



Centre Régional pour
l'Eau Potable et
l'Assainissement à faible coût

03 BP 7112 Ouagadougou 03
Burkina Faso
Tél : +226 50 36 62 10/11
Télécopie : +226 50 36 62 08

Courriel : crepa@fasonet.bf
reseaucrepa@reseaucrepa.org

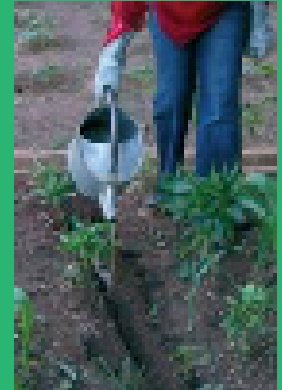
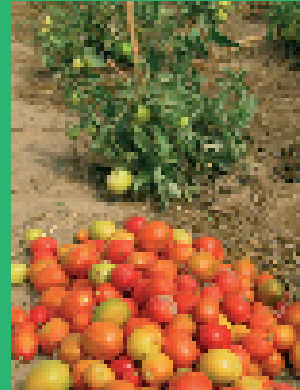
Site Internet :
www.reseaucrepa.org

4- Volet Agronomie

ECCOSAN

Assainissement écologique

BOÎTE A OUTILS



Utilisation des produits dérivés de l'assainissement écologique en agriculture

- Fertilisation avec les urines et fèces
- Choix du type de culture
- Dosage et norme d'engrais
- Préparation du sol, application d'engrais, arrosage, stockage, récolte, etc.



Remerciements

L'ensemble du Réseau CREPA remercie le gouvernement suédois à travers l'Agence suédoise pour le développement international (Asdi) pour son soutien financier, ainsi que tous les partenaires scientifiques et techniques pour leur appui au programme régional ECOSAN.

Nous remercions également tous ceux qui sont associés à ce programme et qui y ont contribué d'une manière ou d'une autre.

La direction des travaux a été assurée par la coordination du CREPA-Siège.

Les études ont été conduites par des chercheurs nationaux qui ont effectué la collecte et l'analyse des données dans leurs pays. Les propos, interprétations et conclusions qui sont présentés dans ce manuel sont les résultats des travaux de recherche et de synthèse rédigés par le Réseau CREPA.

AVERTISSEMENT

Les opinions exprimés dans cet ouvrage collectif réalisé par le Réseau CREPA sous la coordination du CREPA-Siège ne sauraient représenter les opinions ou la politique officielle des agences de financement du CREPA.

Toutefois, le CREPA reste ouvert à toutes suggestions ou critiques visant à l'amélioration de ce document qui en est à sa toute première version.

Directeur de publication : Ing. Msc. Cheick Tidiane TANDIA, Directeur général du CREPA

© CREPA Octobre 2006

SOMMAIRE

Remerciements	2
Avertissement	2
Préface	5
Contexte/Justification	6
Recommandations Générales	7
FICHE TECHNIQUE N° A1.....	9
Paramètres requis pour la fertilisation avec les urines et fèces	9
Introduction	9
Effets des facteurs et conditions requises	9
La Réaction (pH) du milieu et l'assimilabilité des éléments nutritifs.	10
L'Efficacité des engrais en fonction du climat.....	10
FICHE TECHNIQUE N°A2.....	13
Démarche pour le choix du type de culture à valeur commerciale ou nutritive	13
Introduction	13
Paramètres d'aide aux choix de la culture	13
Classification des plantes selon leur réaction au pH.....	13
Répartition des plantes en trois grandes catégories en fonction de l'importance des mesures de protection nécessaires (Shuval et al., 1986).	14
FICHE TECHNIQUE N°A3.....	17
Détermination de la dose et de la norme d'engrais en fonction du type de culture	17
Introduction	17
Eléments essentiels à la détermination de la dose et de la norme	17
Présentation des caractéristiques des sols ayant servi aux essais agronomiques Ecosan dans les pays du réseau CREPA.	18
Calcul de la dose	19
1. Détermination à partir de la récolte prévue.....	19
2. Détermination à partir du surplus de récolte	20
Calcul de la norme:	22
1. La Norme à partir de l'analyse chimique du sol:	22
2. La Norme à partir du surplus de la récolte prévu.....	23
Détermination de la norme en fonction du mode d'application	25
Quantité d'engrais appliquée à l'hectare.....	26
Observations	26

<u>FICHE TECHNIQUE N° A4</u>	27
<u>Préparation du sol, application des engrais, arrosage, stockage, récolte, etc.</u>	27
<u>Travail du sol</u>	28
<u>Mode et période d'application des engrais</u>	28
<u>La Période d'application</u>	29
<u>Observations</u>	29
<u>FICHE TECHNIQUE N° A5</u>	31
<u>Calcul de rendement et l'évaluation économique de l'utilisation d'engrais humain</u>	31
<u>Introduction</u>	31
<u>Détermination du rendement</u>	31
<u>Effectivité économique de l'application des engrais</u>	33
<u>Indices caractéristiques de l'effectivité économique</u>	33
<u>Observations</u>	34

PREFACE

L'assainissement écologique (ECOSAN) est une nouvelle approche de l'assainissement qui représente un changement de paradigmes. Cette approche vise à protéger la santé et l'environnement par une hygiénisation des excréta humains afin de les utiliser comme fertilisants dans l'agriculture.

C'est un programme international de recherche et de développement parrainé par l'Asdi (Agence Suédoise de coopération de Développement International). Il implique un grand réseau de partenaires dans le monde ayant des connaissances/de l'expertise sur divers aspects d'assainissement écologique.

Cette approche est développée dans plusieurs régions. En Afrique de l'Ouest et du Centre, le Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA) a mené un programme de recherche sur ECOSAN depuis 2002. Après les succès enregistrés avec son programme, le CREPA propose cette première version de la « boîte à outils ECOSAN » destinée à accompagner des populations défavorisées, des ONG, des associations et entrepreneurs désireux de s'investir dans le domaine de l'assainissement écologique.

Cette « boîte à outils » se fonde sur les connaissances acquises du Réseau CREPA à travers des projets de recherche mises en œuvre in situ dans dix de ses pays membres. Les informations et résultats compilés sont inspirés des réalités socioculturelles des pays membres du réseau CREPA et mis à la disposition du public. Le programme ECOSAN étant toujours en cours, il va sans dire que le CREPA reste ouvert à toute critique constructive dans le but d'une amélioration, du contenu de la boîte.

*Le CREPA adresse un remerciement sincère à tous ses partenaires techniques et financiers dont le soutien constant a permis d'aboutir à la réalisation de « *cette boîte à outils ECOSAN ».*

Le Réseau est ainsi reconnaissant aux membres du Comité Technique Régional (CTR) qui n'ont ménagé aucun effort pour le travail combien important accompli durant la phase de recherche.

Les remerciements vont également à la Stockholm Environment Institute (SEI) pour son accompagnement dans la recherche. Un hommage est aussi rendu à l'Asdi pour son appui financier au réseau CREPA.

Ing. Msc. Cheikh Tidiane TANDIAN
Directeur Général du CREPA

CONTEXTE/JUSTIFICATION

Les travaux de recherche sur l'assainissement écologique (ECOSAN) entrepris par le réseau CREPA durant la période 2002-2006 ont abouti à des résultats dont la diffusion devra permettre de mieux informer les acteurs sur les opportunités du concept et de réaliser les activités y relatives. Ainsi, dans le but de faciliter l'exploitation de ces résultats par des utilisateurs potentiels, il a été décidé la conception d'une « boîte à outils ECOSAN ». Pour ce faire, une commission composée, d'une part, des membres du Comité Technique Régional (CTR) et, d'autre part, d'une équipe de coordination du CREPA-Siège a été commise à la tâche.

L'objectif de cette commission est de synthétiser les résultats de la recherche sous une forme directement exploitable par des ONG, associations, entrepreneurs, etc. Ces outils, élaborés sur la base des expériences des chercheurs et des experts du réseau CREPA impliqués dans la recherche sur ECOSAN, selon le contexte des populations défavorisées, ont été rassemblés dans une « boîte à outils » [mis dans compte, L'élaboration de ce support de diffusion contribue à l'atteinte des objectifs de la Phase Dissémination, à savoir notamment la « consolidation et la dissémination de l'approche ECOSAN en Afrique de l'Ouest et du Centre à travers développés par le réseau CREPA en vue de contribuer à l'amélioration des conditions de vie socio-sanitaires des populations et à la lutte contre la pauvreté, dans le cadre de la poursuite des Objectifs de développement du millénaire (OMD). »

A partir des connaissances acquises dans le programme de recherche ECOSAN du CREPA, des résultats de la recherche, des observations des experts du CTR et des références bibliographiques, la présente « boîte à outils » est conçue pour servir comme un guide pour la mise en œuvre efficiente du concept d'assainissement écologique.

Son contenu sera mis à jour progressivement pour intégrer les résultats de nouvelles recherches. La « boîte à outils » est composée de quatre volets : Social, Hygiène/Santé, Technique et Agronomie. Chaque composante se rapporte à une fonction dans le processus de mise en œuvre d'un projet ECOSAN.

Pour les acteurs non débutants en matière d'assainissement, ayant un intérêt pour l'assainissement écologique, cette « boîte à outils ECOSAN » est une référence utile dans la mise en œuvre.

Par ailleurs, l'élaboration d'un tel guide méthodologique répond à un besoin d'accompagnement des Représentations Nationales (RN) du CREPA qui constituent les partenaires indiqués au niveau national dans l'appui aux autres acteurs du secteur de l'AEPHA (Approvisionnement en eau potable, l'hygiène et l'assainissement) intéressés par l'assainissement écologique. La « boîte à outils ECOSAN » ainsi mis à leur disposition facilite la mise en œuvre des projets d'envergure et permet d'améliorer les performances des partenaires locaux. C'est la raison pour laquelle les outils constitutifs de cette boîte sont à mettre en relation avec l'approche CREPA, laquelle approche a donné des résultats durables dans la mise en œuvre des projets dans le secteur de l'eau et de l'assainissement.

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

Le présent manuel fait partie d'un ensemble d'e volet de la "boîte à outils ECOSAN". Il est destiné aux professionnels, entrepreneurs, artisans, travailleurs sociaux et ceux du domaine de la santé, etc., qui sont des réalisateurs potentiels du concept d'assainissement écologique. Les informations contenues dans ce manuel sont les synthèses des résultats de la recherche en assainissement écologique menée au sein du réseau CREPA et qui sont mis ensemble sous une forme opérationnelle, pratique et applicable à des contextes et échelles différents. Pour les acteurs non débutants en matière d'assainissement, ayant un intérêt pour l'assainissement écologique, cette boîte à outils peut servir comme un guide d'instruction et de check-list dans la mise en œuvre d'un projet ECOSAN dans le volet Agronomie.

Afin de bénéficier pleinement des bénéfices de l'utilisation du présent manuel, il est recommandé :

- *que les pays ou les zones d'application du projet disposent des données relatives aux conditions de réalisation des essais (la pluviométrie et sa répartition dans le temps, le calendrier cultural, c'est-à-dire le chronogramme d'exécution des travaux, la température) ;*
- *d'avoir une meilleure connaissance des éléments caractéristiques des systèmes d'arrosage: les débits d'arrosage, la quantité d'eau et la fréquence d'arrosage, le calendrier cultural, c'est-à-dire le chronogramme d'exécution des travaux et si possible la température ;*
- *de disposer des données sur les caractéristiques des sols, des fèces et des urines ;*
- *de connaître les rendements obtenus pour les cultures pratiquées dans la zone avec les autres formes de fertilisants en vue de faciliter la comparaison.*

FICHE TECHNIQUE N° A1

Paramètres requis pour la fertilisation avec les urines et fèces

Introduction

La fertilisation agricole est en pleine évolution. Les principaux problèmes actuels se résument à mettre dans les sols et sur les cultures à la fois ce que ceux-ci exigent et de n'y mettre que ce que fixent les conditions économiques et la protection de l'environnement.

Les agriculteurs accordent la préférence aux engrais organiques car ceux-ci augmentent la teneur du sol en humus, améliorent sa structure, augmentent sa capacité de rétention d'eau et stimulent l'activité biologique. La plupart des sols ne sont pas pauvres en micro-nutriments du fait de l'utilisation prolongée d'engrais organiques. La macrofaune et la microfaune sont présentes en quantité légèrement plus faible dans les champs qui ne reçoivent que des fumures minérales (FM).

Les apports pratiqués d'engrais sont destinés soit à augmenter le stock pour le porter à un niveau plus favorable, soit à en compenser les pertes soit encore à maintenir ce stock. Les pertes sont la conséquence d'un entraînement (lessivage, érosion, évaporation), d'une consommation (eau, éléments minéraux, matière organique) par les plantes ou les organismes ou d'une insolubilisation (phosphore).

Un plan de fumure est un budget technique et prévisionnel qui comporte l'évaluation des besoins quantitatifs et qualitatifs des fertilisants nécessaires à l'exploitation pour réaliser l'objectif de production fixé par l'exploitant. Hebert¹ le définit comme : "l'ensemble des quantités, formes et techniques d'applications des engrais géré au niveau de l'exploitation pour en maximiser les résultats socioéconomiques".

Deux courants sont à considérer :

- un courant "ascendant" comprenant des données agronomiques : richesse du sol, caractéristiques de chaque parcelle, besoins culturels, etc. ;
- un courant "descendant" déterminant les décisions prises : nature, dose, date d'application des engrais choisis.

Effets des facteurs et conditions requises

Le sol, le climat, le type de plante, le mode, la période et la fréquence d'application sont les éléments pris en compte pour analyser les conditions et les effets d'application des urines et des fèces. Les considérations qui militent en faveur d'une fertilisation adéquate à base d'urines et de fèces sont présentées dans le tableau 1. (Voir page suivante)

Hebert J. (1982) : Rendre accessible le raisonnement de la fumure; Agriculture N° 463

Tableau A1: Conditions requises pour l'efficacité des excréta

N°	Facteurs		Conditions	
			Urines	Fèces
1	Sol	pH	6 - 7	6 - 7,5
		% M.O /% argile X 100 ; pour mille	15 - 25	17 - 18
2	Climat	Humidité, aération	Sensible	Fluctuante
		Température	Sensible	Fluctuante aux températures élevées
3	Plantes	pH	5,0 - 7,0	6,2 - 7,9
4	Mode d'application	Localisation	Sillon le long des lignes de semis Sillon autour des plants (environ 7 à 10 cm du plant)	Dans le poquet ou à la périphérie suivie d'un bon mélange avec la terre
5	Période d'application	Dates	Fractionnement en application continue dans le temps	Pendant la préparation du lit de semis et/ou repiquage; plantation, fractionnement pour les plantes pérennes.
6	Fréquence			
		Observations pour une meilleure efficacité des urines	<ul style="list-style-type: none"> - limiter l'application les périodes où le sol est nu ; - appliquer sur des cultures capables de prélever l'azote immédiatement ; - réduire le travail du sol au minimum ; - travailler les pentes du sol dans le sens qui minimise l'écoulement de surface ; - rechercher un niveau d'humus stable relativement modeste entretenu essentiellement grâce aux restitutions ; - recourir aussi fréquemment et régulièrement que possible à des enfouissements de matières fermentescibles ; - constituer un stock de matières organiques humifiées élevé par des apports répétés de matériaux à haut rendement humique. <p>L'urine seule en application a un effet résiduel comparable à celui d'un engrais vert.</p>	
		Observations pour une meilleure efficacité des fèces	<p>Les fèces enfouies profondément sont parfois un moyen efficace de lutter contre les maladies ou les formes parasitaires.</p> <p>La localisation excessive de la matière organique ralentit l'écoulement et l'infiltration de l'eau. La pénétration et l'exploration radicaires sont réduites dans les zones à forte concentration en matière organique en cours d'évolution. Il est donc important d'assurer une dispersion satisfaisante des M.O. lors de l'enfouissement.</p>	

Observations générales

- Les sols dont la structure est très fragile (sols limoneux) ; il est probablement nécessaire de retenir des objectifs élevés ; selon Monnier², les matières organiques n'influencent de manière notable la stabilité structurale qu'au-delà d'un seuil correspondant à un rapport % MO sur % argile x 100 supérieur à 7 ((%M.O) / (%ArgileX100) >7)
- Etablir le bilan des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol pour éviter la toxicité, la surestimation des besoins des plantes et la sous-évaluation de la disponibilité à partir du sol
- Evaluer la disponibilité des nutriments à synchroniser avec le pic de besoins de la plante
- Suivre la variation de zone humide et de zone sèche
- Les valeurs de pH qui sont indiquées sont celles favorables à l'assimilabilité de l'azote et du phosphore.

La réaction (pH) du milieu et l'assimilabilité des éléments nutritifs

Une marge de pH convient à l'assimilation de chaque élément nutritif, élément majeur ou oligo-élément. En dehors de cette marge, l'assimilation n'est plus optimale. La stabilité struc-

Monnier G. (1969) : le profil cultural; Masson, Paris

turale du sol varie selon le pH. Elle est minimale pour des valeurs de pH voisines de 6.5 – 7. Les accidents de structure ne surviennent qu'à des pH < 5 entraînant la destruction des réseaux cristallins des argiles. La solubilité de la plupart des éléments minéraux est augmentée pour des valeurs du pH légèrement inférieures à la neutralité ; leur assimilabilité est accrue. Tous les oligo-éléments, excepté le Molybdène, sont plus solubles en conditions acides.

Tableau A1-2 : Classification des plantes selon leur réaction au pH.

Catégorie	Type de plante
Les plantes ne supportant pas l'acidité	Betterave sucrière et fourragère, luzerne, moutarde, carotte sucrée, chou pommé.
Les plantes supportant une faible acidité	Maïs, haricot, oignon, blé, pois, concombre
Les plantes supportant une acidité tempérée	Avoine, pomme de terre, seigle, tomate
Les plantes supportant une forte acidité	Pomme de terre

Tableau A1-3 : La réaction optimale (pH) du sol favorable à la croissance et au développement des cultures pour la formation d'une bonne récolte.

Cultures	PH	Cultures	PH
1. Betterave sucrière	7.0-7.5	8. Betterave four	6.2-7.5
2. Chou	6.7-7.4	9. Pois	6.0-7.0
3. Soja	6.5-7.1	10. Maïs	6.0-7.0
4. Oignon	6.4-7.9	11. Salade	5.7-6.5
5. Haricot	6.4-7.1	12. Mil	5.5-7.2
6. Concombre	6.4-7.0	13. Carotte	5.5-7.0
7. Tomate	6.3-6.7	14. Pomme de terre	5.0-5.5

Les conditions optimales de germination de la majorité des cultures se créent avec une faible acidité du sol (pH kcl = 5.7-5.8 et pH H2O = 6.2-6.5)

L'efficacité des engrais en fonction du climat

Toutes les interventions culturales ne sont pas affectées de manière semblable par les conditions climatiques. On peut, selon Kreher³, distinguer deux types de travaux : des travaux différenciables et des travaux non différenciables (ceux qui ne peuvent être déplacés sans risque et sans atteinte à la production, semis, traitements phytosanitaires, récolte, etc.). Ils sont tributaires des conditions météorologiques et doivent être exécutés entre deux dates limites.

La proportion des cations détermine l'ambiance physico-chimique du sol caractérisée par le taux de saturation "v". L'activité des bactéries nitrifiantes est maximale entre 6.8 et 7.5 . Au voisinage de la neutralité, l'effectif des populations microbiennes est en général, le plus élevé. La minéralisation des éléments chimiques des matières organiques est progressive, continue et diffuse dans toute la masse du sol. Le rythme de libération des éléments varie selon l'activité microbienne sur laquelle les conditions pédo-climatiques exercent un rôle déterminant. L'évolution des matières organiques peut aussi entraîner l'immobilisation d'éléments minéraux

préexistants dans le sol. C'est le cas pour l'azote minéral, en particulier lorsque les matières organiques apportées n'en renferment pas une quantité suffisante pour assurer une humification normale. Les substances très fermentescibles augmentent considérablement la stabilité structurale mais leur action est de durée limitée. L'augmentation de la rétention de l'eau est de faible importance en sols argileux et limoneux ; elle est plus intéressante en sols sableux.

Efficacité relative des engrais minéraux et organiques :

- Sols limoneux : minéraux = organiques ;
- Sols sableux : organiques > minéraux.

La comparaison doit être effectuée durant plusieurs années afin de rechercher l'existence d'un effet moyen et, éventuellement, d'un effet cumulatif.

L'ensemble des essais réalisés sur les différentes cultures au cours de la recherche a été conduit sur des sols de types sablo-argileux et argilo-limoneux. Le tableau 3 (Voir page précédente) présente en fonction des types de cultures et de la quantité de fertilisants apportée, la teneur du sol en éléments nutritifs.

Tableau A1-4 : Doses optimales en fonction des types de sols et des cultures

Pays	Type de sol	Sources de nutriments	Culture	Doses optimales
Burkina Faso			Aubergine	
			Gombo	
			Maïs	
Sabtenga		Urines fèces	Tomate	8000l/ha 6667kg/ha
		Urines	Sorgho	4875l/ha
Bénin	ferrugineux	Urine	Arachide	7.6 L/m ²
		Urine	Maïs	8 L/m ²
Côte d'Ivoire			Igname	
			Manioc	
Guinée	Latéritique / gravillonnaire	Fèces/urine	Maïs	250kg/ha /200L/ha
		Fèces/urine	Niébé	250Kg/ha /300L/ha
Mali	Limoneux argileux	Excréta	Coton	5000 Kg / ha
	Limoneux sableux	Urine	Maïs	5000 L / ha
Sénégal	Sablo-limoneux	Urine	Tomate	3 L/m ² / semaine durant 11 semaines
			Laitue	
Togo			Tomate	
			Laitue	
			Chou	
			Maïs	

FICHE TECHNIQUE N°A2

Démarche pour le choix du type de culture à valeur commerciale ou nutritive

Introduction

Les produits agricoles destinés à la consommation humaine font peser un risque potentiel sur le personnel d'exploitation, sur les ouvriers qui manipulent les produits et sur les consommateurs.

La durée de survie des agents pathogènes peut dépasser la durée de la période de végétation de sorte que la contamination est extrêmement probable, sauf si les excréta subissent un traitement poussé.

La limitation des cultures autorisées est une mesure existante en matière de protection sanitaire.

Paramètres d'aide aux choix de la culture

Il s'agit d'une solution de longue haleine et qui peut être totalement inefficace face à certaines préférences culturelles :

- L'importance et le rôle de la culture dans l'économie du pays ;
- Les perspectives et voies d'augmentation de la productivité de la culture ;
- Le plan de fumure ;
- Les particularités biologiques de la culture ;
- La pratique traditionnelle de consommation ;
- La provenance des produits ECOSAN et le public consommateur du produit agricole.

Certaines mesures complémentaires sont nécessaires pour protéger le personnel d'exploitation agricole et ceux qui manipulent les produits après la récolte, mais parfois aussi pour protéger totalement les consommateurs et aussi concilier les intérêts des populations et la protection de l'environnement.

Aussi, il importe de répartir les plantes selon leur réaction au pH du sol en vue d'une bonne production et le degré de traitement des excréta.

Classification des plantes selon leur réaction au pH.

Les excréta à caractère salin doivent, si possible, être réservés à l'irrigation de cultures tolérantes au sel et, en général, la rotation des cultures et l'assolement sont nécessaires pour éviter que la structure pédologique ne se dégrade à long terme.

Tableau A2-1 : Classification des plantes selon leur réaction au pH.

Catégorie	Type de plante
Les plantes ne supportant pas l'acidité	Betterave sucrière et fourragère, luzerne, moutarde, carotte sucrée, chou pommé.
Les plantes supportant une faible acidité	Mais, haricot, oignon, blé, pois, concombre.
Les plantes supportant une acidité tempérée	Avoine, pomme de terre, seigle tomate
Les plantes supportant une forte acidité	Pomme de terre

Répartition des plantes en trois grandes catégories en fonction de l'importance des mesures de protection nécessaires (Shuval et al., 1986)⁴.

Les excréta dont la qualité, à la suite d'un traitement, répond aux critères d'Engelberg en vue d'une utilisation sans limitation (<1.000 coliformes fécaux pour 100 ml et < 1 œuf viable de nématode par litre) peuvent être utilisés pour irriguer n'importe quelle culture sans autre mesure de protection sanitaire. Si la norme n'est pas pleinement satisfaite, il reste possible d'utiliser les excréta pour certaines cultures sans risques pour la santé du consommateur. Les formes de restriction sont classées suivant trois catégories : A, B, et C :

Catégorie A : Protection nécessaire pour le personnel d'exploitation agricole uniquement

- 1- Plantes non destinées à la consommation humaine (Par exemple : coton, sisal, tabac, dah, etc.)
- 2- Plantes normalement traitées par un procédé thermique ou par dessiccation avant leur consommation par l'homme (Céréales, oléagineux, betteraves à sucre)
- 3- Légumes et fruits exclusivement destinés à être consommés après mise en boîte ou après un autre traitement détruisant efficacement les agents pathogènes
- 4- Plantes fourragères séchées au soleil et ramassées avant d'être consommées par les animaux
- 5- Irrigation de zones encloses où le public n'a pas accès (pépinières, forêts, espaces verts)

Catégorie B : Autres mesures de protection parfois nécessaires

- 1- Pâturages, cultures de fourrages verts
- 2- Plantes destinées à la consommation humaine et n'entrant pas en contact direct avec les eaux résiduaires à condition qu'elles ne soient pas ramassées sur le sol et que l'irrigation ne soit pas pratiquée par aspersion (arboriculture, etc.)
- 3- Plantes destinées à la consommation humaine mais, en principe, consommées uniquement après cuisson (pommes de terre, aubergines, betteraves potagères)
- 4- Plantes destinées à la consommation humaine mais consommées sans leur peau (melons, agrumes, bananes, fruits à coque, cacahuètes)
- 5- N'importe quelle culture dès lors qu'on pratique l'irrigation par aspersion :
 - par submersion (irrigation par calants), ce qui humidifie la quasi-totalité du sol ;
 - par infiltration, "à la raie", ce qui n'humidifie qu'une partie de la surface ;
 - au moyen d'asperseurs, ce qui donne un résultat très analogue à celui de la pluie ;
 - par irrigation souterraine, auquel cas la surface est très peu humidifiée, sinon pas du tout, alors que le sous-sol est saturé ;

⁴Shuval H.J. et al. (1986): Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions. Washington, DC, Banque Mondiale, 1986 (technical paper; n°51).

- Par irrigation localisée (au goutte-à-goutte ou au moyen de tubulures de refoulement), l'eau étant amenée directement au niveau de chaque plante, à un débit réglable.

Catégorie C : Traitement essentiel jusqu'à obtenir une qualité conforme aux critères d'Engelberg pour l'irrigation sans limitation.

- 1- N'importe quelle plante pouvant être consommée crue et qui est cultivée en contact étroit avec des effluents obtenus à partir des excréta (légumes frais, tels que laitues ou carottes ou fruits irrigués par aspersion).
- 2- Irrigation de zones auxquelles le public peut avoir accès.

Observations

Les cultures industrielles comme le coton, le sisal et le dah semblent être bien indiquées. La limitation à certaines cultures peut entraîner une diminution des frais de traitement. Mais quand il n'existe pas de précédents locaux, la possibilité d'imposer des limitations **doit d'abord être expérimentée dans une zone déterminée** tableau 2 (Voir page suivante).

Remarques :

Le critère d'Engelberg n'est qu'imparfaitement satisfait; on peut encore utiliser la méthode pour la culture de certaines plantes, sans risques pour le consommateur.

Catégorie A : Protection nécessaire uniquement pour le personnel d'exploitation agricole ; Se rangent dans cette catégorie, des cultures industrielles comme celles du coton, du sisal et des céréales, ainsi que l'exploitation forestière et les plantes vivrières destinées à la conserve.

Catégorie B : Mesures complémentaires éventuellement nécessaires. Cette catégorie englobe les pâturages, le fourrage vert, l'arboriculture, ainsi que les fruits et légumes qui sont pelés ou cuits avant d'être consommés.

Catégorie C : Respect strict des critères d'Engelberg pour l'irrigation sans limitation. Ce traitement rigoureux est nécessaire pour les légumes frais, les fruits irrigués par aspersion, ainsi que les parcs, les gazons.

Tableau A2-2 : Utilisation conseillée des excréta

Désignations	Utilisation conseillée	Observation
Non traités	Jachère de courte durée 1 à 2 ans	L'épandage sur le sol se fait par injection dans la couche superficielle ou déversement dans des tranchées, avant le début de la période de végétation. Production élevée de biomasse végétale à enfouir en fin d'hivernage.
	Assolement-rotation	En tête de rotation une culture non comestible et/ou pérenne
	SETEG jardin	Système écologique de traitement des eaux grises
Alternatives de gestion des excédents d'urines /fèces	Compostage	
Traitement contrôlé	Toute culture	Le cycle pathogène est interrompu
Traitement incontrôlé	Cultures appropriées	Eviter les cultures à cycle court et surtout dont le produit est consommé cru

L'observation de ces considérations permettra de répondre aux objectifs suivants :

- Faisabilité économique
- Acceptabilité du point de vue social

FICHE TECHNIQUE N°A3

Détermination de la dose et de la norme d'engrais en fonction du type de culture

Introduction

Dans un plan de fumure, le courant “ ascendant ” qui requiert des données agronomiques : (richesse du sol, caractéristiques de chaque parcelle, besoins culturaux, etc). aide au calcul de la dose et de la norme des engrais.

Pour l'établissement d'une norme d'engrais et d'une proportion juste des substances nutritives nécessaires à la formation de la récolte dans des conditions données; souvent dans la pratique, on a recours à la méthode de calcul. L'ensemble des principes de calcul reste fondé sur la comparaison des exigences en éléments nutritifs pour la formation d'une récolte et leur assimilabilité à partir du sol et des engrais.

Éléments essentiels à la détermination de la dose et de la norme

Pour déterminer la dose et la norme d'engrais pour une culture donnée, les éléments essentiels à prendre en considération sont présentés, ici, sous forme de questions, à savoir :

Quel type d'engrais et pour quelle culture ?

- La durée de l'effet de l'engrais : elle dépend de la réaction physiologique de la plante, de la concentration du principe actif contenu dans l'engrais.
- La quantité d'engrais à utiliser : la détermination de la quantité doit tenir compte de la teneur du sol en éléments nutritifs assimilables, du coefficient d'assimilabilité des éléments nutritifs du sol et des engrais par la plante ou le type de culture, la quantité et la qualité de la récolte prévue.
- Quand utiliser l'engrais ? : selon le besoin de la plante en éléments nutritifs.
- Comment utiliser ? : en fonction des techniques agricoles et culturales.
- Où l'utiliser ? : selon le type de sol approprié et les besoins en éléments fertilisants.

Présentation des caractéristiques des sols ayant servi aux essais agronomiques ECOSAN dans les pays du Réseau CREPA.

Tableau A3-1 : Caractéristiques des sols des différents pays

Pays	Azote (%)	Phosphore (ppm)	Potassium (ppm)	pH	C (%)	Argile (%)
Burkina Faso	0.038	313.92	862.78	5.73-5.92		
	0.024 *	1.25 *	59.0 *	7.07-7.1	0.39*	9.80-21.57*
Bénin	0.045 - 0.047			6.1-6.7		1.59-46.56
Côte d'Ivoire	0.26	4204.62	11.2	5.5-5.9		32-45.4
Guinée	0.047	7.0	35.0	3.78		24.16
Mali	0.02	4.62-8.58		4.38-4.70		16.60-41.80
Sénégal	0.065	41.12	30.94	5.10		
Togo	0.05	51	0.08	5.83-7.73		6-10

* Sabtenga

Tableau A3-2 : Caractéristiques chimiques des urines et fèces

Pays	Urines			Fèces		
	Azotes ; mg/l	Phosphore ; mg/l	Potassium mg/l	Azote g/kg	Phosphore g/kg	Potassium g/kg
Burkina Faso	2702.0	369.6	314.5	33.7	0.01536	0.02232
	8000*	700*	3900*	17.2	20.67	50.61
Bénin	-	-	-	-	-	-
Côte d'Ivoire	3600	26.0	20.0	-	-	-
Guinée	244.0	-	-	9.72	0.01	0.0476
Mali	3300	738.14	-	13.7	2.7754	-
Sénégal	300	28.68	4390	10.05	0.0099	0.67287
Togo	4400	800	700	4.7	0.6	2.1

Le taux d'épandage doit être calculé en tenant compte des quantités nécessaires pour compenser l'évaporation et le lessivage et assurer une salinité et une teneur en sodium convenables (Pettygrove et Asani, 1984)⁵.

⁵ Pettygrove, G.S. et ASSANO, T. Irrigation with reclaimed municipal wastewater – A Guidance Manual. Sacramento, California State Water Resources, Board, 1984 (report N° 84 – 1)

Dose : La quantité de l'élément fertilisant contenu dans 1 kg de la substance calculée à l'hectare est communément appelée dose d'engrais.

Norme : La norme d'engrais est l'expression de la dose évaluée en substance totale pour l'hectare.

Exemple : Considérant l'urée d'une teneur de 46% N nous aurons:

Norme	Dose
CO (NH ₂) ₂	N
100 kg	46 kg
1 kg	0,46 kg

En d'autres termes, la dose sera la quantité pure de l'élément fertilisant dans un engrais désigné et la norme correspondra à l'ensemble des composants de l'engrais désigné, y compris l'élément fertilisant nécessaire.

Calcul de la dose

La détermination d'une dose optimale résulte de l'application des formules suivantes:

1. Détermination à partir de la récolte prévue

$$D = \frac{100 \cdot X - C \cdot K_s}{K_e}$$

où D = dose exprimée en kg/ha;

X = le besoin en éléments nutritifs de la récolte prévue ;

C = la teneur du sol en éléments nutritifs précisément dans la couche exploitable par le système racinaire kg/ha ;

K_s = le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir du sol (%)

K_e = le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir de l'engrais (%)

L'établissement de la dose à partir de cette formule exige les données suivantes :

- Le besoin en éléments nutritifs de la récolte prévue (cf. tableau 8);

- La teneur du sol en éléments nutritifs, exprimée en mg/kg du sol qu'on multiplie par 3 si la profondeur de la couche arable est de 22 cm et par 4, si celle-ci est de 30 cm, afin d'obtenir l'unité de kg/ha d'éléments nutritifs.

NB : La majorité (85%) du système racinaire se situe à cette profondeur.

Exercice d'application

Déterminez la quantité d'éléments nutritifs pour une récolte de 3t/ha de coton sachant :

- 1) 1 tonne nécessite 167 kg N, 64.5 kg P₂O₅ et 155 kg K₂O
- 2) L'analyse chimique du sol d'une profondeur de 22 cm donne 380 mg/kg N, 313.92 mg/kg P₂O₅ et 862.78 mg/kg de K₂O.
- 3) Le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir du sol est de 25% N, 5% P₂O₅ et 15% K₂O.
- 4) Le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir des engrais est de 70% N, 20% P₂O₅ et 80% K₂O.

Solutions	Opérations	Eléments nutritifs (Kg/ha)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Besoin total de la récolte prévue	3 X167	501	193.5	465
2. Teneur du sol	380 X3	1140	941.76	2588.34
3. Quantité d'éléments disponibles à partir du sol	$\frac{1140.25}{100}$	285	47.08	388.25
4. Quantité d'éléments nécessaires à fournir à partir des engrais ou dose nette.	501 - 285	216	146.42	76.75
5. Quantité d'éléments utilisables par la plante à partir des engrais ou dose brute	$\frac{216 \cdot 100}{70}$	308.57	732.1	95.94

La dose nette est la quantité juste d'éléments nutritifs pour garantir la récolte prévue.

La dose brute est la dose nette plus les éventuelles pertes par dénitrification, lessivage, transformation à l'état insoluble, etc.

L'application de la formule nous donnera :

$$\frac{100(501 - (\frac{1140 \cdot 25}{100}))}{70} = 308.57$$

2. Détermination à partir du surplus de récolte

$$D = \frac{100 \cdot X_{SR}}{K_e}$$

D = la quantité d'éléments nutritifs exprimée en kg/ha

X_{SR} = le besoin en éléments nutritifs du surplus de récolte en kg/ha

K_e = le coefficient d'assimilabilité de l'élément nutritif à partir de l'engrais en %

L'application de cette méthode est fondée sur le besoin du surplus de récolte programmée connaissant la récolte obtenue sans apport d'engrais.

Ici nous devons connaître le besoin d'une unité de production (cf tableau 8)

Tableau A3-3. Exportation d'unités fertilisantes pour 1T/ha de rendement principal (kg/ha).

Cultures	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Mais	27-34	10-12	26-37
Sorgho	30-52	23-60	30-55
Riz	14-21	7-8	13-26
Arachide	70-85	10-15	28-55
Soja	67-71	16-26	18-53
Haricot	69	19	51
Betterave	4-5.9	1.8-2	7.-7.5
Pomme de terre	6.2-5	2.2-3	8-14,5
Patate	5-7	2-3	10-12
Manioc	2- 6	1-2	1-9
Agrumes	8-10	2	12
Ananas	3-4	1	7-8
Banane	1-6	2	25
Cacao	40	15	70
Café	80	20	87
Cocotier	26	11	49
Palmier à huile	38	16	31
Thé	64	16	36
Tomate	2.6-3	0.4-1	3.6-4
Canne à sucre	1-3	2	3-6
Tabac	65-73	20-23	120-133
Coton	120-214	43-86	87-223
Sisal	33-59	7-13	80-98
Mil	33	10	34
Carotte	3.2	1.6	5.0
Concombre	1.7	1.4	2.6
Oignon	3.0	1.2	4

NB: Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, vu les larges paramètres desquels dépende la nutrition des plantes.

Tableau A3-4: Coefficient d'assimilabilité des éléments nutritifs (%)

Année d'action	Engrais organiques			Engrais minéraux		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I.	20-25	25-30	50-60	50-60	15-20	50-60
II	20	10-15	10-15	5	10-15	20
II	10	5	-	5	5	-
Cycle d'assolement rotation	50 - 55	40 - 50	60 - 75	60 - 70	30 - 40	70 - 80

Tableau A3-5 : Coefficient d'assimilabilité des éléments nutritifs à la première année d'application en fonction des différents engrais organiques (%)

Engrais	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumier et compost	20-25	30-50	50-70
Purin	50	-	80
Fiente d'oiseaux	30	40	90
Fécales	50	40	70
Cendre	-	25	70

Calcul de la norme

La détermination de la norme d'engrais reste liée non à la quantité nutritive nécessaire pour une récolte prévue ou surplus de récolte prévue, mais aussi à l'application des doses établies par des essais de plein champ. Ainsi, la détermination à partir de l'analyse du sol qui sera la suite de la formule n°1 (dose), à partir du surplus de récolte prévue, suite de la formule n°2 (dose) et l'application des doses déjà connues par essai.

1. La norme à partir de l'analyse chimique du sol

Cette détermination repose sur les deux sources principales d'éléments nutritifs pour la plante.

$$N = \frac{(100X) - (C.K_s)}{K_e.t}$$

où

N= désigne la norme d'engrais (Q/ha)

t= la teneur en éléments nutritifs de l'engrais donné

X = le besoin en éléments nutritifs de la récolte prévue ;

C = la teneur du sol en éléments nutritifs précisément dans la couche exploitable par le système racinaire kg/ha ;

K_s = le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir du sol (%)

K_e = le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir de l'engrais (%)

La quantité d'éléments utilisés par la plante est le produit de la réserve totale par le coefficient d'assimilabilité de chacun des éléments. La différence entre le besoin de la récolte prévue et la

quantité fournie par le sol est celle qu'il faut fournir par les engrais d'où la dose nette.

Pour satisfaire le besoin réel de la récolte prévue, nous devons déterminer la dose brute à partir du coefficient d'assimilabilité des engrais.

L'application combinée des engrais minéraux et organiques donne la forme suivante à la formule :

$$N = \frac{(100X) - (c.Ks) - (do.co.ko)}{Ke}$$

où do : la quantité de l'engrais organique (T/ha)

co : La teneur de l'engrais organique (1T) en éléments nutritifs N5 P2,5 K6

ko : % d'éléments nutritifs utilisables.

2. La norme à partir du surplus de la récolte prévue

Cette détermination comme toutes les autres est fondée sur l'établissement de la dose brute en premier lieu et après quoi nous appliquons la formule suivante dite élémentaire :

$$\text{kg/ha } N = \frac{D \cdot 100}{t}$$

D : désigne la dose brute

t : désigne la teneur en éléments nutritifs de l'engrais donné en %

A l'image de cette formule nous pouvons utiliser le tableau n°6 pratique suivant en calculant la norme d'engrais en fonction de leur dose et leur teneur en éléments nutritifs.

La détermination de la norme d'engrais pour un essai expérimental est fondée sur la formule suivante:

$$y = \frac{a \cdot b}{c \cdot 100}$$

où y: norme d'engrais pour la parcelle élémentaire (kg)

a : quantité d'éléments fertilisants pour 1 hectare (kg)

b : surface de la parcelle élémentaire (m²)

c : teneur en éléments fertilisants de l'engrais donné (%)

Tableau A3- 6. Calcul de la norme d'engrais en fonction de leur dose et leur teneur en éléments fertilisants, kg/ha.

t%	D (kg/ha)								
	10	20	30	40	50	60	90	120	150
10	100	200	300	400	500	600	900	1200	1500
11	99	182	272	363	454	545	817	1089	1361
12	83	166	250	333	413	500	750	1000	1250
13	77	154	231	308	385	462	693	924	1155
14	71	143	214	286	357	428	643	858	1073
15	67	133	200	267	333	400	600	800	1000
16	62	125	187	250	312	374	562	750	937
17	59	118	176	235	294	353	529	705	881
18	56	111	164	222	278	334	500	666	832
19	53	105	157	210	263	314	475	633	791
20	50	100	150	200	250	300	450	600	750
21	48	95	142	190	237	285	429	570	712
22	45	91	136	182	227	273	409	546	682
23	44	87	130	174	217	261	391	522	652
24	42	83	125	167	207	250	375	500	622
25	40	80	120	160	200	240	360	480	600
26	38	77	115	154	192	231	346	462	577
27	37	74	111	148	185	222	333	444	555
28	36	71	107	143	178	214	322	429	536
29	35	70	103	138	176	207	310	414	517
30	33	67	100	133	166	200	300	400	500
40	25	50	75	100	125	150	225	300	375
50	20	40	60	80	100	120	180	240	300
60	17	33	50	67	83	100	150	200	250

t% : Teneur en éléments nutritifs de l'engrais donné

D : Quantité d'éléments nutritifs à apporter

Principe d'application du tableau 6

La norme d'engrais en kg/ha s'exprime par le chiffre désigné par le croisement entre la ligne verticale indiquant la dose (kg/ha) et l'horizontale désignant la teneur de l'élément nutritif (%) dans l'engrais.

Une différence entre la norme calculée et celle établie à partir du tableau reste admissible car la norme se détermine avec une précision jusqu'à 10 kg.

Exercice d'application

Déterminez la quantité de fèces pour une récolte de 3T/ha de coton sachant :

- 1) 1 tonne nécessite 167 kg N, 64.5 kg P205 et 155 kg K2o
- 2) L'analyse chimique du sol d'une profondeur de 22 cm donne 380 mg/kg N, 313.92 mg/kg

P_2O_5 et 862.78 mg/kg de K_2O .

3) Le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir du sol est de 25% N, 5% P_2O_5 et 15% K_2O .

4) Le coefficient d'assimilabilité des éléments à partir des engrais est de 70% N, 20% P_2O_5 et 80% K_2O .

5) la teneur des fèces est de 3.37 %N ; 0.001 % P_2O_5 et 0.002 % K_2O .

Solutions	Opérations	Elements nutritifs (Kg/ha)		
		N	P_2O_5	K_2O
1. Besoin total de la récolte prévue	3 X167	501	193.5	465
2. Teneur du sol	380 X3	1140	941.76	2588.34
3. Quantité d'éléments disponibles à partir du sol	$\frac{1140.25}{100}$	285	47.08	388.25
4. Quantité d'éléments nécessaires à fournir à partir des engrais ou dose nette.	501 - 285	216	146.42	76.75
5. Quantité d'éléments utilisables par la plante à partir des engrais ou dose brute	$\frac{216 \cdot 100}{70}$	308.57	732.1	95.94
6. Norme de fèces	$\frac{308.57 \cdot 100}{3.37}$	9156.38		

Détermination de la norme en fonction du mode d'application

Dans un essai sur différents modes d'application du phosphore à la volée, en sillons et par poquet, calculer les doses d'engrais à partir du superphosphate simple (contenant 18 % P_2O_5) sur une superficie de 50 m² à la dose de 13 Kg P/ha avec comme culture le mil qui est semé à 1 m x 1 m.

Cas de l'application à la volée

$$13 \text{ kg P/ha} = 13 \times 2,2914 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$$

$$= 30 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$$

$$= 30.000 \text{ g } P_2O_5 / \text{ha}$$

$$= 30.000 \text{ g } P_2O_5 / 10.000 \text{ m}^2$$

$$= 3 \text{ g} / \text{m}^2$$

$$= 150 \text{ g } P_2O_5 / 50 \text{ m}^2$$

Le superphosphate simple contient 18 % P_2O_5 donc la quantité d'engrais à peser pour appliquer sur la parcelle de 50 m² à la volée est :

$$150 \times (100 / 18) = 833 \text{ g}$$

Cas de l'application par poquet

Selon le plan, le nombre de poquets est de 50 ; il faudrait donc peser 16,66 g de superphosphate simple cinquante (50) fois et l'appliquer par poquet.

Cas de l'application en sillons

Il faudrait diviser les 833 g de superphosphate par le nombre de sillons.

Quantité d'engrais appliquée à l'hectare

La quantité de fèces et/ou urines déterminée est partie du raisonnement suivant : la quantité du principe actif appliquée à l'hectare à partir de la fumure minérale vulgarisée. La teneur du principe actif dans l'urine ou les fèces et sa disponibilité à partir du sol.

La valeur est à multiplier par 1000 pour obtenir la quantité à l'hectare en litres pour l'urine et en kilogrammes pour les fèces (Tableau 7).

Tableau A3-7 : La quantité de fèces et/ou d'urine appliquée

		Aub.	Gomb.	Toma.	Laitue.	Chou	Sorg.	Maïs	Coto.	Igna.	Mani.	Arach
Burkina Faso	fèces											
	urine	36	32.1	24								
Bénin	fèces											
	urine							54.28				76
Côte d'Ivoire	fèces											
	urine									66.66	48	
Guinée	fèces											
	urine											
Mali	fèces								5			
	urine							5	5			
Sénégal	fèces											
	urine			32	22							
Togo	fèces											
	urine			36.66	21.66	38.33		18				

Observations

- Il importe de tenir compte de la densité volumique de l'urine dans les calculs.
- Les facteurs de conversion des éléments nutritifs sont déterminants dans le calcul de la dose et la norme des engrais.

L'analyse et les mélanges d'engrais sont exprimés sur la base de leur teneur en équivalent d'oxyde, exception faite pour l'azote. Ainsi pour déterminer les équivalents techniquement exacts des oxydes ou des éléments, on peut utiliser un facteur de conversion ;

- Cas du phosphore :

Le poids moléculaire de P_2O_5 est 142, donc il y a un facteur

$$62 (P) / 142 (P_2O_5) = 0,4366 \text{ pour passer de } P_2O_5 \text{ à } P$$

Il y a aussi un facteur de :

$$142 (P_2O_5) / 62 (P) = 2,2914 \text{ pour passer de } P \text{ à } P_2O_5.$$

- Cas du potassium :

Le poids moléculaire du K_2O est 94 ; il y a un facteur de

$$78 / 94 = 0,8297 \text{ pour passer de } K_2O \text{ à } K$$

Il y a aussi un facteur de :

$$94 / 78 = 1,205 \text{ pour passer de } K \text{ à } K_2O.$$

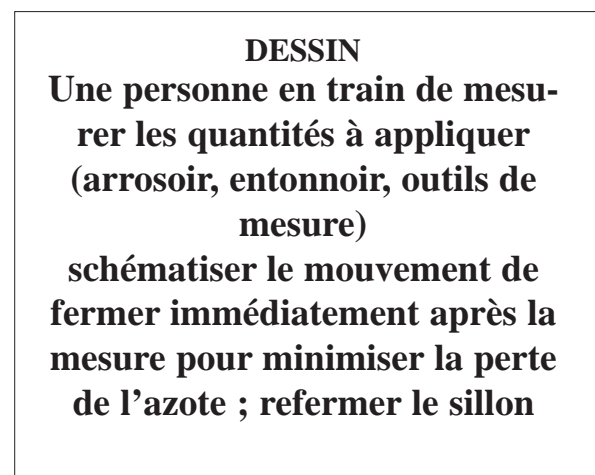
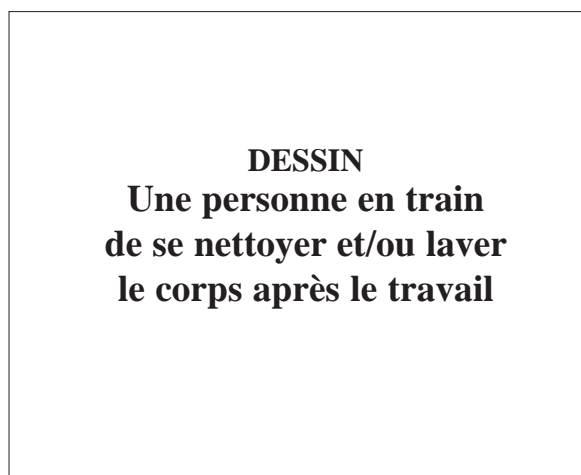
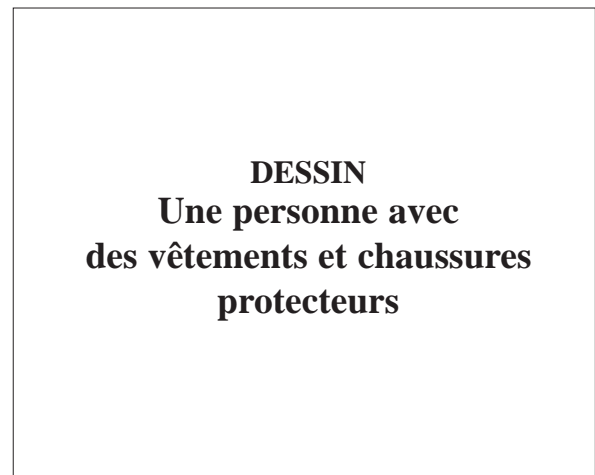
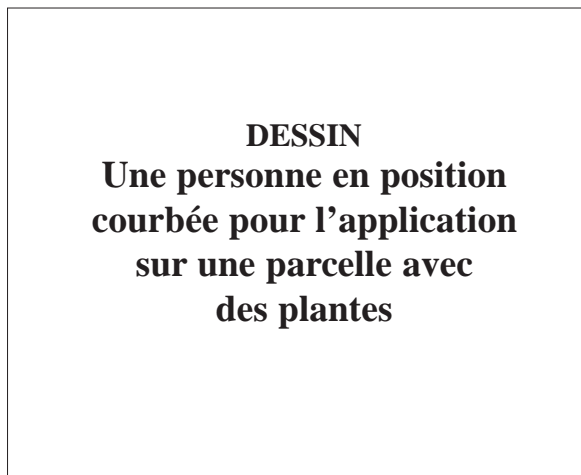
FICHE TECHNIQUE N° A4**Préparation du sol, application des engrais,
arrosage, stockage, récolte, etc.****Introduction**

Les opérations culturales visent une amélioration de la nutrition organo-minérale des plantes.

Ces interventions permettent :

- l'ameublissement du sol d'où une meilleure circulation de l'eau et de l'air et un meilleur développement des racines ;
- l'augmentation de la rétention en eau du sol suite à l'application de matières organiques, ce qui contribue à une alimentation hydrique des plantes.

Les dessins relatifs à cette partie seront adaptés à chaque contexte. Les pays respectifs pourront ainsi dessiner dans les cases selon le contenu qui s'y trouve.



Travail du sol

Le travail du sol regroupe l'ensemble des interventions culturales faites sur le profil et la surface du sol en vue de créer un environnement favorable au développement racinaire et permettre le fonctionnement normal des outils. La nature du travail est fonction de l'histoire de la parcelle : friche ou ancien champ. Le type du sol et la culture à y pratiquer détermine le degré du travail.

La limitation de l'exposition humaine est une obligation : il existe quatre catégories de personnes sur qui l'utilisation agricole des excréta fait peser un risque potentiel :

- ouvriers agricoles travaillant dans les champs et membres de leur famille ;
- manutentionnaires et manipulateurs des produits de la récolte
- consommateurs (de plantes cultivées, de viande et de lait) ;
- personnes vivant à proximité des champs.

Mode et période d'application des engrais

- Le **mode d'application des engrais** est la technique par laquelle l'agriculteur met à la disposition de la plante les éléments nutritifs.
- La **période d'application des engrais** est l'espace de temps plus ou moins court ou long d'application des engrais en vue de synchroniser la disponibilité des éléments nutritifs avec la phase de besoin de la plante.

La personne qui applique le substrat doit être en position courbée. Le mode d'épandage tribulaire aussi du degré de traitement détermine la mesure (disposition à prendre) d'épandage.

Tableau A4-1. Éléments essentiels à l'application des engrais

<p>Quel engrais?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durée de l'effet de l'engrais • Quelle quantité à utiliser? • Quand l'utiliser? • Comment l'utiliser? • Où l'utiliser ? 	<p>Le degré de mobilité du principe actif ($\text{NO}_3 > \text{NH}_4 > \text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5$) ; l'âge des engrais organiques, la vitesse de décomposition, de minéralisation des engrais organiques</p>
--	---

Le mode d'épandage doit prendre en compte la mobilité de l'élément nutritif, la disposition du système racinaire et la forme physique de l'engrais utilisé. On distingue deux modes :

- Une distribution assurant une couverture totale de la parcelle (à la volée) qui se pratique sur sol nu et avant le semis ou en cours de végétation. La régularité d'épandage est difficile à obtenir ;
- Une localisation :
 - dans les sillons le long des lignes ;
 - dans les poquets.

Dans ce mode, deux effets sont recherchés : un effet de concentration et un effet de placement. L'engrais doit être à une distance judicieuse de la semence ou de la plante (trop près, une toxicité est prévisible, trop éloigné, il reste sans effet). Outre l'action recherchée en début de végétation, la localisation permet de réduire la concurrence du sol à l'égard de P ou de K dans les sols ayant un pouvoir fixateur très élevé. On réalise une économie d'engrais mais la distribu-

tion des éléments nutritifs dans le sol est plus hétérogène. Ainsi, 5 – 7 T/ha en localisation peuvent donner un même supplément de rendement que 20 – 25 T/ha en couverture totale.

Exemple : Influence du mode d'épandage sur le rendement de la pomme de terre (Q/ha) de supplément.

Niveau de fertilisation	Sans engrais	Couverture totale	Localisation
N45P45K45	196,29	55,14	91,4

L'épandage d'excréta non traités ou insuffisamment traités ne doit être pratiqué que par deux méthodes : déversement dans les tranchées recouvertes avant le début de la période de végétation ou injection souterraine au moyen d'un équipement particulier. Quand les excréta ont subi un compostage correct, ils sont exempts d'agents pathogènes, de sorte qu'on peut les répandre sur le sol à la main ou par un procédé mécanique sans risques pour la santé.

Le port de vêtements et chaussures protecteurs peuvent mettre à l'abri de l'infection, même dans des circonstances où le risque serait très important faute de ces précautions. L'éducation pour la santé est indispensable pour faire évoluer certains types de comportements.

La façon dont les excréta sont répandus sur le sol ; la durée entre deux épandages successifs et la durée entre le dernier épandage et la récolte sont autant de facteurs qui influent sur le risque de contamination des cultures et de dispersion des agents pathogènes dans l'environnement.

La période d'application des fèces

Les fèces sont épandus lors de la préparation du sol, avant la plantation et enfouis par labourage ou hersage avant les semis ou les plantations.

Le taux d'épandage varie selon la nature du sol, des plantes cultivées et la saison. Ce taux est régi principalement par la quantité de nutriments disponibles, spécialement l'azote, le souci d'éviter toute inhibition de la germination et de la croissance des jeunes pousses, ainsi que par les limites pratiques du volume qui peut être répandu dans les champs ou incorporé au sol.

L'utilisation d'excréta non traités ou insuffisamment traités n'est possible que par épandage sur le sol, selon deux techniques : enfouissement dans les tranchées recouvertes avant le début de la période de végétation ou injection souterraine au moyen de dispositifs spéciaux.

Observations

- Eviter d'arroser la partie comestible avec l'urine surtout dans le cas des légumes consommés crus
- Appliquer l'urine selon la croissance et le développement des plantes et l'arrêter au moins trois semaines à un mois avant l'apparition des indices de maturité.

FICHE TECHNIQUE N°A5**Calcul de rendement et évaluation économique
de l'utilisation de l'engrais humain****Introduction**

L'évaluation de la rentabilité économique est un facteur important qui permet à l'exploitant d'estimer ses charges (intrants agricoles) et de déduire son bénéfice en fin de production. Le calcul du rendement permet l'estimation de la production par unité de surface ; c'est une donnée importante qui permet de quantifier la production.

Les dessins relatifs à cette partie seront adaptés à chaque contexte. Les pays respectifs pourront ainsi dessiner dans les cases selon le contenu qui s'y trouve.

Dessin

**Un champ expérimental :
y matérialiser la parcelle élémentaire et la parcelle utile**

Détermination du rendement

Dans l'approche expérimentale, il est conseillé de :

- 1- Identifier des plantes (échantillon représentatif) d'observation sur lesquels on mène la collecte des données et même la structure du rendement
- 2- Compter le nombre des plantes à la récolte
- 3- Au moment de la récolte, on récolte ces plants d'observation suivie des plantes du reste de la parcelle utile séparément.
- 4- Au terme de la collecte des données, on associe les deux récoltes pour déterminer le rendement de la parcelle utile.

Le rendement est obtenu à partir de la formule suivante :

- Parcelle utile : la pesée de l'ensemble de la récolte obtenue sur la surface de la parcelle utile.
- Rendement à l'hectare : le poids de la récolte obtenue sur la surface de la parcelle utile multiplié par 10.000 m² et divisé par la surface (m²) de la parcelle utile.

Tableau A5-1 : rendement dans les différents pays (T/ha)

Culture	Traitements	Burkina Faso	Bénin	Côte d'Ivoire	Guinée	Mali	Sénégal	Togo
Aubergine	Témoin	2.81						
	Urine	15.97						
	FMV	17.13						
Gombo	Témoin	1.66						
	Urine	2.34						
	FMV	2.66						
Tomate	Témoin	2.13						
	Urine	5.15						
	FMV	5.75						
Laitue	Témoin							6.8
	Urine							15.7
	FMV							13.3
Chou	Témoin							19.07
	Urine							32.03
	FMV							30.91
Sorgho	Témoin	2.31						
	Urine	3.79						
	FMV	4.11						
Maïs	Témoin		2.38			0.62		
	Urine		3.55			2.36		
	FMV		3.48			3.10		
Coton	Témoin					0.18		
	Urine/fèces					0.35/1.49		
	FMV					0.38		
Ighame	Témoin			4.00				
	Urine			8.00				
	FMV			6.00				
Manioc	Témoin			45.00				
	Urine			60.00				
	FMV			60.00				
Arachide	Témoin		0.44					
	Urine		0.56					
	FMV		0.78					

L'analyse globale des **résultats partiels** milite en faveur de l'utilisation des excréta qui, statistiquement, diffère de la pratique paysanne et se situe généralement dans le même groupe homogène que la fumure minérale vulgarisée pour la culture retenue.

L'efficacité agronomique relative : l'indice d'efficacité agronomique (IEA) est calculé par la formule suivante :

$$IEA = \frac{\text{production de m.s (traitement)} - \text{production de m.s (témoin)}}{\text{production de m.s (fumure de comparaison)} - \text{production de m. s (témoin)}}$$

Cet indice permet de se faire une idée sur la valeur intrinsèque d'un traitement par rapport à un autre.

Effectivité économique de l'application des engrais

L'augmentation du rendement des cultures et l'effectivité de la production agricole a été et reste toujours le but principal de divers procédés et voies d'amélioration de l'utilisation des engrais. Ainsi le choix et l'introduction des normes, forces, procédés et périodes d'application des engrais nécessitent une estimation économique qui découle d'un rendement maximum théorique et d'une limite économique.

Le rendement maximum théorique est celui qui reste inférieur à la valeur de la dose supplémentaire d'engrais (c'est-à-dire une dose supplémentaire d'engrais qui ne procure aucune augmentation de rendement).

La limite économique apparaît quand le niveau de rendement ou les suppléments de récolte obtenus couvrent juste la dépense d'engrais. Elle s'établit dans les conditions de production en comparant le rendement obtenu à partir des engrais et celui, sans eux. L'effectivité économique de l'application des engrais exprimée tant en nature, qu'en espèces s'estime à partir des critères et indices de l'économie nationale, caractérisée par l'augmentation du rendement du travail collectif. Le surplus de récolte d'une unité de surface ou d'engrais désigne l'effectivité agronomique des engrais exprimée en indices de prix.

Indices caractéristiques de l'effectivité économique

La valeur de l'effectivité économique est conditionnée par les facteurs suivants :

- Le prix du surplus de production
- La grandeur du surplus de revenus net
- La compensation du surplus de dépenses
- L'augmentation du rendement de travail
- La baisse du prix de revient d'une unité de produits
- La rentabilité de la production

Les indices sus-cités sont inter-liés. Ainsi plus le surplus de récolte d'une unité de surface est grand et de bonne qualité, plus on a un rendement élevé de travail, un bas prix de revient, le revenu net plus grand et une rentabilité élevée de la production.

Le rendement du travail est la capacité des travailleurs à produire pendant un temps de travail déterminé une quantité donnée de production.

Le prix de revient s'exprime par la somme des dépenses en espèces pour l'unité de production. Les variations du prix de revient résultant de l'application des engrais peuvent s'exprimer sous la forme suivante :

$$D = \frac{A}{Y_0} \quad \text{et} \quad D1 = \frac{A + A1}{Y_0 + Y_n}$$

D et D1 : désignent le prix de revient de l'unité de production respectivement sans engrais et avec engrais.

A : désigne toutes les dépenses (sans apport d'engrais à l'ha)

A1 : désigne les surplus de dépenses pour l'engrais à l'ha

Y0 : désigne le rendement par hectare sans apport d'engrais (Q/ha)

Yn : désigne le surplus de récolte à l'hectare avec l'application de l'engrais (Q/ha).

- Le revenu net (RN) représente la différence entre le prix du produit selon le prix de réalisation et les dépenses engagées à sa production ou le prix de revient.

$$RN = Sr - Dp$$

Sr : désigne le prix du surplus de récolte

Dp : désigne le surplus de dépenses productives ou encore $RN = (S + s) - E$

S : désigne le prix du surplus de récolte principale

s : désigne le prix du surplus de récolte secondaire

E : désigne la somme de toutes les dépenses liées à l'application des engrais.

$$E = Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5 + Zn$$

Z1 : désigne le prix des engrais

Z2 : désigne la valeur d'acquisition des engrais jusqu'au champ

Z3 : désigne la valeur de conservation des engrais

Z4 : désigne les dépenses pour l'apport

Z5 : désigne les dépenses pour récolte et transport du surplus de récolte.

$$\text{La compensation des dépenses productives } C = Sr : Dp = S + s : E$$

Cet indice indique combien de surplus de récolte exprimés en espèces s'obtiennent à chaque unité de dépenses productives.

La rentabilité est le rapport du RN au Dp par 100 exprimée en %

$$R = RN \cdot 100 / Dp \quad \text{ou} \quad (S + s) E \cdot 100$$

A la base de ces principaux indices donnés, une estimation économique de l'application des engrais est valablement faisable bien qu'il reste plus considéré la production par unité de surface ou d'engrais et le revenu net.

Dans la pratique, il est souvent utilisé un procédé très simple et admissible pour l'estimation économique qui considère seulement les surplus de dépenses productives à l'application des engrais et le prix du surplus de récolte.

Pendant la comparaison des variantes sur le système d'engrais par les indices économiques, la préférence va à la variante qui a donné la plus grande récolte et le revenu net à l'hectare, le rendement de travail très élevé, le bas prix de revient avec une haute rentabilité.

Observations

Le rendement est déterminé à partir d'une parcelle dite utile qu'on extrapole à l'hectare. La notion de rendement principal et de rendement secondaire (ex : gousse et fane d'arachide) reste importante pour la rentabilité de l'application des engrais.

L'évaluation cumulative de l'effet des fèces est à prendre en compte dans l'analyse économique.

Réalisation Technique et Impression

- Secrétariat de Rédaction/Maquette : **Sié Offi SOME**

- Réalisation technique et impression : **Studio YIPIN Créations : + 226 50 31 23 20 Ouaga. Burkina Faso**