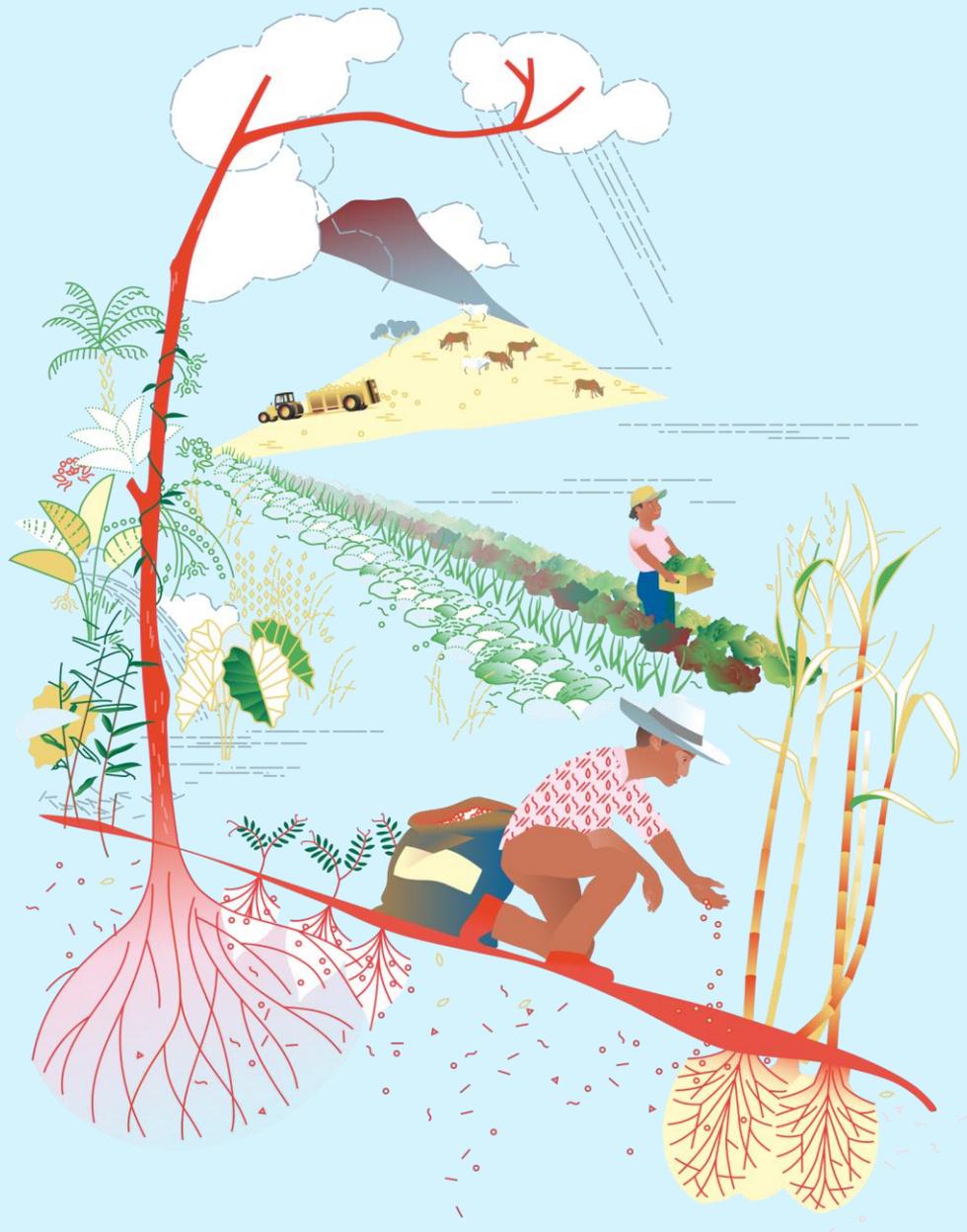
Projet FertiDOM

Formation des acteurs et transferts des outils

Actions prévues en 2027



Séminaires de formation collective sur les besoins des cultures, la fertilité des sols, l'efficacité des fertilisants et les outils d'aide à la fertilisation



Amenda

L'outil d'aide à la
fertilisation pour les
tropiques



La fertilisation tropicale a son outil

Amenda réalise des diagnostics de fertilité des sols et des conseils en fertilisation adaptés aux conditions tropicales.
Créé par le Cirad pour accompagner les agriculteurs dans la transition agroécologique, Amenda facilite l'utilisation de légumineuses et de résidus organiques en calculant les doses d'apport optimales.

Tester Amenda

Se connecter

Email

admin@example.com

Mot de passe

S'inscrire

Mot de passe oublié?

Je ne suis pas un robot



reCAPTCHA
Confidentialité - Conditions

Le champs est obligatoire

Se connecter

Temps d'échange

-20 min-



Agroécologie



Programme de l'animation

□ Présentation de l'outil d'aide à la fertilisation

- Contexte, enjeux et modes de raisonnement
Gatien Falconnier (AIDA) et Antoine Versini (R&r)
- Le projet FertiDOM et l'outil Amenda
Cécile Nobile (R&r) et Mickaël Mezino (AIDA)

□ Tout de table des initiatives connexes

- Diagnostic de fertilité des sols
Matthieu Bravin (R&r)
- Plan de fertilisation par filière
Banane & Ananas par *Elodie Dorey (Geco)*
Coton par *Lionel Yemadje & Oumarou Balarabe (AIDA)*
Café & Cacao par *Thomas Wibaux (ABSys)*
Hévéa par *Frédéric Gay (ABSys)*
Palmier à huile par *Sylvain Vrignon-Brenas (ABSys)*
Eucalyptus par *Louis Mareschal (Eco&Sols)*

□ Mot de clôture par Eric Justes (*Dir Persyst*)

Tour de table des initiatives connexes:

Diagnostic de **fertilité des sols**



BDD analyses Sol

Ex. Serdaf à La Réunion

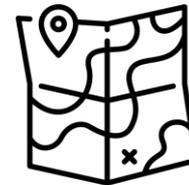
- **≈ 20 000** échantillons
et **300 000** déterminations depuis **2008**
- **Géolocalisation**
⇒ Approche **spatiale**
et **statistique** des données « sol »

Tour de table des initiatives connexes:

Diagnostic de **fertilité des sols**



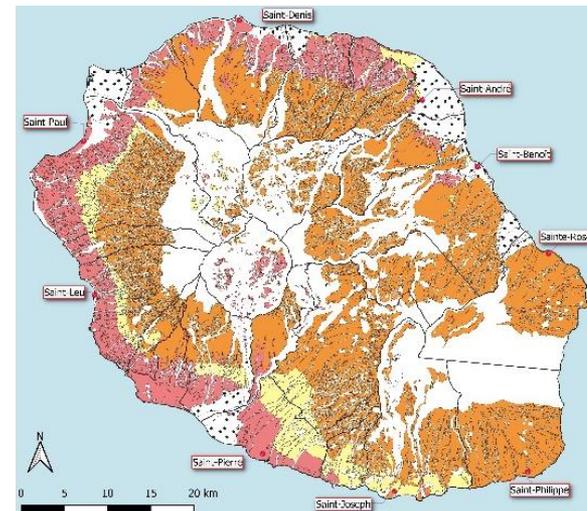
BDD analyses Sol



SIG agro-pédologiques

Ex. Serdaf à La Réunion

- \approx **20 000** échantillons
et **300 000** déterminations depuis **2008**
- **Géolocalisation**
⇒ Approche **spatiale**
et **statistique** des données « sol »



Tour de table des initiatives connexes:

Diagnostic de fertilité des sols



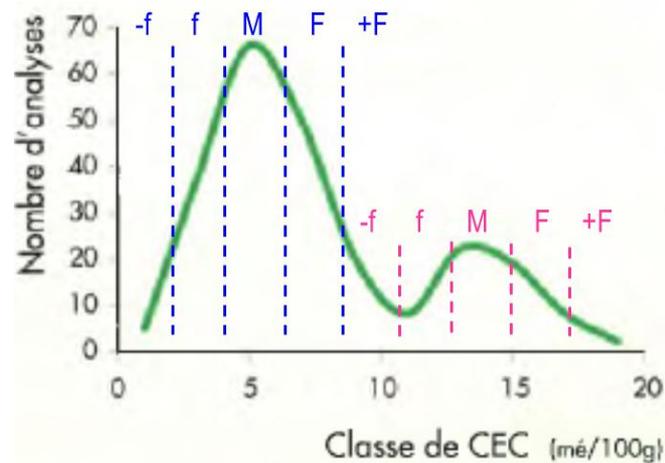
BDD analyses Sol



Cartes agro-pédologiques



Seuils statistiques
d'interprétation



Pouzet et al. 1997

Tour de table des initiatives connexes:

Diagnostic de fertilité des sols



BDD analyses Sol



Cartes agro-pédologiques



Seuils statistiques
d'interprétation

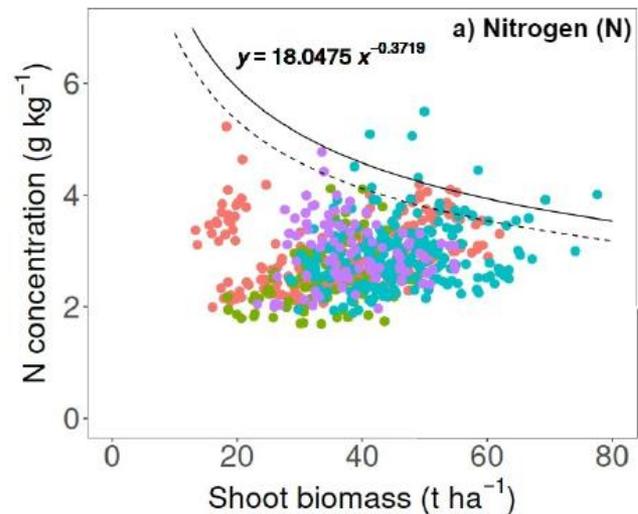
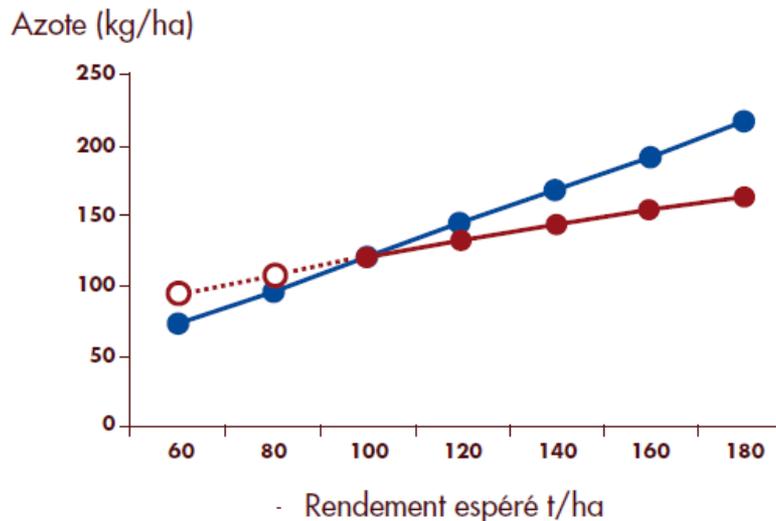


*Détermination disponibilité
et stock*

$$\begin{aligned}
 & N_{\min} \\
 & = \\
 & [N_{\text{sol}}] \\
 & \times \\
 & C_m \times C_{\text{clim}} \\
 & \times \\
 & D_a \times P_{\text{rof}} \times P_{\text{ierr}}
 \end{aligned}$$

Tour de table des initiatives connexes:

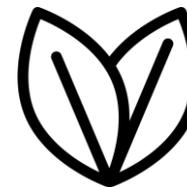
Diagnostic de fertilité des sols



Seuils statistiques
d'interprétation



Détermination disponibilité
et stock



Confrontation indicateurs
rendement ou nutrition

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation **Banane**



Enjeux : piloter au plus près des besoins pour limiter les pertes (doses appliquées >>> capacités d'absorption du bananier et d'adsorption du sol)
+ présence couvert végétal dans les bananeraies



Mode de raisonnement : confort maximal
500 kgN/ha/an, apports mensuels
Analyses de sol/an & analyses foliaires à la floraison comparées à des seuils critiques + ratios cationiques sol ~ type de sols (CEC très variables)



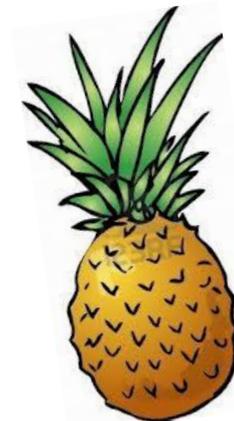
Outils existants : modèle bilan N (Dorel et al. 2008, revisité par Ripoche et al. 2012 puis Ruillé et al. 2025)
OAD pilotage dynamique (thèse de J.Barret, en cours)



Perspectives : avoir un outil de pilotage qui prenne en compte la désynchronisation des bananiers et les interactions avec les couverts

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation Ananas



Enjeux : maintenir un bon rendement tout en diminuant les coûts et les pertes

Monoculture intensive, doses de fertilisants très variables
~ variété + climat + calibre fruit

Ex: MD2 Brésil 650kgN/ha/an, MD2 Nigeria 150kgN/ha/an, QV Réunion 300 kgN/ha/an



Mode de raisonnement : ITK référence par pays, méthode du bilan N

Fractionnement des apports, 7 applications jusqu'à l'induction florale



Outils existants : VICTORIA, basé sur le modèle Simpiña (*Dorey et al. 2015*) développé pour le Queen Victoria à la Réunion, dispo sur le système d'information Smart IS <https://smartis.re>



Perspectives : développement de plans de fertilisation 100 % organique (1 apport à la plantation) ou mix

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation **Coton**



Enjeux

Choix des **formulations d'engrais et des doses**

- Enjeu prioritaire de productivité du cotonnier en fonction du potentiel
- Enjeu secondaire de gestion des cultures en rotation avec le cotonnier (fertilisation du système de culture)
- Enjeu tertiaire de gestion durable des sols cultivés

Choix du **type de fertilisation**

- Enjeu de disponibilité de l'élément fertilisant
- Enjeu de coût de revient pour l'exploitant

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation **Coton**



Raisonnement

Dose pivot basée sur :

- Une estimation des besoins en nutriments du cotonnier (à partir des essais fertilisation par la recherche)
- Des analyses de sols à l'échelle régionale (disponibilité grossière des éléments nutritifs majeurs)
- Coûts économiques de la fertilisation en relation avec les types d'exploitation
- → Trouver un équilibre entre la maximisation de la **production** et la **minimisation du coût** pour l'exploitant agricole.
- → Problème de **durabilité** de la culture car pas de bilan foliaire sur la culture, ressortant son état nutritionnel

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation Coton



Outils

- **Zone de production** : Zonage agroécologique des zones de production en fonction du potentiel d'optimisation des formules d'engrais composés
 - Analyse des sols et réponse aux engrais (R/D)
 - Bilan azoté des cultures (rare)
 - Modèle de simulation (rare)
 - Outils d'aide à la décision économique pour la filière
 - NPK et apport ou non d'urée
 - Apport engrais phosphocalcique ou non
- **Exploitation paysanne** : représentation sommaire et homogénéisation des niveaux de fertilité au sein de l'exploitation (par l'exploitant)
 - Bilan engrais disponible à crédit
 - Gestion optimale des quantités d'engrais reçu par culture dont cotonnier
 - Répartition par types de parcelles et cultures de la rotation

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation Coton



Perspectives

Connaissance et référencement des sols

- Meilleure connaissance du milieu (sols, climat, cultures)
- Meilleure connaissance de l'évolution du milieu en fonction de son usage (essais long terme)

Efficience des fertilisants dans les **systemes de culture**

- Meilleure connaissance des besoins des cultures
- Mise en place d'une base de données sur les fertilisants
- Prise en compte de modalités intégrant la fertilisation organique (gestion des résidus de culture ou bien apport de fumier et compost)

Formation :

- Des chercheurs et Agronomes
- Des agriculteurs à parti des kits simplifiés
- références sur les sols,

Plateforme de gestion de la ferti :

- Données cartographiques de base
- Intégrant les modèles de culture
- Permettant de raisonner en fonction des niveaux de production

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Café & Cacao**



Enjeux Café :

Réponse forte et relation fertilisation -> croissance -> production
Sur-fertilisation courante (N)

Enjeux Cacao :

Pas de courbe réponse $Rdt = f(N, P, K)$
Besoin en N limité (compétitions végétatif / reproductif)
Zone d'absorption racinaire superficielle (<10/20cm)
Sur-fertilisation en Amérique/asie, sous-fertilisation en Afrique



Enjeux communs :

Sensibilité aux équilibres entre éléments
-> Priorité à la correction
Efficacité liée à texture, pente, pH...
-> Amendements et fractionnements
Cultures pérennes & SAF
-> Turn-over, recyclage et restitution des exportations



Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Café & Cacao**



Raisonnement : Définition des plans de fertilisation à partir d'analyses de sol & foliaires

Une expertise qui date des instituts... (P. Jadin - J. Snoeck)

1. Corriger le sol

- ✓ Corriger le pH
- ✓ Corriger les équilibres entre bases
- ✓ Corriger l'azote (N/Bases, C/N et N/P)
- ✓ Atteindre les valeurs seuils & % saturation

2. Compenser les exportations

- ✓ Selon les caractéristiques agronomiques (densités, âge, productivité, surface d'épandage)

3. Etablir le plan de fertilisation

- ✓ Selon les formulations commerciales disponibles
- ✓ Doses par arbres pour (1) la correction & (2) la compensation des exportations

Country	Indonesia			
Title	Prasidha, Sector 2, A			
Clay + fine silt (%)	45.00	Expected values after fertilization		
Carbon (%)	7.95	C/N = 15.7		
Nitrogen (%)	0.507	N/P = 8.2		
P total (ppm)	616			
P available (ppm)	39.60		100.0	
K (meq%)	0.340	11.1%	1.729	8.0%
Ca (meq%)	2.290	74.6%	14.896	88.0%
Mg (meq%)	0.440	14.3%	5.187	24.0%
Al ³⁺ (meq%)	0.51			
C.E.C. (meq%)	36.020			
pH (H ₂ O)	4.90			
Sum of Exch. Bases	3.07		21.81	
Base Saturation	8.52		80.00	
Σ (exch. Bases) / N	1.82		5.48	

Automatique choice from: X

K %

Ca %

Mg %

Saturation

OK

Olsen-Dab

Print analysis

Calculate expected values

Back to formulae

Comments

Test (exch. B.) / N (<8,9) ==> increase bases After modif. ==> increase bases
N/P (normal = 1,5 - 2) P is low => increase P

Choice of fertilizers : Formulae and doses			Amount of fertilizer for:	
<i>The doses are computed per cocoa tree.</i>			Soil correction (total doses)	Yield exportation (annual doses)
P fertilizer :	% P ₂ O ₅	46	=> needs :	958 g
	% CaO	20		
	% effic.	100		
K fertilizer :	% K ₂ O	80	=> needs :	1.975 g
	% effic.	100		
Ca and Mg fertilizers	% CaO	55	=> needs :	5.486 g
	% MgO	40		
	% effic.	100		
Mg only fertilizer	% MgO	27	=> needs :	0 g
Complete fertilizer	% N	20		
	% P ₂ O ₅	10	=> needs :	113 g
	% K ₂ O	10		

Note: before modification: ==> increase bases ; after modification: ==> increase bases

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Café & Cacao**



Outil : FertExpert cacao & café (D. Snoeck, JB Laurent)

Le diagnostic sol sans l'analyse de sol... En partant du principe que la fertilité c'est:

-> 65% de paramètres intrinsèques

- ✓ Pédologie: Acidité, Cations, ...
- ✓ Climat: pluie, température,
- ✓ Localisation: Pente, Profondeur, ...

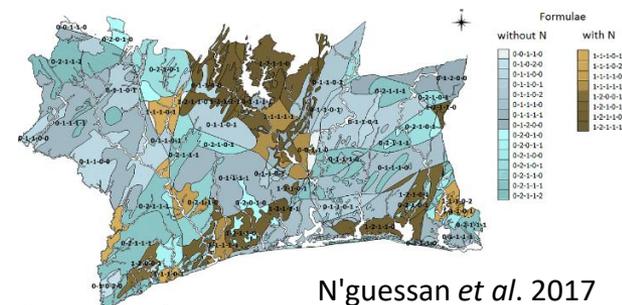
-> 35% de paramètres dynamiques (liés aux pratiques culturales)

- ✓ Association de cultures, ombrage,
- ✓ Fumure organique ou minérale,
- ✓ Entretien, taille, ...

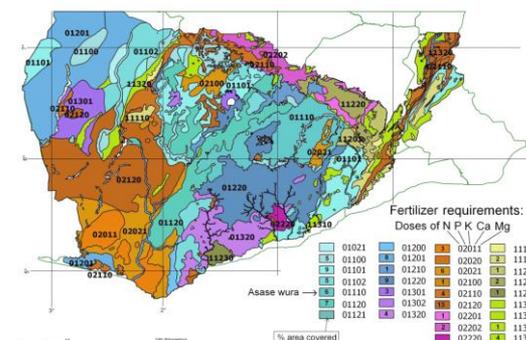
Création d'un «**système expert**» qui tire avantage de l'existant :

1. La **carte des besoins en engrais** qui est obtenue en combinant le «**diagnostic sol**» et les cartes **pédo-climatiques** -> **Base de la formule**
2. L'observation des **paramètres dynamiques** dans chaque parcelle. C'est ce qui donne la précision -> **Formule idéale et géolocalisée**.

Cacao	Café
Ghana - Côte d'Ivoire	Côte d'Ivoire - Burundi



N'guessan et al. 2017



Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Café & Cacao**



Paramètres intrinsèques

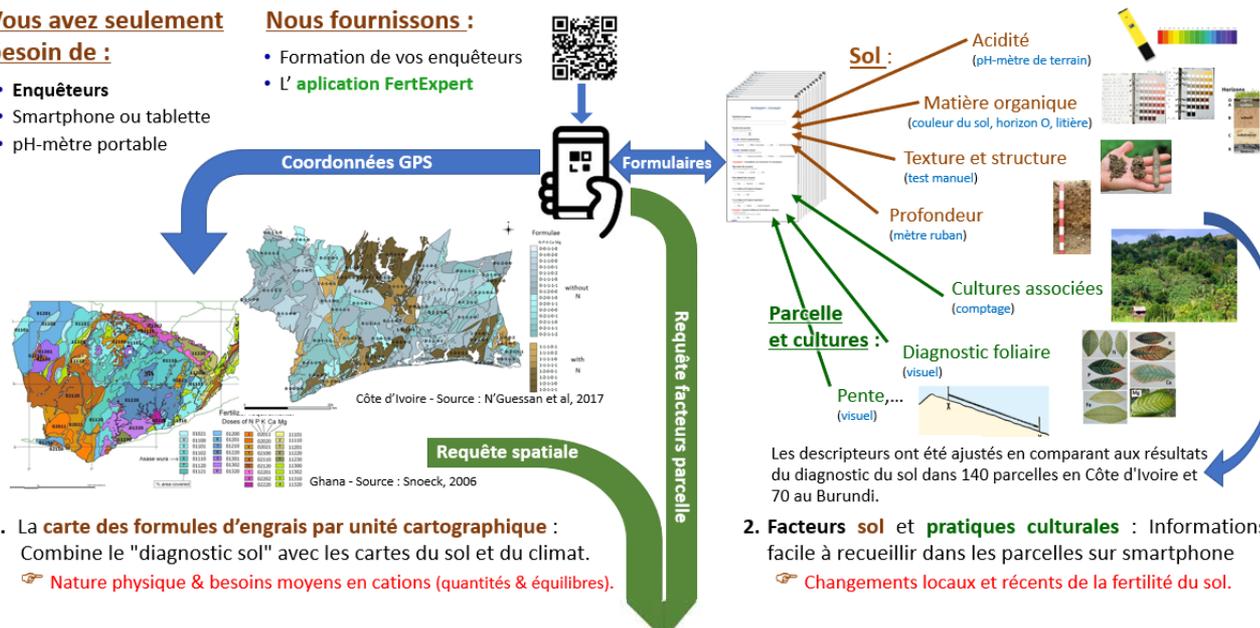
Paramètres dynamiques

Vous avez seulement besoin de :

- Enquêteurs
- Smartphone ou tablette
- pH-mètre portable

Nous fournissons :

- Formation de vos enquêteurs
- L' **application FertExpert**



1. La **carte des formules d'engrais par unité cartographique** :

Combine le "diagnostic sol" avec les cartes du sol et du climat.

☞ Nature physique & besoins moyens en cations (quantités & équilibres).

2. **Facteurs sol** et **pratiques culturales** : Informations facile à recueillir dans les parcelles sur smartphone

☞ Changements locaux et récents de la fertilité du sol.

Résultats

Tableau synthétique

Nom	kg/ha	Formule commerciale	Dose (kg/ha)
Ammoniac 24	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 33	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 45	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 50	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 60	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 70	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 80	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 90	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 100	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 110	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 120	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 130	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 140	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 150	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 160	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 170	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 180	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 190	1	NPK 10-10-10	100
Ammoniac 200	1	NPK 10-10-10	100

Fertilisation idéale & formule commerciale la plus adaptée

Carte interactive

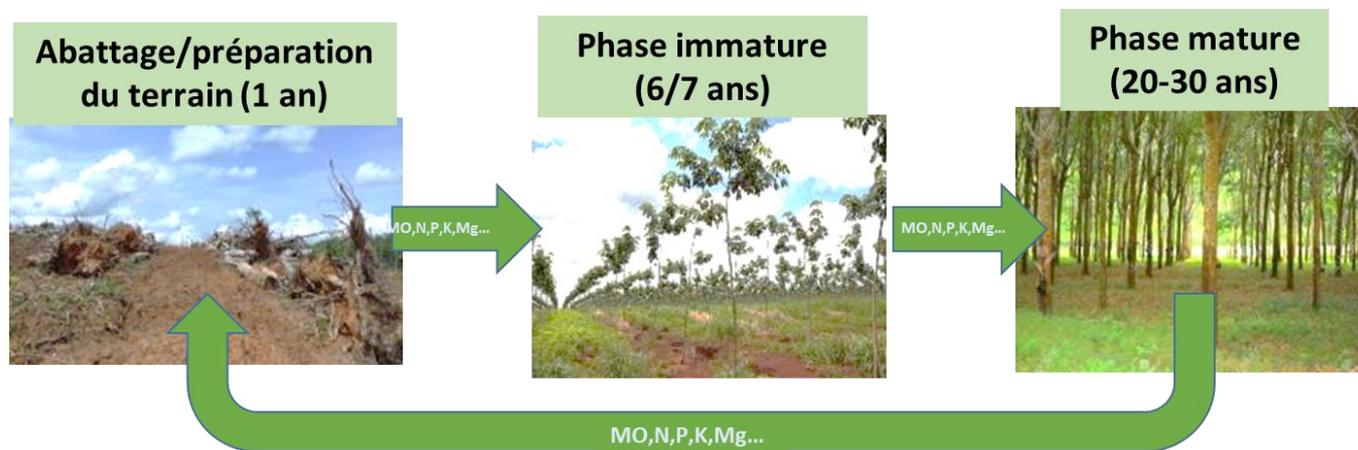
=> Rapide, pas cher et précis

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation Hévéa



Enjeux spécifiques: gestion de la fertilité de sols & fertilisation raisonnée des cultures



Risque de dégradation de la fertilité si replantation mal gérée
Enjeu: maintien de la fertilité des sols

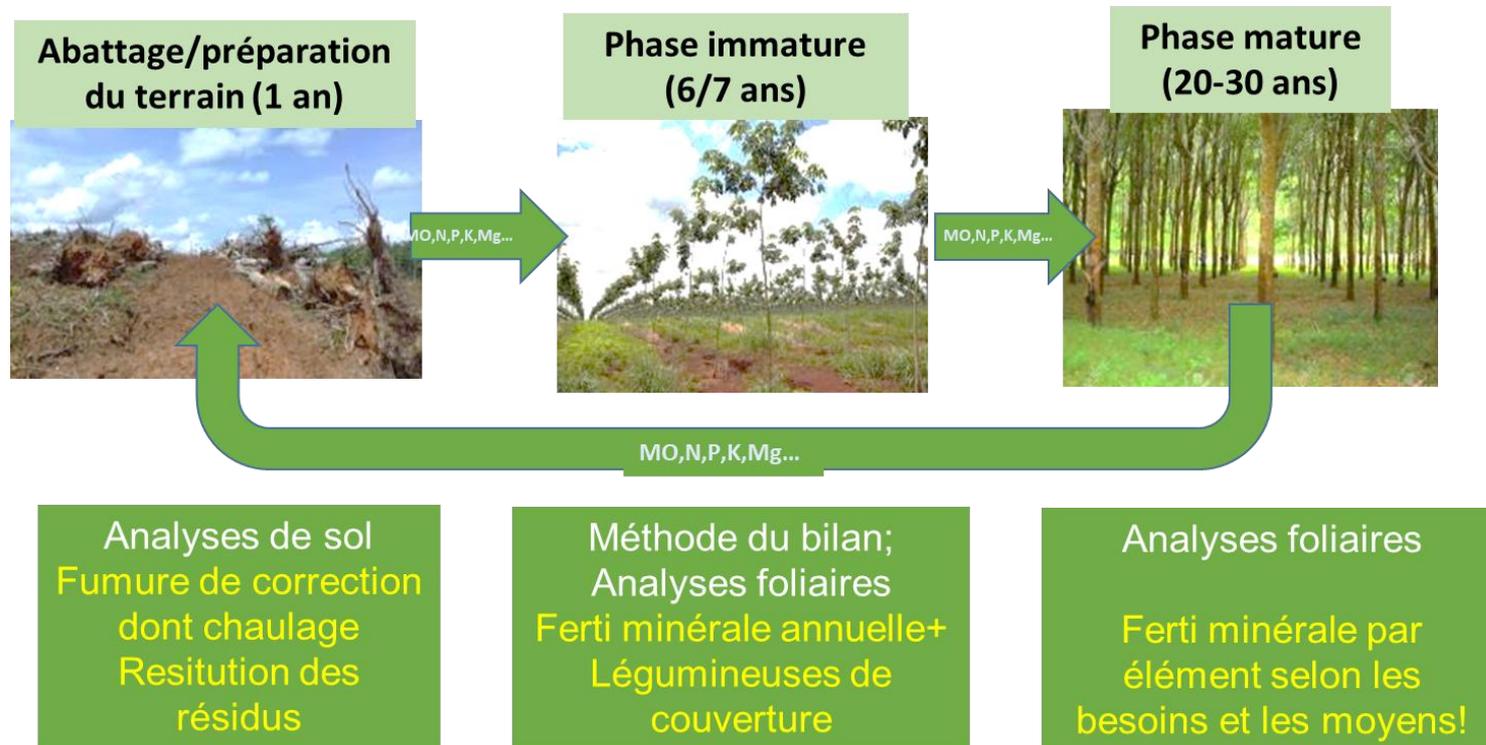
Besoins élevés
Fort effet de la ferti sur la croissance des arbres
Enjeu: entrée en production le plus tôt possible

Besoins Faibles
Effet faible à modéré sur le rendement en latex
Enjeu: santé du peuplement et durée de vie de la plantation

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Hévéa**



Modes de raisonnement



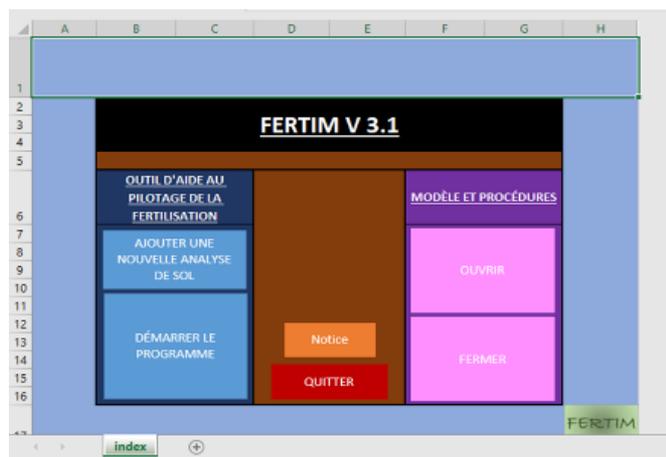
Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Hévéa**



Outils existants

GRILLES D'INTERPRETATION DES ANALYSES DE SOLS ET DE FEUILLES (valeurs de référence)

Parameters	Unit	Very Low	Low	Medium	High	Excessive	Comments
CEC	meq/100 g or cmolc/kg	<5	5<<10	10<<20	>20		Depends much on clay content
Organic matter	%	<1	1-2	2<<10	>10		Depends much on clay content
N	ppm	10	10-20	20-30	30-40	>40	Only few % (2<<5) are available for the plants
Extractible P (olsen)	ppm		<10	10-25	25-50	>50	For soils with pH >6
Extractible P (bray)	ppm		<20	20-40	40-100	>100	For acidic soil (pH< 6)
Available K	ppm meq/100g	<100 <0.25	100-150 0.25-0.4	150-250 0.4-0.6	250-800 0.6-2	>800 >2	Be careful to units
Boron	ppm	<0.3	0.4-0.5	>0.5	>2		
Al toxicity	ppm		<2	2-5	>5		Depends on crop and variety



FERTIM, OAD pour le pilotage de la ferti en phase immature (correction de sol + bilan complet)

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation Hévéa



Perspectives

Deux points d'amélioration des outils:

- ❖ **Valeurs de référence** (sol, feuilles): ref anciennes pas forcément bien documentées. Réflexion sur les protocoles expérimentaux pour les déterminer.
- ❖ **Modèle FERTIM**: formalismes très simples sur minéralisation N et disponibilité P à revoir.

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Palmier à Huile**



Enjeux spécifiques

Besoins en intrants importants pour compenser la production élevée

- Enjeu écologique lié à cette culture
- Amélioration du cycle de la matière organique

- **2 grands types de systèmes de production** avec des enjeux différents :
 - Agro-industries : Amélioration de la durabilité et recyclage de la matière organique (POME, EFB)
 - Petites plantations : diagnostic correct pour adapter la fertilisation

- Potassium est l'élément-clé et doit-être considéré en interaction avec Mg et N

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Palmier à Huile**



Modes de raisonnement

- Diagnostics nutritionnels ou approches par bilan



Outils existants

- Différents outils existent en fonction des zones géographiques :
 - Asie du Sud-Est :
 - **Système Français** (système basé sur l'expérimentation et le DF)
 - **Système Foster** (système basé sur un réseau d'essais et le DF/DS)
 - Système ouvert PORIM (basé sur un rendement potentiel)
 - Méthode INFERS (bilan demande/fourniture)
 - Amérique du Sud (DF + équilibres) :
 - DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System)
 - CVA (Critical Value Approaches)
 - CDN (Compositional Nutrient Diagnosis)

Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Palmier à Huile**



Perspectives

- Appliquer la méthode du DF en plantations villageoises mais plusieurs verrous :
 - **Mise en place, gestion et suivi des essais de fertilisation**
 - Besoin de main d'œuvre disponible et qualifiée
 - Besoin de surface importante (env. 5ha)
 - Coût des essais (humains et financiers)
 - Valorisation des données historiques : analyse de données
 - **Coût des analyses annuelles**
 - Besoin de main d'œuvre disponible et qualifiée
 - Souvent impossible à supporter pour des petites exploitations
 - Utilisation de la NIRS : diminution du coût des analyses

Tour de table des initiatives connexes:

Plan de fertilisation **Eucalyptus**



Enjeux spécifiques

Gestion intensive des plantations d'eucalyptus : fortes exportations de biomasse tous les 5-7 ans sur des sols à faibles ou très faibles réserves minérales.

Situation extrême de risque de chute de fertilité pour les sols.

Erosion des stocks initiaux après changement d'usage des sols :
évaluation continue

Types d'apports: NPK, urée, chaulage, parfois boues d'épuration et oligo-éléments

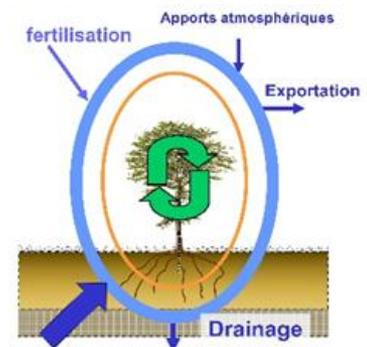


Modes de raisonnement

Principe de remplacement:

Bilans de nutriments: entrées – sorties. Entrées: dépôts humides et secs; fertilisation; altération. Sorties: ruissellement, drainage; exportation/immobilisation.

➤ Effets de la gestion des résidus d'exploitation / légumineuses introduites



Tour de table des initiatives connexes: Plan de fertilisation **Eucalyptus**



Modes de raisonnement (suite)

Dose pivot:

courbes de croissances en fonction de la dose/éléments apportés. Prise en compte des coûts marginaux (gain en biomasse vs cout intrants).

Approche par omission:

Panel de nutriments apportés - un pour déterminer les effets spécifiques sur la croissance.

Etat nutritionnel: diagnostic foliaire, importance des oligo-éléments



Perspectives

Adapter et évaluer Amenda sur bases d'essais de fertilisation (réseau de sites)

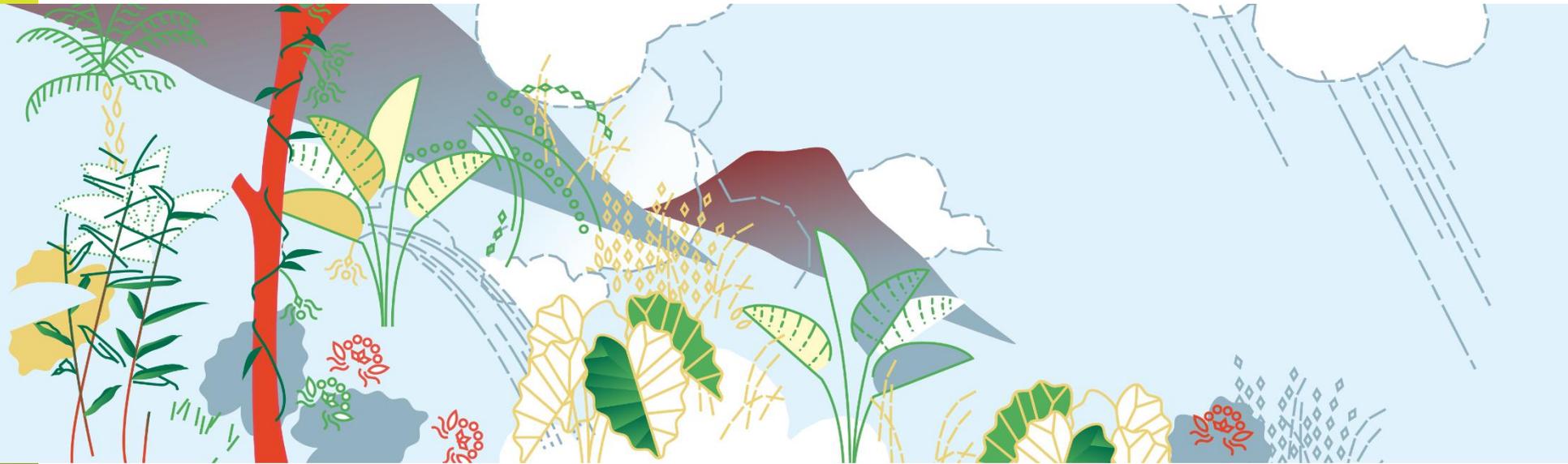
Sonder l'intérêt des industriels

Temps d'échange

-20 min-



Agroécologie



& mot de clôture de la Dir Persyst