



Emmanuel FROSSARD, ETH Zurich

La recherche et la dimension mondiale

La recherche et la dimension internationale de
Jean-Claude Fardeau

ou

«du pouvoir des cinétiques pour le
développement d'agricultures durables»



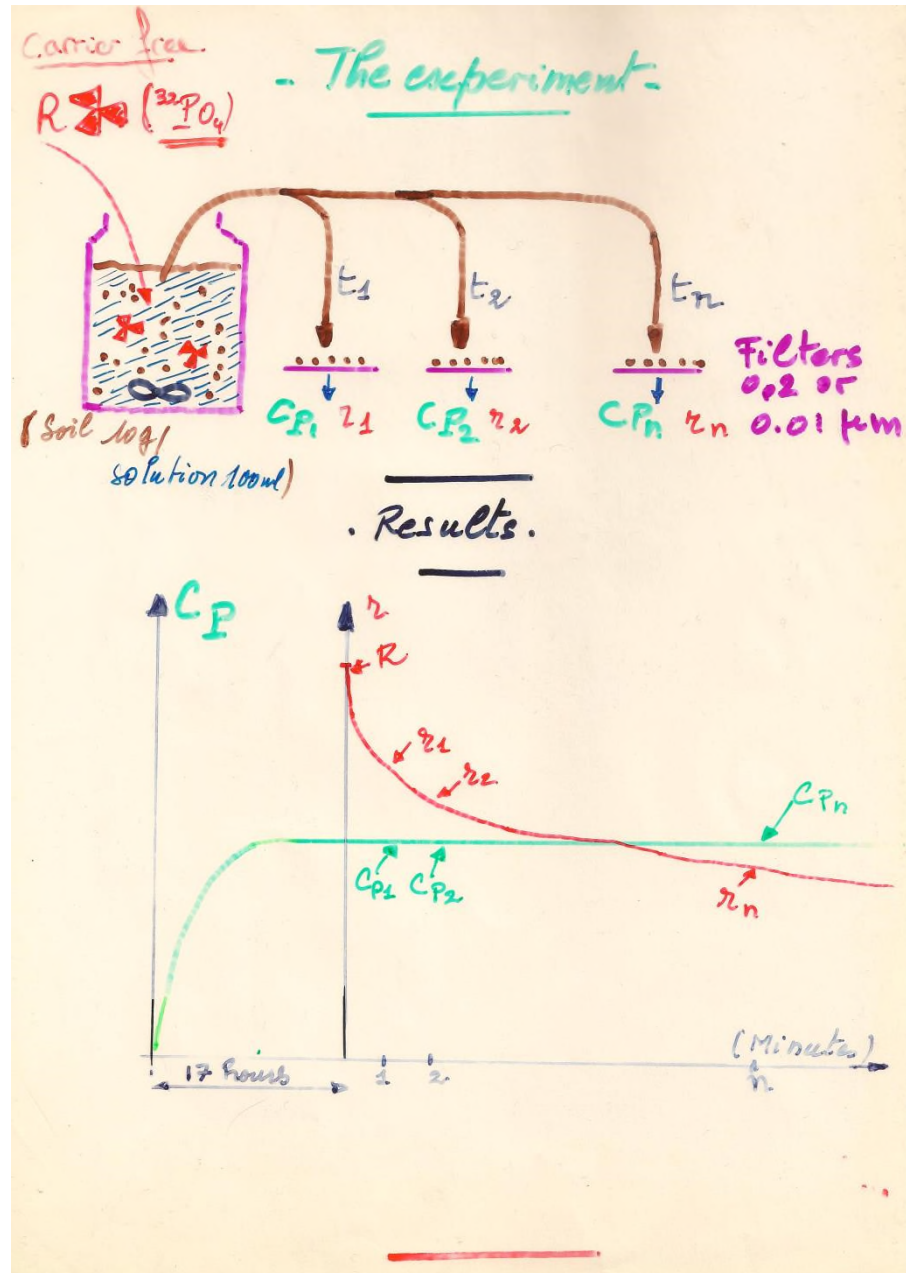
La question et l'approche

- Evaluation mécaniste de la disponibilité des éléments des sols et des engrais pour les plantes cultivées
- Il a abordé cette question en adaptant et développant des méthodes permettant de quantifier des flux bruts
 - Les cinétiques d'échanges isotopiques
 - L'utilisation de marquage direct (engrais) et indirect (du sol)
- Son approche a été nourrie par
 - des allers et retours entre le champ (en milieux tempérés, méditerranéens et tropicaux) et le labo/la serre
 - une grande rigueur au labo et dans l'expression écrite
 - et de profondes connaissances sur la théorie et l'emploi des traceurs

La "manipe"



Photo Martina Aigner AIEA

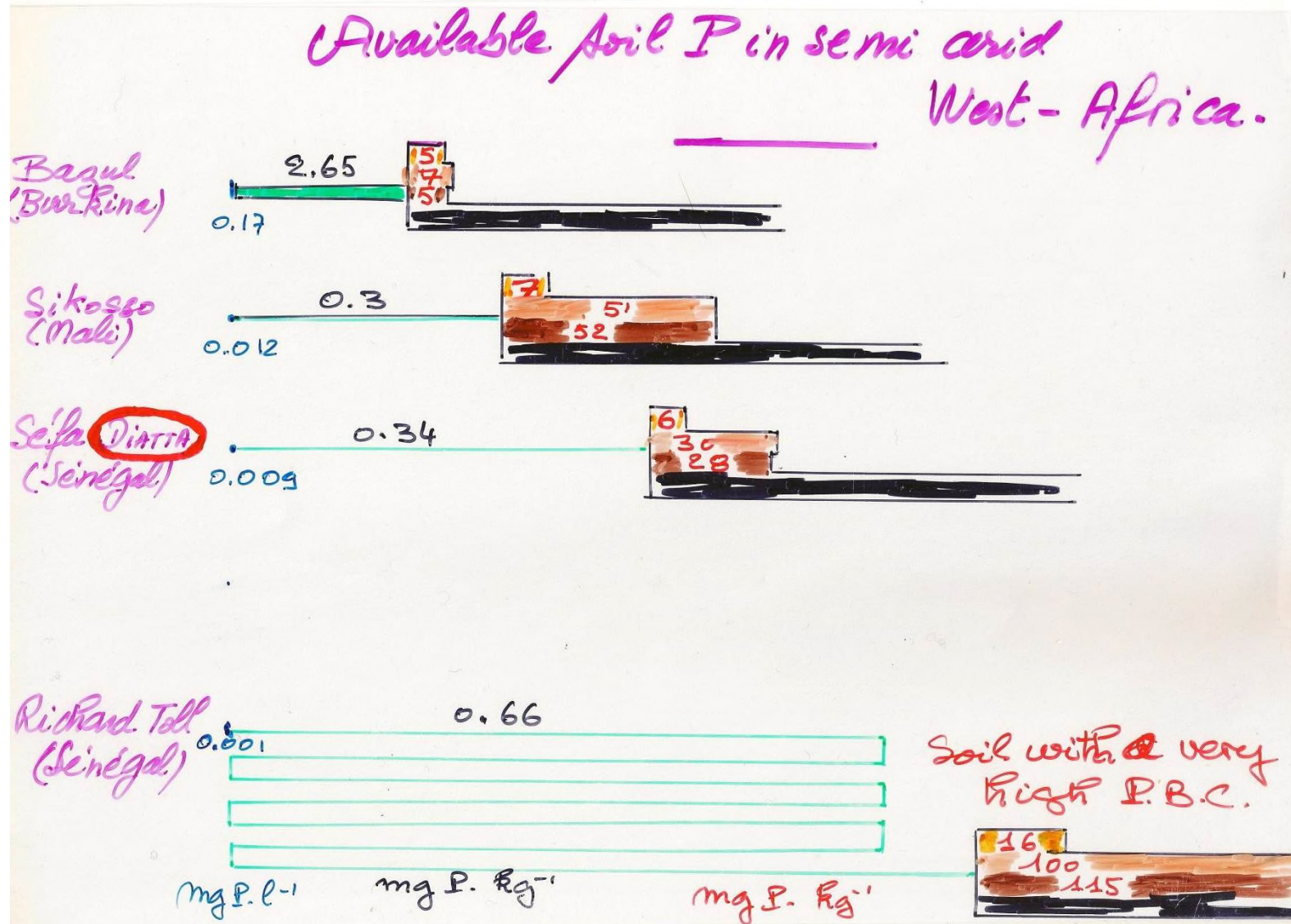


Transparent issu d'une présentation faite dans le cadre du programme SCOPE à Nairobi, UNEP, 1993

Des découvertes fondamentales

- Il existe un grand nombre de sites d'échange pour le P dans les sols (compartiments); l'échange du P peut se faire très rapidement sur certains sites et lentement sur d'autres
 - c'est en accord avec les observations de Barrow qui a mis en évidence des cinétiques lentes de sorption et de désorption
- La prise en compte de paramètres cinétiques déterminés sur le court terme permet d'évaluer sur des pas de temps beaucoup plus longs la quantité d'ions phosphate pouvant arriver dans la solution par échange homo-ionique et diffusion
 - Confirmation/validation par des expériences avec des suspensions de terre (plusieurs semaines) avec des plantes (3-4 mois)
 - Malheureusement trop peu de scientifiques ont intégré ce point dans leur recherche

Le modèle mamellaire



Transparent issu d'une présentation faite dans le cadre du programme SCOPE à Nairobi, UNEP, 1993

L'approche stochastique

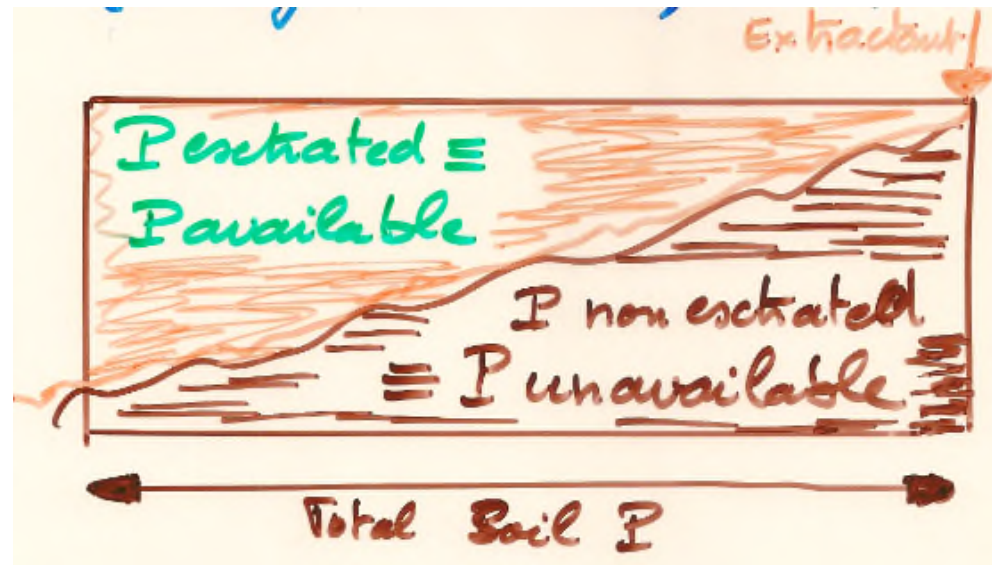
Mean exchange rate, K_m ;
Mean sojourn time, T_m ;
Mean flux of exchange F_m .

	K_m (nm^{-1})	T_m (min)	F_m ($\text{mg P. m}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Bazul (Burkina)	2.3	0.4	4.0
Sikasso (Mali)	3.4	0.29	0.4
Sefa, (Sénégal)	11.6	0.09	1.1
Danié (Togo)	163	0.006	441
Richard Toll (Sénégal)	$6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-4}$	61

P n'est plus facteur limitant
si $F_m > 50 \text{ à } 70 \text{ mg P. m}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

Evaluation des méthodes de routine d'analyse des sols

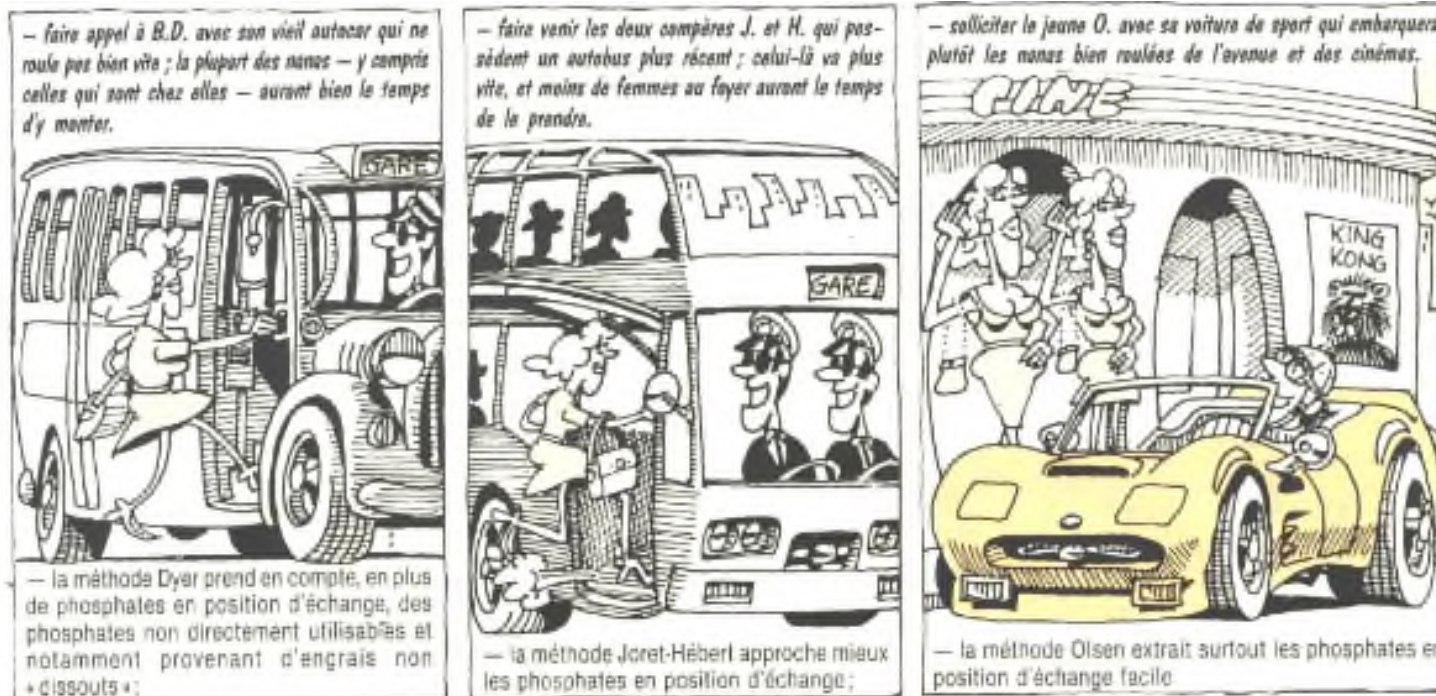
Modèle classique de la disponibilité du P



réfuté par les cinétiques d'échange isotopique

Evaluation des méthodes de routine d'analyse des sols

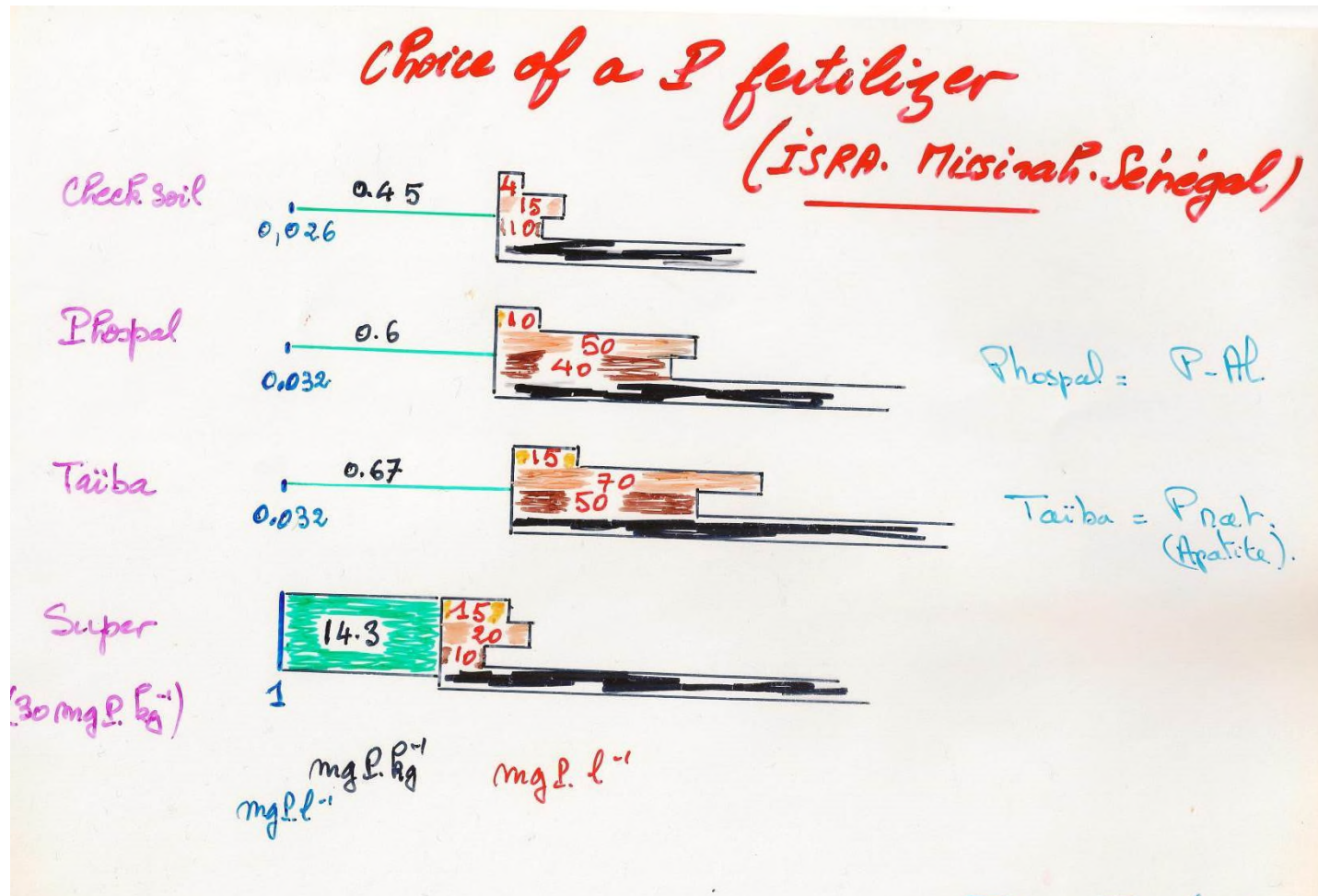
L'approche isotopique montre que la méthode Olsen est un bon compromis



Evaluation de l'efficacité des engrais

- 2 approches
 - Distribution du P dans les «compartiments» de sols fertilisés ou non
 - Suivi du transfert de P-engrais vers la plante par marquage de l'engrais, ou marquage du P échangeable du sol
- Etudes de nombreux engrais:
 - P soluble, scories, phosphates naturels, engrais de ferme, boues d'épuration...
- Messages clé
 - Il faut apporter l'engrais P soluble comme l'engrais N, au plus près des besoins de la plante
 - L'effet « vieille graisse » est une illusion
 - Ce n'est pas en laissant les phosphates naturels plus longtemps dans un sol à pH neutre qu'ils vont mieux se dissoudre
 - On peut prédire l'efficacité d'un engrais P ($Pdff\%$) à partir de cinétiques d'échanges isotopiques sur des sols fertilisés et non fertilisés

Le choix de l'engrais P dans un sol du Sénégal

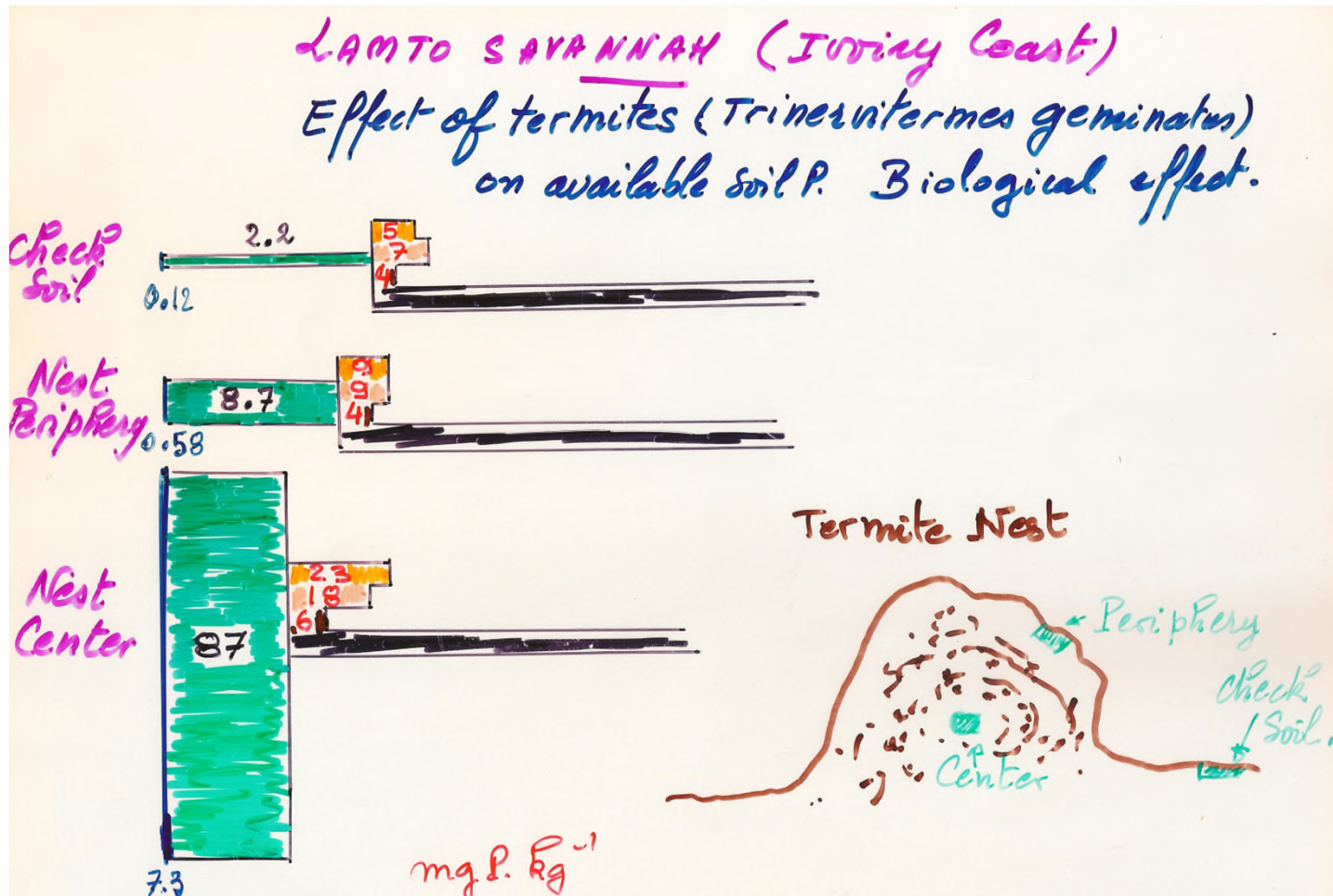


Transparent issu d'une présentation faite dans le cadre du programme SCOPE à Nairobi, UNEP, 1993

Effets des activités biologiques sur la disponibilité du P du sol

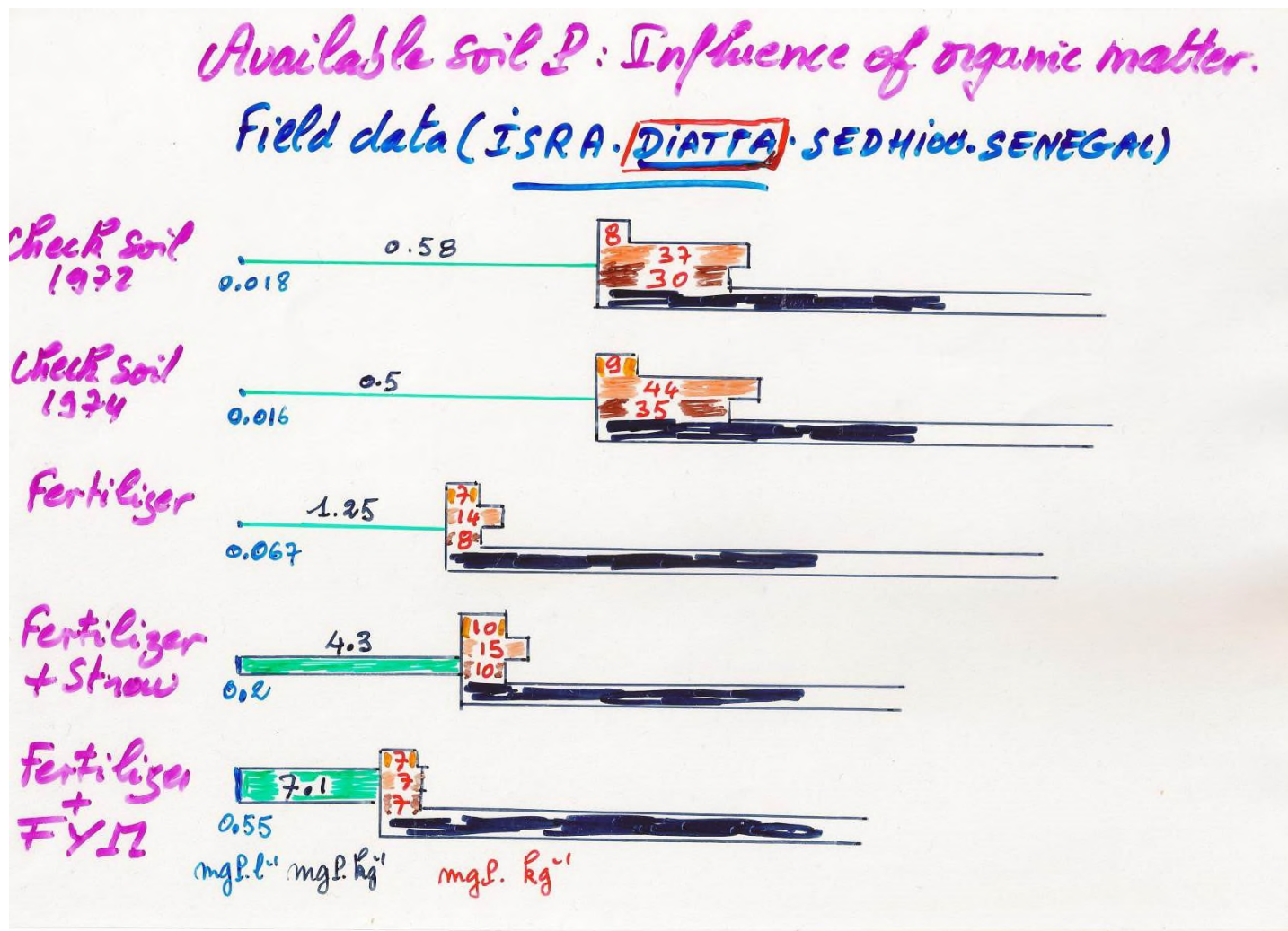
- Effet du prélèvement de la plante
- Le P des résidus végétaux est aussi disponible que celui des engrais solubles
- Les AMF prélèvent leur P dans le même compartiment que les racines
- L'effet de l'arbre sur la fertilité P du sol
- Le P de la phytine n'est pas utilisé par la plante même mycorrhizée

Effet des termites sur la disponibilité du P



Transparent issu d'une présentation faite dans le cadre du programme SCOPE à Nairobi, UNEP, 1993

Effet de l'apport de matières organiques sur la disponibilité du P



Transparent issu d'une présentation faite dans le cadre du programme SCOPE à Nairobi, UNEP, 1993

**En France, plus de la moitié du P appliqué
aux terres cultivées est associé à des produits
ayant transité dans le vivant**



J.-C. Fardeau, présentation à l'Académie d'Agriculture de France, octobre 2012

Application de ces principes à d'autres éléments et d'autres systèmes

- Nutritifs
 - N, K, et Fe, S, Ca, Zn
- Polluants
 - Ni, Cd, Cr, Zn
- Systèmes aquatiques
 - Le P des déjections d'huitres
 - Echange d'ions phosphate entre l'eau et le sédiment

Elargissement de la réflexion à la fertilité du sol

- La fertilité du sol est construite et entretenue (ou dégradée) par l'homme,
- L'expression fertilité du sol pourrait être remplacée par

«Fertilité des agroécosystèmes Homme agricole – sol cultivé
ou Homme cultivé –sol agricole
ou mieux encore Homme cultivé – sol cultivé
ou bien de fertilité révélée (par l'Homme) »

- Quels indicateurs de fertilité choisir pour agir

« Quelle est donc ici, dans ma parcelle, la caractéristique sol qui sera la plus contraignante pour la fourniture aux cultures, en quantité adéquates et équilibrées, des éléments nutritifs? L'indicateur utilisé sera-t-il un outil efficace non seulement pour répondre à la question posée, mais aussi pour pouvoir agir pour réduire la contrainte ? »

La dimension internationale: à l'AIEA

- JCF été instrumental dans le développement et la mise en œuvre du projet de recherche coordonnée (CRP) de la FAO/AIEA intitulé “The use of nuclear and related techniques for evaluating the agronomic effectiveness of P fertilizers, in particular rock phosphates”.
- Ce CRP a été le réseau le plus large de l'AIEA avec 23 pays (dont 6 pays industrialisés)
- JCF et son équipe ont conduit plus de 3000 «manipes» sur des échantillons du monde entier pendant ce CRP

Et de nombreuses collaborations bilatérales

- Albanie/Institut d'études des sols: S Sinaj;
 - ORSTOM: R Poss;
 - Québec: T Sen Tran;
 - Suisse: A Oberson et J M Besson, Changins;
 - Venezuela: D Lopez Hernandez;
 - etc.
-
- Tout cela a conduit a des publications avec des chercheurs d'Albanie, Argentine, Autriche, Burkina Faso, Chine, Cuba, Ghana, Japon, Madagascar, Pologne, Sénégal, Suisse, Canada, Niger, Uruguay, Venezuela...

Enseignement, encadrement et formation

- Enseignement à l'ENSAIA et aussi sûrement ailleurs
 - Les principes en 1 et 2 année
 - JC Fardeau en personne en 3 année
- 26 ! Encadrement/jury de thèse et d'habilitation à diriger recherches
 - Dont 14 à l'ENSAIA/INPL
- Formation des chercheurs dans les centres de recherches nucléaires en Amérique du sud et en Afrique lors de missions pour l'AIEA
- Formation de chercheurs envoyés par l'AIEA au labo de radio agronomie de Cadarache

« ... les récoltes retirent quelque chose du sol et l'agriculteur, l'homme du début de la chaîne productrice, doit rapporter un minimum de choses pour maintenir le niveau de fertilité! Il doit donc être expert en méthode du bilan! Cette dernière remarque pour rappeler qu'en matière de fertilité des sols :

Il est impératif de faire progresser simultanément les performances des outils analytiques, les connaissances fondamentales et leur enseignement. »

Merci!