

ROYAUME DE BELGIQUE
Ministère des Colonies

KONINKRIJK BELGIË
Ministerie van Koloniën

BULLETIN AGRICOLE

DU

CONGO BELGE

LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT

VOOR

BELGISCH-CONGO

VOL. XLIII — N. 2



BULLETIN D'INFORMATION

DE L'

I N E A C

INFORMATIEBULLETIN

VAN

NILCO

JUIN
JUNI 1952

VOL I — N. 1-2

Bulletin Agricole du Congo belge

Landbouwkundig Tijdschrift voor Belgisch-Congo

SOMMAIRE	Vol. XLIII	N° 2	JUN 1952	INHOUD
				Pages/Blz.
Note de la Rédaction				269
Nota van de Redactie				271
Articles originaux - Oorspronkelijke Artikelen				
Etude de la qualité du Cacao			G. NEIRINCKX et A. JENNEN	273
Les problèmes internationaux à la base de la FAO			A. VAN HOUTTE	383
De Internationale Problemen aan de basis van de FAO			A. VAN HOUTTE	391
La « Tristeza » des Agrumes			R. L. STEYAERT	399
La « Cannelure » ou « Stem Pitting » du Pam- plemoussier au Congo belge			R. L. STEYAERT et R. VAN LAERE	447
Historique de la méthode Testatex (<i>suite et fin</i>) Etude préliminaire de la faune entomologique et de la protection des bois exploités au Mayumbe			D ^r P. J. S. CRAMER †	455
Conférence Forestière Interafricaine d'Abidjan			P. HENRARD	463
Essai d'ethnographie des bovins indigènes du Congo belge			P. STANER	481
Epithéliome vulvaire chez une vache			—	497
Note sur le traitement de l'agalaxie de la truie au moyen de l'extrait antéhypophysaire associé à la thyroxidine			D ^r MOLS	533
Vidange d'un étang de la Cotonco à Sentery - Territoire de Tshofa (Lomami)			A. JUSSIAANT et R. GASPARD	537
Documentation officielle - Officiële Documentatie			C. HALAIN	539
Notes et Actualités - Nota's en Actualiteiten				545
Bibliographie - Boekbespreking				551
Annonces - Advertenties				581
pages/blz. I - XXVIII après la page/na blz.				616

Bulletin d'Information de l'INEAC

Informatiebulletin van het NILCO

SOMMAIRE	Vol. I	N°s 1-2	JUN 1952	INHOUD
				Pages/Blz.
Editorial				1
Editoriaal				3
Le rôle de l'INEAC dans le développement de l'Agriculture congolaise			F. JURION	5
L'utilisation des engrais au Congo belge			M. V. HOMÈS	21
La sélection des plantes vivrières à Yangambi. Le Riz et le Manioc			DIV. DES PLANTES VIVR. DE L'INEAC	37
Vingt ans de sélection du bétail indigène du type local à Nioka			D ^r J. GILLAIN et D ^r M. MARICZ	55
Une grave maladie du caféier « Robusta » : la Tra- chéomycose. Avertissements et conseils aux plan- teurs			J. V. FRASELLE et G. GEORTAY	87
Le bouturage du Cacaoyer			G. VALLAËYS	103
Comptes rendus de recherches - Verslag van on- derzoekingen				123
Petites informations - Korte mededelingen				135

ROYAUME DE BELGIQUE
Ministère des Colonies

KONINKRIJK BELGIË
Ministerie van Koloniën

Direction de l'Agriculture, des Forêts,
de l'Élevage et de la Colonisation

Directie van Landbouw, Bossen,
Veeteelt en Kolonisatie

Bulletin Agricole du Congo Belge

Landbouwkundig Tijdschrift

voor Belgisch-Congo

VOL. XLIII

N^o 2

JUNI 1952

4 FASCICULES PAR AN
NUMMERS PER JAAR

19753



Etang d'alevinage pour Tilapia
à Sentery (Cotonco).

RÉDACTION ET ADMINISTRATION
Place Royale, 7 - Bruxelles

REDACTIE EN ADMINISTRATIE
Koningsplein, 7 - Brussel

BULLETIN D'INFORMATION

de

L'INSTITUT NATIONAL POUR L'ETUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE

INEAC

INFORMATIEBULLETIN

van het

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE LANDBOUWSTUDIE IN BELGISCH-CONGO

NILCO

VOL. I, N° 1-2
JUN 1952 JUNI

Bulletin d'Information de l'INEAC

Informatiebulletin van het NILCO

SOMMAIRE Vol. I N^{os}
rs 1-2 JUNI 1952 **INHOUD**

	Pages/Blz.
Editorial	1
Editoriaal	3
Le rôle de l'INEAC dans le développement de l'Agriculture congolaise	5
F. JURION	
L'utilisation des engrais au Congo belge	21
M. V. HOMÈS	
La sélection des plantes vivrières à Yangambi. Le Riz et le Manioc	37
DIV. DES PLANTES VIVR. DE L'INEAC	
Vingt ans de sélection du bétail indigène du type local à Nioka	55
D ^r J. GILLAIN et D ^r M. MARICZ	
Une grave maladie du caféier « Robusta » : la Tra- chéomycose. Avertissements et conseils aux plan- teurs	87
J. V. FRASELLE et G. GEORTAY	
Le bouturage du Cacaoyer	103
G. VALLAEYS	
Comptes rendus de recherches - Verslag van on- derzoekingen	
Les réactions du cotonnier aux conditions de milieu	123
M. LECOMTE, R. DE COENE et F. CORCELLE	
La sélection précoce de l'hévéa	128
R. J. PICHEL	
La microflore des sols de l'Uele	132
H. LAUDELOUT et H. DU BOIS	
Petites informations - Korte mededelingen	
La conférence zootechnique de l'INEAC, à Nioka (2-6 octobre 1951)	135
L'INEAC devant le problème des cultures indus- trielles	137
Catalogue sommaire des plants et semences dis- ponibles dans les stations de l'INEAC	139

L'Utilisation des Engrais au Congo belge

PAR

MARCEL V. HOMÈS,

Professeur à l'Université de Bruxelles,
Membre du Comité de Direction de l'INEAC.

Position du problème.

La question de l'utilisation des engrais au Congo belge fait partie d'un problème général plus vaste, celui du maintien de la fertilité des sols intertropicaux. Il serait erroné d'étudier en soi le problème de l'utilisation des engrais sans tenir compte de cette remarque préliminaire. En effet, il convient de rechercher l'origine de la diminution de fertilité qui s'observe en certains cas. Si, parmi les causes de cette diminution, existe le manque d'aliments minéraux, l'application des engrais peut être intéressante, mais il ne faut pas perdre de vue que cette application constitue un correctif parmi d'autres. En conséquence, les autres moyens de protection et de correction de la fertilité naturelle ne perdent pas pour cela de leur importance et la modalité d'application des engrais pourra s'en trouver affectée. A un autre point de vue, le problème de l'application des engrais au Congo présente deux aspects bien différents. Le premier est d'ordre général. C'est-à-dire que l'on devra être guidé par des principes qui sont d'application partout et qui peuvent être plus ou moins impérieux dans le cas particulier du Congo. Il faudra donc envisager d'une façon générale les principes qui régissent l'alimentation minérale des plantes. D'autre part, des questions d'ordre économique peuvent modifier complètement le problème de l'application des engrais au Congo (opportunité, conditions de rentabilité) et par là obliger le praticien à s'écarter en certains cas des principes généraux. La qualité et l'état des sols peuvent aussi avoir leur incidence sur les principes généraux. En terminant cet article nous reviendrons sur les éléments d'ordre

particulier qui caractérisent le problème des engrais au Congo belge. Mais nous tenons à insister sur le fait que la connaissance des principes généraux est en tout état de cause indispensable à guider l'application de cette technique, si l'on désire qu'elle soit judicieuse et qu'elle puisse logiquement conduire à des résultats valables, reproductibles et non susceptibles de dépendre trop étroitement des conditions particulières dans lesquelles les essais sont faits.

*

* *

Examinons donc en premier lieu d'une façon relativement générale mais cependant brève, le problème de la fertilité des sols congolais. Rappelons qu'une illusion s'est progressivement perdue : celle que se sont faite les premiers colons sur l'exubérance de la végétation naturelle et sur les conséquences que l'on pouvait en attendre sur l'importance des récoltes, une fois qu'à la végétation naturelle on substituerait des cultures. Il est inutile, pour un public averti, de revenir longuement sur le problème de cette exubérance de la végétation naturelle. Rappelons qu'elle caractérise essentiellement la végétation forestière ou la végétation des galeries forestières, celle qui fut connue des premiers explorateurs ou des premiers colons. On y trouve une végétation d'une densité et d'une richesse floristiques exceptionnelles, caractérisée notamment par l'existence de ces nombreuses strates de végétation qui vont depuis les plantes herbacées, en passant par les arbustes et les lianes, jusqu'aux arbres à haut développement qui caractérisent la forêt équatoriale.

Il n'est pas davantage nécessaire d'insister sur l'origine de ce qu'on pourrait appeler la désillusion en matière de fertilité des sols intertropicaux. Cette désillusion est consécutive au remplacement de la végétation naturelle par des cultures et, dans l'introduction de ces cultures, des pratiques diverses ont été utilisées ; certaines ont pu avoir une incidence plus marquée sur la fertilité naturelle.

Une végétation naturelle semblable à la forêt équatoriale s'établit très lentement. Les végétations se sont succédées au cours du temps et n'ont atteint que très progressivement la luxuriance que nous leur connaissons actuellement. Les plantes puisent dans le sol, par des processus divers, des éléments minéraux à l'aide desquels elles élaborent les substances organiques complexes qui les constituent. Chaque fois qu'une plante meurt, la matière organique qui la constitue se décompose et libère progressivement les éléments minéraux qu'elle contenait. Dans une végétation naturelle, cette libération se fait sur

place pendant que la végétation suivante continue à croître et qu'elle absorbe donc pour son propre compte une part des éléments minéraux du sol. Il en résulte l'accumulation progressive d'éléments facilement disponibles dans la couche de matières en décomposition à la surface du sol, ce qui constitue l'humus. Les végétations subséquentes auront donc à leur disposition à la fois la quantité d'éléments que le sol peut normalement fournir, plus la réserve qui provient des végétations antérieures décomposées. Grâce à l'augmentation de cette quantité d'éléments disponibles, la végétation naturelle peut prendre un développement de plus en plus grand jusqu'à ce qu'il se constitue une sorte d'équilibre que les botanistes appellent le « climax » et où les éléments biogènes restent en quantité approximativement constante. En effet, pendant que cette végétation s'établit et que les phénomènes naturels se traduisent par l'augmentation de la quantité de matières assimilables par les plantes, d'autres phénomènes en éliminent une partie sans qu'elle puisse être utilisée par la végétation. C'est, par exemple, l'action des eaux de pluie qui percolent dans le sol en entraînant une partie des éléments solubles et celle du ruissellement sur les sols en pente qui entraîne vers le fond des vallées les éléments dissous et les éléments fins du sol ou même certains constituants de l'humus. Entre ces deux actions inverses, celle qui enrichit le sol et celle qui l'appauvrit, un équilibre s'établit lorsque la végétation atteint l'état que l'on appelle le climax. La luxuriance de la végétation peut être à ce moment considérable et c'est notamment le cas dans la végétation de la forêt équatoriale. Toutefois il faut se rendre compte que l'image que nous avons en observant cette végétation naturelle est celle d'un état dans lequel aucune substance n'est enlevée du sol sans y retourner tôt ou tard par la décomposition. C'est un équilibre naturel et ce n'est pas la preuve que, dans ce même milieu, le sol puisse, en une brève période, produire des récoltes abondantes.

Lorsque l'homme introduit une végétation cultivée, il détruit tout d'abord la forêt par l'un des processus qui sont familiers aux planteurs et qui comportent tous l'abatage suivi ou non de l'incinération. Dans tous les cas, la destruction de la végétation naturelle a comme conséquence de libérer tous les éléments minéraux contenus dans la partie vivante des plantes et de les ajouter à l'humus naturel qui existait dans la forêt. La plantation dispose donc du stock d'aliments minéraux accumulé par de longues durées de végétation naturelle, le plus souvent des siècles, et il est bien naturel qu'elle puisse donner rapidement des productions considérables. Celles-ci correspondent en premier lieu à l'attente que l'on avait, mais elles ne se maintiennent guère lorsque la vie de la plantation se prolonge, surtout

s'il s'agit de plantes à court cycle, se succédant rapidement, par exemple les plantes vivrières.

Causes de la diminution progressive de fertilité des sols.

Par suite de l'établissement d'une plantation, deux ordres de phénomènes interviennent pour modifier la fertilité de l'endroit. En premier lieu, la plantation produit des matières destinées à être transportées vers les endroits d'usinage ou d'utilisation. C'est là le principe de l'exportation, bien connu en agriculture. La matière exportée contient toujours un certain nombre de constituants minéraux qui proviennent en dernière analyse de ce stock naturel préalablement établi et ne sont plus que partiellement compensés par la quantité de substances que la plante cultivée puise elle-même directement dans le sol profond. L'exportation des produits de la récolte, ici comme partout ailleurs, se traduit par un appauvrissement minéral du sol qui constitue l'une des causes de la diminution de fertilité.

Il en est une autre, de nature très différente, et qui est souvent plus importante, par ses conséquences, que la première. C'est l'altération du sol naturel consécutivement à la technique de culture introduite. D'une façon générale, en effet, la culture se traduit par le fait que le sol est plus directement exposé à l'action des facteurs du climat qu'il ne l'était dans l'état naturel ; ainsi la radiation solaire qui n'atteint pratiquement pas de façon directe le sol de la forêt tropicale, frappe beaucoup plus aisément celui d'une plantation. D'autre part, les eaux de pluie (dont on connaît la violence en région équatoriale) n'arrivent au sol dans une forêt qu'après avoir été littéralement tamisées par les strates de végétation, ce qui leur enlève une grande partie de leur violence. En outre, ces eaux ne tombent plus sur un humus abondant comme dans la forêt où il joue en quelque sorte le rôle d'une éponge. Maintenant elles frappent directement un sol moins riche en humus, délavent le sol avec une intensité accrue, en enlèvent les éléments assimilables, et les font percoler vers le sous-sol profond ou ruisseler vers les vallées. Ajoutons, comme nous l'avons déjà dit, que le ruissellement peut même enlever une partie des éléments constitutifs du sol naturel, les plus fins, c'est-à-dire les plus utiles pour les végétaux. La variation de fertilité du sol s'explique donc par l'exportation de minéraux dans la récolte et par l'altération du sol consécutive à la culture.

Il serait vain de vouloir corriger la déficience de fertilité du milieu naturel en ne tenant compte que d'une seule de ces données. Nous verrons plus loin où se placent les possibilités qu'offre

l'application des engrais, mais il faut garder toujours présent à l'esprit le fait que le maintien de la fertilité devra combiner des techniques différentes destinées à pallier les deux difficultés que nous venons de mettre en évidence.

Les techniques visant à corriger l'insuffisance de la fertilité des sols équatoriaux.

Envisageons tout d'abord celles qui reposent sur la correction de l'altération du sol provoquée par la culture. Nous en citerons brièvement des exemples puisqu'elles ne font pas l'objet principal de cette note :

On limitera les effets néfastes du ruissellement et l'érosion du sol, dans les régions de montagnes où les pentes facilitent ces effets, par la plantation suivant les lignes de niveau, le buttage ou même l'établissement de terrasses. En conséquence, les courants de ruissellement sont brisés, les eaux de ruissellement se décantent sur chacune des terrasses. D'autre part, tant en région plane qu'en région montagneuse, on luttera contre l'exposition directe du sol à l'action de la radiation solaire ou à la violence des pluies par le maintien d'une couverture végétale ; l'on sait que cette couverture peut être obtenue par le recru naturel périodiquement recépé ou par l'introduction de plantes spéciales établissant rapidement un couvert continu sur le sol. On peut même combiner la protection du sol à son enrichissement en choisissant une plante améliorante pour établir la couverture. Dans le même ordre d'idées, rappelons la technique du paillis qui exerce souvent un effet utile dû davantage à la protection qu'il assure qu'à l'apport de matières qu'il constitue en même temps. Cette protection maintient notamment dans le sol une certaine humidité en limitant l'évaporation de la surface.

A côté de ces procédés qui visent essentiellement à maintenir l'état physique du sol dans un état favorable à la végétation — c'est là le but réel de la protection du sol — il existe des techniques qui visent à y rétablir la richesse en éléments assimilables. On peut ranger au nombre de ces techniques tous les procédés de fumure organique auxquels se rattache, par exemple, la technique du « mulch » ou la technique du « compostage ». On sait que le paillis et le compost peuvent être obtenus aux dépens de matières végétales provenant de la plantation même ou aux dépens de matières prélevées à une certaine distance. Dans les deux cas l'apport de fumure organique a des conséquences sur l'état physique du sol de la plantation, mais c'est seulement dans le second que l'on peut parler d'un réel enrichissement. Ces techniques ne sont pas sans intérêt et nous pouvons rappeler les

essais de production intensive de bananes dans la station de l'INEAC de Vuazi où un rendement intéressant a pu être maintenu depuis de nombreuses années par l'application systématique du compostage. On peut aussi rapprocher de cette technique générale l'emploi du tapis de radicelles préconisé par certains spécialistes et qui revient à prélever dans la forêt une partie de la matière végétale vivante ou en décomposition qui tapisse le sol; elle exercera à l'endroit où on la place un effet protecteur tout en apportant des éléments nutritifs. Ces techniques de fumure organique, dont il existe de nombreuses variantes étudiées en diverses stations de l'INEAC, présentent sans aucun doute un intérêt : elles visent essentiellement à économiser la matière végétale en utilisant sa décomposition dans les conditions les meilleures. Toutefois, il faut bien se rendre compte que la généralisation d'un compostage ou d'une technique de paillis sur de très grandes étendues est rendue fort difficile par la nécessité de se procurer au dehors la matière organique nécessaire. Pour rétablir à un niveau intéressant le stock de matières assimilables disponibles pour les plantes cultivées, il n'existe en fin de compte que deux techniques principales, celles de la jachère et l'application d'engrais minéraux. Rappelons que la jachère revient à permettre à la végétation naturelle d'exercer pendant un temps défini l'effet que nous avons analysé au début de cette étude, c'est-à-dire de puiser à une profondeur croissante dans le sol des éléments minéraux qui retournent progressivement à l'humus et seront finalement rendus disponibles, lors de la nouvelle mise en culture, par l'abatage de cette jachère si elle est forestière, ou par son labour si elle est herbacée. Cette technique est, en principe, parfaite dans ses conséquences. Elle présente toutefois deux difficultés principales : on ne peut attendre le développement d'une végétation naturelle qui rétablisse le sol dans les conditions qu'on avait rencontrées lors du premier abatage. Il faut bien limiter la durée de jachère indispensable à obtenir un effet suffisamment utile et cette durée est actuellement pour la jachère forestière assez longue. Nous n'avons donc pas encore une expérience satisfaisante bien longue en la matière et nous ne pouvons garantir que la répétition du processus un certain nombre de fois ne se traduira pas par une baisse de fertilité encore appréciable. Le second écueil réside en ce que la durée de la jachère rend indisponible pendant de nombreuses années les terres que l'on désire cultiver et que l'extension des plantations est donc considérablement accrue par la nécessité de maintenir à côté des surfaces en exploitation des surfaces en jachère qui sont parfois cinq ou six fois plus étendues. La technique de la jachère est donc biologiquement justifiée, mais économiquement elle ne constitue qu'un pis aller. Elle est d'ailleurs en opposition avec le principe même du progrès technique ou scientifique

car, en y recourant, l'homme renonce à améliorer la situation par ses propres moyens et laisse simplement les choses se rétablir naturellement. Une seule technique importante reste en dernière analyse pour rétablir la richesse minérale ou l'améliorer si l'état naturel est insuffisant, c'est l'application des engrais minéraux.

Les opinions en matière d'engrais minéraux.

Il n'existe point de controverse sur le fait que les plantes se nourrissent de substances minérales qu'elles puisent dans le sol ou dans l'atmosphère. On sait que les substances organiques, utiles par leur action sur les propriétés physiques du sol, ne sont pas directement utilisées comme aliments par les plantes supérieures. Mais sur l'application de substances chimiques, qualifiées engrais, les opinions diffèrent. On peut essentiellement les ramener à deux courants principaux. D'après les uns, l'application des engrais doit essentiellement constituer une restitution, c'est-à-dire tendre à remettre dans le sol les substances qui en ont été exportées par les récoltes. Suivant cette conception on déterminera essentiellement les engrais à introduire dans le sol d'après l'analyse chimique des plantes récoltées. Cette façon de voir comporte donc un aspect qualificatif et un aspect quantitatif. Ce dernier constitue le principal intérêt de la théorie de la restitution et c'est peut-être celui qu'il convient de discuter le plus sévèrement. En premier lieu, le principe de la restitution ne tient aucun compte des possibilités que le sol possède par lui-même de fournir des aliments minéraux à la culture, pendant une durée pratiquement indéfinie, sans que s'épuise de façon notable sa réserve naturelle. Cette réserve est d'ailleurs fort difficile à apprécier mais il est important de souligner que même un sol réputé pauvre peut posséder une réserve susceptible d'être exploitée pendant un temps pratiquement indéfini. D'autre part, le principe de la restitution néglige le fait que, pendant la culture, des phénomènes secondaires ont pu modifier la quantité d'éléments assimilables disponibles dans le sol. Ces facteurs sont d'une part la perte d'éléments assimilables par les phénomènes de percolation ou de ruissellement, perte qui ne se retrouve pas dans l'exportation, et d'autre part un facteur d'ordre inverse constitué par l'apport d'azote à partir de l'atmosphère grâce à l'intervention de certains microorganismes ou des pluies d'orage. Le bilan de ce que le sol a perdu pendant une végétation n'est donc pas donné par l'analyse de la matière exportée et le principe de la restitution basé sur cette exportation ne remet certainement pas le sol dans l'état où il se trouvait au début de la culture.

Il existe un autre courant d'idées en matière d'application

d'engrais : c'est qu'il faut réaliser dans le sol un milieu chimiquement favorable à la végétation. Cela ne veut pas dire qu'on doive y introduire les substances nécessaires à la vie dans des proportions identiques à celles où on les retrouve dans la matière végétale exportée. Dans cette seconde conception en matière d'engrais, l'élément quantitatif n'est pas formellement exprimé et pour la transposer sur le plan pratique il faut y introduire un élément supplémentaire. On y parvient en prenant en considération la récolte, non pour tenter de restituer tout ce qui a été enlevé, mais pour déterminer approximativement la quantité de substances à fournir au sol. Une fois la composition *qualitative* de la forme nutritive convenablement déterminée, la quantité d'engrais sera en principe *inférieure* à l'exportation et cela d'autant plus que le sol est plus riche naturellement. On tiendra donc compte, dans cette dernière conception, des propriétés et des qualités du sol. Nous touchons ici le premier argument qui prouve que la résolution du problème des engrais minéraux doit reposer à la fois sur une base *physiologique* destinée à déterminer le milieu le plus favorable et sur une base *pédologique* destinée à déterminer l'intervention du sol naturel dans la constitution de ce milieu.

Eléments pris en considération pour déterminer la composition des engrais appliqués.

Des raisonnements très différents ont été utilisés pour déterminer l'engrais à appliquer à une culture déterminée. Si l'on se base essentiellement sur le principe de la restitution qui rencontre encore la faveur de certains spécialistes, on tiendra compte de l'analyse de la récolte et de celle du sol. Par différence, on connaîtra les substances à ajouter sous forme d'engrais. Nous ne tenons pas compte ici du fait que l'analyse du sol est une chose encore fort sujette à discussion car cette critique est valable dans tous les aspects du problème. L'application de ce raisonnement conduit à établir que certains éléments chimiques sont particulièrement abondants dans la récolte et pauvres dans le sol, si bien que l'engrais appliqué sur cette base est bien souvent un engrais simple apportant au sol un ou quelques éléments biogènes seulement. C'est un engrais complémentaire. En théorie, c'est là le mode d'application le plus économique puisqu'il apporte seulement ce qui est le plus nécessaire mais il faut se garder d'attribuer à cette remarque une valeur trop grande. En effet, l'application d'un engrais qui serait mal utilisable ne serait pas rentable, même si cette substance chimique était la plus indispensable à la vie de la plante. On peut donc reprocher à ce mode de raisonnement de tenir compte des besoins de la plante sans tenir compte des conditions qui font la qualité d'un milieu nutritif.

Le second type de raisonnement utilisé pour déterminer l'engrais à appliquer est basé sur le diagnostic chimique. Le type de diagnostic le plus fréquemment utilisé est le *diagnostic foliaire*. Dans cette méthode, on détermine d'abord, par un nombre d'analyses suffisant, la composition *normale* de l'espèce végétale cultivée. Lorsqu'on veut améliorer une culture, on procède alors à l'analyse sur les mêmes bases et, par différence entre les données de cette analyse et les normes établies par les analyses préalables, on détermine quels sont les éléments qui risquent de se trouver en déficience ; ce sont ceux-là que l'on tentera d'ajouter au sol sous forme d'engrais. La différence essentielle avec le premier mode de détermination des besoins en engrais est que l'analyse est interprétée ici *par différence avec les normes*. Cela constitue, sans aucun doute, une amélioration notable. Peut-être peut-on objecter que le raisonnement repose sur la différence arithmétique pure et simple entre l'analyse réelle et les normes connues. Or, il semble bien que différents facteurs peuvent influencer la façon dont une plante puise dans le milieu nutritif les éléments qui s'y trouvent et qu'elle ne le fait pas uniquement au prorata de la concentration que ces éléments y présentent. En conséquence, il peut fort bien se faire qu'en augmentant la teneur du sol en un élément donné, on ne réalise pas les conditions qui en rendent plus facile l'absorption par la plante. Il faut encore dire que la notion de norme est une notion assez arbitraire et que nous ignorons presque tout des possibilités de substitution des éléments chimiques entre eux à l'intérieur de la plante, possibilités susceptibles de se réaliser sans que la plante puisse être considérée comme anormale. Résumons cependant cette façon de déterminer les besoins en engrais en disant qu'elle représente une intéressante tentative d'interpréter la composition de la plante comme un signe de son état. Notons encore que, tout comme le premier mode de raisonnement, ce dernier se traduit par l'application d'engrais simples ou peu complexes n'apportant au sol que les éléments supposés manquants, c'est-à-dire un ou quelques éléments chimiques seulement.

Il existe une troisième façon de raisonner pour déterminer les besoins en engrais d'une culture : c'est la recherche du milieu nutritif convenant le mieux aux exigences particulières de la plante, quitte à voir ensuite comment ce milieu peut être réalisé dans le sol. La recherche du milieu optimum se fait en l'absence du complexe que constitue la terre, par la culture des végétaux en conditions artificielles simplifiées, par exemple dans du sable très pur ou même en milieu liquide. La suite du raisonnement repose sur l'idée que les substances ajoutées au sol sous forme d'engrais chimiques sont d'une disponibi-

lité tellement plus grande que les éléments lentement libérés du sol, que ces derniers n'interfèrent pratiquement pas avec le milieu artificiel constitué par les engrais en n'en modifiant par conséquent guère la valeur. La validité de ce raisonnement sera discutée plus loin. Ce raisonnement conduit à l'application d'engrais composés, puisque l'engrais doit à lui seul, constituer le milieu nutritif.

Dans cette façon de voir, le point de vue dominant est un point de vue physiologique : on cherche à déterminer l'ensemble des exigences alimentaires d'une plante cultivée par une expérience adéquate. Dans la manière de comprendre ce milieu optimum, différentes opinions se sont fait jour.

La recherche du milieu nutritif optimum pour la culture.

La notion d'un milieu nutritif optimum est le résultat de la recherche physiologique en matière d'alimentation minérale des plantes depuis un peu plus d'un siècle. Il nous est évidemment impossible de tracer l'évolution des idées en la matière dans l'espace qui nous est réservé ici. Contentons-nous de dire que, d'une façon générale, on est arrivé à attacher beaucoup d'importance aux proportions existant entre les éléments chimiques utilisés par la plante comme aliments plutôt qu'à la concentration absolue de ces substances. Il sera évidemment nécessaire de fixer la quantité de matières minérales suffisantes à assurer une bonne récolte. Mais, pour une même quantité d'un élément comme l'azote, les plantes pourront élaborer les matières qui les constituent et qui nous intéressent à une vitesse d'autant plus grande qu'il existe entre tous les éléments constitutifs du milieu des proportions harmonieuses. Cette notion se rapproche d'ailleurs de celles qui existent pour les régimes alimentaires des animaux ou de l'homme. Mais, si le principe est relativement facile à admettre, la recherche des proportions les meilleures, présente de grandes difficultés. En effet, les plantes requièrent pour vivre un grand nombre d'éléments chimiques différents et la réalisation systématique de toutes les proportions possibles afin de comparer la valeur des régimes alimentaires qui en résultent, est pratiquement illimitée. Devant cette difficulté matérielle considérable, les agronomes ont tenté d'avancer la résolution du problème en s'occupant des proportions à respecter entre les aliments les plus importants au point de vue quantitatif. C'est ainsi que, depuis un bon nombre d'années, s'est introduite la notion qu'il faut respecter dans la fumure minérale des plantes, des proportions bien définies entre les éléments azote (N), phosphore (P) et potassium (K). On dit couramment qu'il faut respecter dans un engrais, l'équilibre N-P-K. Comme il est bien certain qu'un engrais

destiné à constituer un milieu optimum pour la vie ne peut pas être constitué uniquement des éléments N, P et K, on le complète le plus généralement par une dose uniforme et constante des autres éléments nécessaires. Cette précaution est tout à fait indispensable lorsqu'on travaille dans des conditions d'expériences sur du sable ou en milieu liquide et certains praticiens l'étendent à la réalisation des engrais eux-mêmes en formant donc ce qu'on appelle des engrais complets dans lesquels les éléments N, P et K sont en proportions définies par l'expérience et les autres en une quantité estimée de façon plus approximative. Notons encore que certains spécialistes estiment que les sols normaux fournissent en quantité suffisante les éléments autres que N, P et K et qu'il est superflu d'en ajouter sous forme d'engrais. C'est ainsi qu'on a vu se répandre certains engrais composés, à haut titre en N, P et K mais ne contenant strictement que ces trois éléments biogènes. Nous verrons plus loin dans quelle mesure une telle conception est légitime mais nous voulons souligner ici que dans tous ces engrais la notion d'équilibre ou de proportions harmonieuses est limitée aux trois éléments biogènes N, P et K. Or, malgré les présomptions favorables qui règnent à l'égard de cette conception actuellement fort généralisée dans la pratique, on trouve formulée, dans des ouvrages réellement classiques, une opinion qui à nos yeux est d'une importance capitale et qui se résume comme ceci : la notion d'un équilibre entre les trois éléments azote, phosphore et potassium est totalement dépourvue de sens physiologique. On ne peut donner aucune explication physiologique satisfaisante de la nécessité de respecter de telles proportions. En dépit de cette opinion, la difficulté matérielle d'étendre la notion d'équilibre à de plus nombreux éléments et surtout le respect d'une tradition fortement introduite en la matière, ont poussé, tant les agronomes que les producteurs d'engrais composés, à ne s'intéresser qu'aux proportions des trois éléments N, P et K dans les engrais. Le danger de cette conception réside en ce que la base de la recherche n'étant pas explicative et n'étant pas en rapport avec les besoins physiologiques des plantes, il y a grand risque que les engrais composés de cette forme ne soient efficaces que par pur hasard. Lorsque ces engrais subissent des influences extérieures dont nous parlerons plus loin, ces influences rendent l'effet de tels engrais inégal, suivant les conditions du sol, du climat et de la culture.

A cette conception classique, nous avons cru pouvoir en substituer une autre qui vise à déterminer l'équilibre à respecter entre tous les constituants alimentaires du milieu minéral.

Nous avons cru pouvoir aborder ce problème, considéré comme pratiquement inattaquable en raison du nombre de combinaisons

expérimentales à réaliser, en recherchant en même temps une base explicative à la notion des équilibres. Ceci en effet devait donner à la recherche un fil conducteur qui rendrait superflue l'étude systématique et empirique de tous les mélanges possibles et rendait par conséquent le problème lui-même accessible à l'expérience. Disons essentiellement que, dans cette conception, l'équilibre s'explique par le fait que des proportions doivent être respectées entre ceux des éléments minéraux qui participent à la construction des molécules organiques caractéristiques de la plante (éléments constructeurs) et d'autre part qu'un équilibre devait être respecté entre éléments métalliques présents dans le sol aussi bien que dans le milieu alimentaire artificiel sous forme d'ions positifs ou cations. L'explication des proportions à respecter entre les premiers éléments repose essentiellement sur l'application de lois chimiques et de phénomènes physiques qui établissent un équilibre entre la concentration qu'un corps présente dans le milieu alimentaire et la concentration sous forme combinée qui existe à l'intérieur de la plante. La notion d'un équilibre entre les bases est plus difficile à justifier et nous avons cru pouvoir la rattacher aux phénomènes connus sous le nom d'*antagonisme*. Ces phénomènes consistent essentiellement en ce que des substances toxiques à l'état pur voient leur toxicité diminuer les unes par les autres lorsqu'elles se trouvent en mélanges. Or le milieu nutritif étant un très grand complexe, le caractère normal des plantes qui vivent dans la nature devrait être rattaché au fait que dans ce milieu naturel, les toxicités respectives de tous les éléments du milieu s'atténuent l'une l'autre par le phénomène de l'antagonisme et finissent par réaliser un milieu optimum. Le but de la culture en conditions artificielles ou de l'application des engrais étant comme nous l'avons dit de réaliser un milieu optimum pour le développement de la plante, il faudrait donc rechercher les proportions à respecter entre les éléments chimiques sur la base même de ce phénomène d'antagonisme.

Si cette partie de l'exposé paraît fort abstraite nous pouvons fort heureusement la résumer en disant que cette conception conduit à la nécessité de respecter d'une part les proportions entre l'azote, le soufre et le phosphore et d'autre part celles à respecter entre le potassium, le calcium et la magnésie. Nous laissons de côté pour le moment la question des éléments oligodynamiques dont l'application entre dans cette même conception mais dont nous réservons l'exposé détaillé pour une autre circonstance. L'application de ces principes théoriques à la recherche d'un équilibre optimum entre six éléments à la fois, se traduit par une simplification considérable de l'expérimentation. Il devient ainsi possible d'expérimenter sur un assez grand

nombre de plantes et rechercher pour chacune d'elles la formule la meilleure.

Des expériences déjà nombreuses ont été conduites, tant à l'INEAC que dans le Laboratoire du Centre de Recherches, annexé à l'Université de Bruxelles et il a été possible d'établir la formule optimum de plusieurs plantes. Il reste un problème essentiel : celui du sort d'un engrais appliqué dans le sol.

Influence relative du sol et de l'engrais sur le développement des végétaux.

La question de cette influence se pose pour tous les engrais, quelle que soit la façon dont on en détermine la composition. Mais il ne se pose pas toujours de la même manière. Par exemple, nous avons vu que l'usage de la méthode de diagnostic chimique conduit à appliquer dans le sol des engrais complémentaires. Il semble légitime d'attendre que la substance chimique appliquée dans ce cas, vienne donc dans une certaine mesure corriger le sol. Mais si cet engrais est beaucoup plus accessible à la plante que les substances assimilables libérées par le sol, tout se passe comme si on donnait à la plante un milieu nutritif où l'élément apporté sous forme d'engrais dominait temporairement dans des proportions très élevées. Or, nous avons vu que les proportions à respecter entre les éléments constitutifs d'un milieu nutritif doivent être assez précises. Il y a donc grand risque, par l'adjonction de cet engrais simple, de donner à la plante un milieu déséquilibré. Lorsqu'on fournit au sol un engrais composé, le risque est moindre car si les substances apportées sous forme d'engrais sont plus directement assimilables que les substances provenant du sol ; on donne déjà à la plante un milieu complet et l'interférence provenant des éléments du sol est moins marquée. Cela n'est bien entendu vrai que si le sol *n'est pas exceptionnellement riche en un élément assimilable quelconque*. Dans un tel cas, en effet, l'élément en question s'ajouterait dans des proportions non négligeables au milieu artificiel créé par l'engrais et viendrait en changer les proportions. On peut donc dire qu'un engrais composé est moins sujet à être influencé dans sa valeur par les substances que peut fournir le sol, qu'un engrais simple. C'est pourquoi nous pensons qu'il faut leur accorder la préférence.

Cela veut-il dire que les éléments provenant du sol ne sont pas utilisés par la plante et qu'elle vit uniquement des substances fournies sous forme d'engrais ? Le problème est important car, s'il en était ainsi, la culture en terre se ramènerait à la culture dans un substrat sans valeur alimentaire ce qui ne paraît pas économique. Heureuse-

ment, l'expérience montre qu'il n'en est rien et que les quantités totales d'éléments chimiques trouvés dans la plante sont plus élevées que celles qu'on fournit sous forme d'engrais. Il est donc certain que le sol continue à fournir des éléments assimilables. Mais ceux-ci n'atteignent en aucun instant une concentration importante devant la quantité d'engrais disponible et, pour cette raison, n'en modifient pas de façon importante les proportions constitutives. Le jour où les méthodes d'analyse seront à même de nous renseigner sur la quantité d'éléments libérés par le sol sous l'influence des différents agents physiques et biologiques au cours d'une période donnée, nous pourrions en tenir compte pour corriger l'engrais en fonction du sol. Dans les cas où la mesure des bases échangeables, par exemple, donne des chiffres très élevés, on doit s'attendre à ce que le sol influence la composition chimique de la formule nutritive apportée sous forme d'engrais et peut-être dans ce cas conviendrait-il de la changer. Il n'est même pas exclu que, dans un sol très riche, le recours à un engrais composé mais incomplet puisse se justifier dans des cas exceptionnels. Mais il est certain que, dans les sols assez pauvres, il n'en est pas de même. Le sol influence principalement l'efficacité d'un engrais par ces propriétés physiques. En résumé, dans l'application des engrais en sol pauvre, il semble qu'on doive donner la préférence à l'application généralisée des engrais composés et surtout de ceux qui sont conçus sur le principe de l'équilibre complet. Jusqu'ici nous avons fourni des données de caractère théorique ou spéculatif. Nous allons, dans une dernière partie de cette étude esquisser la façon dont les études sont poursuivies à l'INEAC ainsi qu'au Centre de Recherches annexé à l'Université de Bruxelles et montrer jusqu'à quel point les idées théoriques se trouvent effectivement confirmées.

Le cas particulier des sols congolais et les recherches de l'INEAC.

Les sols de la Cuvette congolaise utilisables pour les plantations sont d'une façon générale extrêmement pauvres. Cette pauvreté est révélée par les méthodes d'analyse pédologique et elle se trouve confirmée par la baisse rapide des rendements dont nous avons parlé au début de cette étude. Ceci d'ailleurs est de nature à donner confiance dans la donnée pédologique. Puisqu'il s'agit de sols pauvres, on doit s'attendre à ce que l'application d'engrais simples ne soit que rarement efficace. Certes il peut arriver que l'application à forte dose d'un engrais simple ait eu un effet intéressant sur l'une ou l'autre culture et c'est à cela que l'on doit attribuer les résultats de certains essais sur les phosphates. Malheureusement, le rapport entre la quantité d'engrais fournis et l'augmentation de récolte qui peut en résulter,

est loin d'être dans l'ensemble satisfaisant et de toute façon les données acquises en un endroit ne sont pas toujours valables en d'autres régions du Congo ou à d'autres cultures. On risque de retomber là dans la recherche essentiellement empirique où l'effet de formules d'engrais choisies de façon plus ou moins arbitraire peut éventuellement manifester des effets, mais des effets dont l'explication nous est inconnue. L'INEAC continue cependant, comme il se doit, des expériences dans lesquelles des engrais sont appliqués sur la base d'arguments entrant dans l'une des catégories examinées ci-dessus. C'est ainsi qu'on applique des engrais simples, dont la nécessité est supposée sur la base de signes pathologiques interprétés comme manifestant des carences. Ces essais doivent certes se continuer aussi longtemps qu'une solution définitive ne sera pas trouvée, mais on ne peut guère s'attendre à ce qu'ils donnent la clé du problème car ils devront être infiniment variés et répétés suivant les conditions locales et les conditions de temps. D'autre part, l'INEAC est entré dans la voie de la recherche des engrais composés destinés à créer dans le sol un milieu favorable. Dans cet ordre d'idées, on peut signaler les essais réalisés sur des engrais complets dont l'établissement détermine uniquement la valeur de l'équilibre N-P-K et des résultats intéressants ont été effectivement obtenus dans ce sens sur le Pyrèthre. On doit même signaler comme particulièrement intéressant le fait que les engrais les plus efficaces, c'est-à-dire ceux dont l'application a permis d'obtenir les meilleurs rendements, sont aussi ceux qui ont produit les plantes les plus saines et nous voyons là un argument en faveur du fait que l'engrais le meilleur est celui où la toxicité des substances excédentaires est le mieux balancée par un équilibre favorable. Mais nous avons déjà dit le danger de la recherche des engrais sur la base de l'équilibre N-P-K seul et nous ne devons pas revenir sur ce fait. Si donc des résultats intéressants ont été acquis et s'ils sont en mesure de donner ainsi satisfaction aux partisans de la réalisation plus facile des engrais composés définis uniquement par la valeur de leur équilibre N-P-K, nous considérons qu'il est nécessaire d'étudier en même temps la détermination des besoins en engrais sur une base plus large pour en permettre une généralisation plus légitime. C'est ce qui a été entrepris à la Division de Physiologie de Yangambi, en premier lieu sur le Palmier à huile et depuis lors sur le Caféier et le Cacaoyer. Seuls les premiers résultats relatifs au Palmier à huile ont déjà été publiés dans les rapports de l'INEAC. Ils montrent que des formules se sont trouvées effectivement favorables et ils mettent surtout en évidence deux points importants : en premier lieu, *un engrais mal équilibré est parfois plus défavorable au développement de la plante que l'absence totale d'engrais*. Ceci montre bien que c'est l'engrais

qui détermine au premier chef les qualités du milieu nutritif dans une culture. D'autre part, parmi les formules essayées, on peut dire que des formules caractérisées par une même valeur de l'équilibre N-P-K, ont eu des effets très différents ou des formules caractérisées par des valeurs très différentes de l'équilibre N-P-K ont eu des effets très voisins. Elles confirment donc le fait que la découverte d'un engrais efficace défini uniquement par la valeur de l'équilibre N-P-K est un hasard inexplicable, non reproductible de l'expérience et que la définition d'un engrais par l'équilibre N-P-K est insuffisante et partant dangereuse.

Les essais de l'INEAC ont montré une autre conséquence importante. Différentes formules équilibrées ont été comparées entre elles dans leur action sur différents sols de la région de Yangambi. Trois sols ont été utilisés et, chacun d'eux étant pris comme témoin, quatre formules d'engrais ont été comparées dans chacun de ces sols. Il est résulté de cette expérience la preuve que, en dépit des qualités physiques très variables d'un type de sol à l'autre, les engrais appliqués ont tous exercé une action favorable, et l'ordre de valeur des formules s'est trouvé partout le même. Dans les sols de la région, les différences d'un type de sol à l'autre ne modifient donc pas de façon importante la valeur alimentaire de l'engrais apporté et la meilleure formule reste la meilleure, la plus mauvaise reste la plus mauvaise.

Nous pouvons résumer l'essentiel de cette étude en disant que les perspectives d'avenir en matière d'application d'engrais au Congo sont intéressantes si l'on veut entrer délibérément dans la voie de l'application des engrais composés et si la recherche de la formule constitutive de ces engrais composés est basée sur le principe des équilibres complets que nous avons esquissés sommairement ci-dessus. L'INEAC est entré délibérément dans cette recherche et, une fois ces formules d'engrais trouvées, la technique de leur application doit être considérée comme l'une des techniques d'amélioration de la fertilité que nous avons mentionnées au début de cette étude. Rappelons que lorsque nous posséderons les données pédologiques précises, susceptibles de déterminer dans quelles mesures le sol remplacera la formule de l'engrais, nous en tiendrons compte pour lui conserver son caractère optimum. Dans l'attente de cette méthode idéale, une expérimentation agricole très simple est possible sur la base de la conception esquissée plus haut et elle peut être appliquée avec facilité à l'échelle agronomique. Telles sont actuellement les perspectives qui s'offrent à nous dans l'application des engrais chimiques au Congo. Nous estimons qu'elles sont favorables et que l'INEAC est entré dans la meilleure voie pour en aborder la résolution.