



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

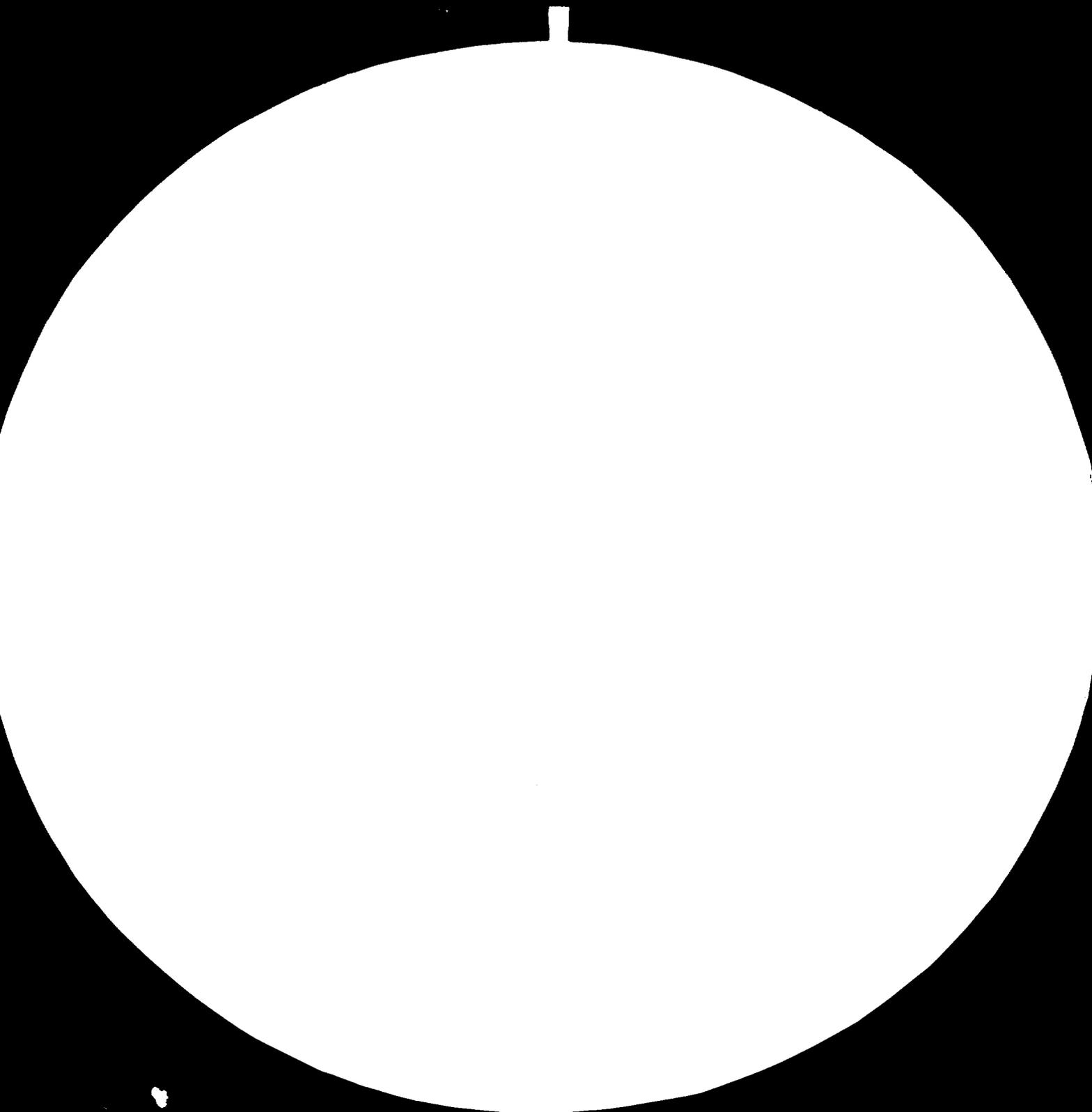
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

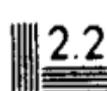
Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





4.5



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

09546

Distr. RESTREINTE

DP/ID/SER.A/234
28 février 1980
Français
Original : ALLEMAND

ASSISTANCE A LA PRODUCTION
DE TOURBE - ENGRAIS
SI/EDI/78/801
BURUNDI

(R)

Rapport technique: Prélèvement et analyse de
sols et de tourbes (1ère phase)*

Burundi

Etabli pour le Gouvernement burundais par
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,
organisation chargée de l'exécution pour le compte du
Programme des Nations Unies pour le développement

D'après l'étude de M. Franz Penningsfeld,
expert en traitement de tourbe

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
Vienne

* Le présent rapport n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

80-32334

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

Résumé

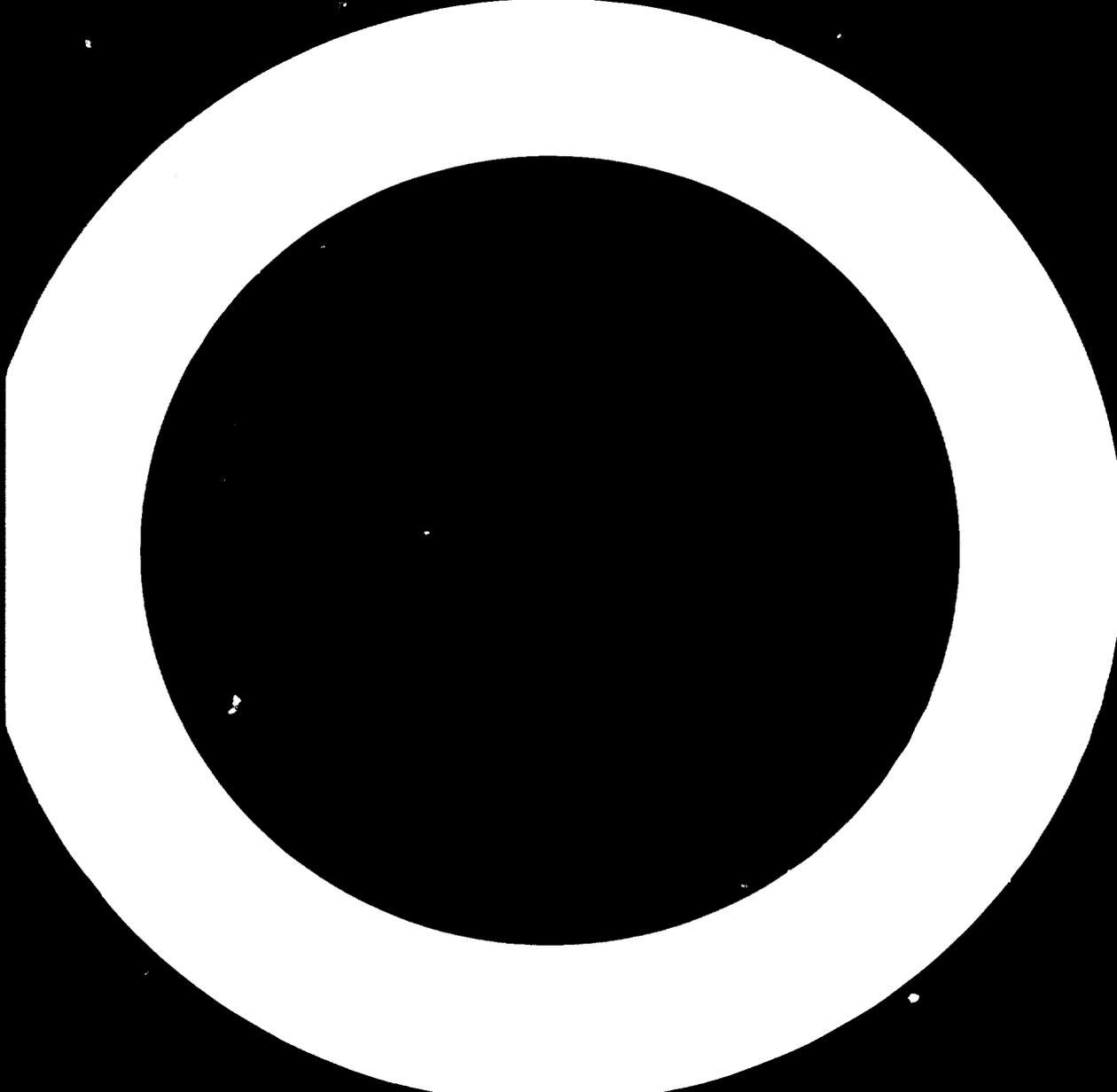
La plus grande partie des terres arables du Burundi est fortement acide et pauvre en humus ainsi qu'en substances nutritives. Pour augmenter les rendements et améliorer les qualités, il faut d'urgence amender les propriétés physico-chimiques des sols. L'engrais organo-minéral proposé permettra d'atteindre ce but, c'est-à-dire de fertiliser à nouveau les sols déjà fortement dégradés. Mais un grand nombre de tourbes du Burundi ne peuvent plus être utilisées à cette fin, car elles présentent déjà une trop forte décomposition microbienne et se carbonisent sous l'influence du soleil tropical à la suite d'une coagulation irréversible. Elles perdent donc leurs précieuses propriétés et ne se laissent plus humidifier. L'expert a trouvé une couche de tourbe appropriée à Kashiro dont des prélèvements plus importants ont entre-temps été analysés en République fédérale d'Allemagne. Le résultat de cette analyse s'avère favorable. Il propose une méthode qui permet l'extraction de cette tourbe et l'addition des substances nutritives indispensables sur le champ même, sans qu'il soit nécessaire de construire une usine d'engrais. Cette technique d'exploitation travaille d'après la méthode de fraisage de Kaas modifiée et adaptée par K.H. Richard, expert de l'ONUDI. Parallèlement aux prélèvements de tourbe, nous avons aussi pris des échantillons de profils de sol dans les plantations de thé situées dans les environs de la tourbière, notamment à des sites où le thé venait bien et à d'autres où il présentait des carences sévères. Ces études de sol ont apporté des renseignements précieux sur les besoins de fertilisation des sols en place.

Les analyses de sol et de tourbe et les besoins en substances nutritives constatées sur les plantes cultivées ont servi de base au calcul des engrais à ajouter par quantité de tourbe prévue à l'hectare, son application couvrant ainsi également les besoins en substances nutritives pour une période de végétation, exception faite d'un chaulage complémentaire éventuellement indispensable. Cela est valable autant pour l'apport de substances nutritives essentielles que pour l'apport de substances oligo-nutritives aux sols, examinés et à d'autres sols analogues fréquemment rencontrés au

Burundi. Cet engrais couvre un certain besoin de base des sols en humus et en substances nutritives, besoin qui serait à compléter de cas en cas par une deuxième application conforme aux analyses spécifiques de sol. Pour assurer une information fondée des exploitations, l'expert propose l'institution d'un service de consultation auprès de l'ISABU. Ce service pourra effectuer les analyses indispensables servant de base à la consultation dans le laboratoire déjà installé d'après les méthodes d'étude de sol introduites par l'expert.

Table des matières

	<u>Page</u>
<u>Résumé</u>	3
I. <u>Introduction</u>	
1. Etat des sols	7
2. Tourbe pour l'amélioration des sols	7
3. Tourbe pour la production d'énergie	8
4. Activité de l'expert au Burundi	8
II. <u>Résultats</u>	
1. Sols	
Evaluation générale	9
Prélèvements et analyses du sol	10
Conséquences	13
Service de consultation	13
2. Tourbières et tourbe	
Formation des tourbières	14
Tourbières visitées a) Ijenda	15
b) Kuruyange	16
c) Kashiro	16
3. Projet d'essai dans la tourbière Kashiro	
Prélèvement d'échantillons et analyse de la tourbe	18
Evaluation	18
Extraction de la tourbe et production d'engrais	19
Additifs d'engrais et coûts	20
Engrais produits à partir de matières premières du pays	21
IV. <u>Recommandations</u>	23
<hr/>	
Bibliographie	25
Annexe	26



I. Introduction

1. Etat des sols

La forte acidité et la faible teneur en humus et en substances nutritives des sols du Burundi, surtout dans les couches plus profondes, sont imputables en partie au sous-sol géologique (vieille roche faiblement basique) et en partie à l'intense désagrégation tropicale et à la forte ablation des substances nutritives. Lorsque le pays était encore boisé, le cycle naturel des substances nutritives assurait un apport constant suffisant de matières organiques pour la formation de l'humus. A la suite du déboisement - 2,5 % seulement du pays sont actuellement encore couverts de forêt - l'érosion, la perte d'humus et de substances nutritives ont exercé un effet catastrophique transformant les sols vierges, fraîchement défrichés, en mauvais profils de sol à faible productivité, ce qui se traduit par une forte baisse de rendement et peut finalement conduire à la formation de latérite avec tous ses inconvénients, si l'on ne prend pas de contre-mesures. Ainsi, les plantations de légumes, de café, de thé, etc. présentent déjà les symptômes d'une carence en substances nutritives qui objectivent la cause de la baisse de rendement.

2. Tourbe pour l'amélioration des sols

L'expansion démographique (2,17 % par an) commande non seulement le maintien de la productivité des sols, mais aussi leur amélioration afin d'assurer l'alimentation de la population. L'objectif assigné au projet était donc d'étudier la possibilité d'augmenter la teneur en humus et d'améliorer l'absorption de l'eau et des substances nutritives dans les sols à l'aide d'un engrais composé organo-minéral (tourbe engrais) pour créer ainsi des conditions plus propices à une haute production de plantes, d'autant plus qu'une irrigation est impossible ou seulement mise en jeu dans des cas particuliers (riz). Les engrais minéraux hydrosolubles généralement employés sont facilement éliminés du sol pendant la saison des pluies et aussi plus rapidement soumis à une fixation (phosphore par exemple). La liaison avec la substance organique de la tourbe (adsorption et plus grand pouvoir de rétention d'eau) améliore l'utilisation de l'engrais inclus et ipso facto, pour une même dose, le rendement du sol. Cela est autant nécessaire à l'alimentation de la population qu'à la production de produits à l'exportation, tels que café, thé, plantes médicinales, etc...

3. Tourbe pour la production d'énergie

La tourbe permet donc de maintenir et d'améliorer la fertilité du sol et d'élargir ainsi, à long terme, la base nutritive de la population du Burundi. Rien ne pouvant remplacer la tourbe dans la conservation et l'amélioration des sols, il faut, dans ce contexte, se poser sérieusement la question de savoir dans quelles limites la tourbe extraite pourra s'utiliser pour la production d'énergie, si cet emploi risque de détruire définitivement la dernière réserve dont le pays dispose. En effet, le peuplement forestier du pays a pratiquement été décimé au cours des dernières décennies pour la production d'énergie, sans qu'on ait découvert à ce jour des ressources de charbon. A l'avis de l'expert, les tourbes moins décomposées devraient être utilisées exclusivement à l'amélioration des sols, alors que les grandes réserves de tourbe fortement décomposées seraient surtout mises en jeu pour la production d'énergie, sans oublier toutefois les aspects écologiques: un drainage plus poussé de ces tourbes peut modifier d'une manière soutenue et déterminante le climat et le bilan écologique du pays.

4. Activité de l'expert au Burundi

Durant son séjour relativement court au Burundi (17.8. au 8.9.1979, soit 23 jours), l'expert a tout d'abord pris contact avec les ministères et services de tutelle en vue d'établir une base de coopération commune. Il a ensuite visité différentes tourbières et cultures de plantes utiles. L'expert a ainsi eu la possibilité d'étudier les rapports entre la géologie, la topographie, la pédogénèse, la culture des sols et le développement des plantes et de prélever des échantillons de sol et de tourbe qui ont été analysés entre-temps. Ces travaux ont été très activement soutenus par l'ing. Ruston qui a non seulement établi les contacts nécessaires, mais aussi organisé et entrepris lui-même les voyages qui, sans connaissance précise des lieux, auraient demandé beaucoup plus de temps. Parallèlement à ces informations et sondages, l'expert s'est procuré et a étudié les publications encore assez parcimonieuses sur les bases de production du pays. Une liste des plus importantes publications disponibles est annexée. Une partie de l'activité a été consacrée à l'information sur les engrais importés et leur emploi ainsi qu'à l'étude des matières premières locales susceptibles d'être utilisées pour couvrir les besoins des sols en substances nutritives et pour servir à la production d'une tourbe minéralisée composée.

II. Résultats

1. Sols

Evaluation générale: Au cours d'un entretien, Monsieur Sottiaux (ISABU), a informé l'expert que ce service avait déjà procédé à une étude géologique de la majorité des régions du Burundi, mais que peu de cartes ont été publiées à ce jour. A l'exception de différents bas-fonds (par exemple au nord de Bujumbura), les sols du Burundi sont dans la règle acides à fortement acides (pH/CaCl₂, 3,5 à 5,0) et renferment peu de substances nutritives. Sur le sous-sol faiblement basique (porphyre, gneiss, granite, quartzite, schiste micacé et autres) se forment des latosoles (= sols ferrallitiques d'après D'Hoore) et des latosoles latéritiques qui contiennent trop peu d'humus, et de substances nutritives essentielles et oligo-nutritives, surtout dans les couches profondes. En outre, ils fixent du phosphore. Leur pouvoir d'adsorption est réduit, l'argile formé étant de la kaolinite possédant une faible affinité vis-à-vis des substances nutritives. Les bons latosoles (ferrisol) sont perméables et peuvent encore absorber une certaine quantité d'eau et de substances nutritives en raison de leur teneur en matières organiques. Les mauvais (ferralsol) sont plus fortement acides et pauvres en substances nutritives. Des horizons illuviaux se forment assez fréquemment aux endroits à enrichissement de kaolinite (kaolisole). Des études de profil s'avèrent indispensables dans tous les cas pour définir l'enracinement des plantes et évaluer exactement la diversité des sols. La coloration rouge des sols des régions montagneuses plus basses est remplacée par des tons jaunâtres à des altitudes plus hautes. La teneur en humus augmente généralement, alors que la fixation du phosphore diminue. Mais aussi les plantations de thé et de café situées dans des régions plus hautes présentaient très souvent des symptômes de carence en substances nutritives (P, K, S, Mn, Zn, etc.) influençant fortement le rendement et la qualité.

Prélèvements et analyses du sol:

Pour pouvoir étudier de plus près la nature et la teneur disponible en substances nutritives de quelques sols plantés de thé présentant des manifestations carencielles, nous avons procédé à des prélèvements de sols à Misakura et à Makanda situés dans les environs d'Ijenda. Les échantillons proviennent de deux profils de sol, sous culture de thé à croissance normale et sous culture de thé à croissance déficiente. Les spécimens ont été forés à l'aide d'un engin mis à notre disposition par Monsieur Rossius de l'ONATOIR qui s'occupe des plantations de thé. Nous avons donc prélevé au total 12 échantillons de sol, 6 provenant de deux profils de sol de Misakura et 6 autres de deux profils de sol de Makanda. Les spécimens ont été pris respectivement dans des profondeurs de 0 à 30 cm, 30 à 60 cm et 60 à 90 cm. L'analyse a été effectuée en RFA et les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux ci-après (1a et 1b).

Tableau 1a

Résultats des études de 2 profils de sol - Plantation de thé Misakura

Comparaison des emplacements à bon et à mauvais développement du thé

a = peuplement sain b = plantes de thé présentant les symptômes d'une carence en substances nutritives

No.	Profondeur de profil cm	pH/CaCl ₂		Poids volum. (g/l)				Sels hydrosolubles (g/l)		Perte par calcination % mat. sèche		Quantités de substances nutr. disp. (mg/l)					
		a	b	frais		sec		a	b	a	b	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
				a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	0-30	4,1	4,8	870	950	667	749	0,19	0,19	30,7	23,3	20	15	9	10	17	19
2	30-60	4,2	4,7	920	1000	667	667	0,10	0,64	26,9	22,7	10	10	9	10	9	10
3	60-90	4,1	4,2	980	990	680	714	0,16	0,17	21,7	21,1	10	10	10	10	10	10

No.	Quantités de substances nutritives disponibles (mg/l)													
	Mg		Fe		Mn		B		Cu		Mo		Zn	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	9	84	82	71	4,1	4,0	0,73	1,11	0,6	0,6	0,03	0,02	0,8	0,9
2	6	32	88	36	1,6	1,6	0,57	0,62	0,5	0,6	0,03	0,05	0,6	0,4
3	7	4	-	59	1,4	0,9	0,26	0,78	0,9	0,3	0,04	0,05	0,6	0,3

Tableau 1b

Résultats des études de 2 profils de sol - Plantation de thé Makonda

Comparaison des emplacements à bon et à mauvais développement du thé

a = peuplement sain b = plantes de thé présentant les symptômes d'une carence en substances nutritives

No.	Profondeur de profil cm	pH/CaCl ₂		Poids volum. (g/l) frais				Sels hydrosolubles (g/l)		Perte par calcination % mat. sèche		Quantités de substances nutr. disp. (mg/l)					
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
1	0-30	4,2	4,3	1210	960	1053	758	0,15	0,29	18,0	15,3	10	45	10	10	109	10
2	30-60	4,2	4,2	1160	840	966	596	0,16	0,11	18,3	25,7	15	15	12	8	70	8
3	60-90	4,2	4,5	1180	1080	929	828	0,32	0,16	23,9	16,2	10	10	12	11	35	11

No.	Quantités de substances nutritives disponibles (mg/l)															
	Mg		Fe		Mn		B		Cu		Mo		Zn			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
1	64	15	158	96	14,7	3,5	1,23	0,40	1,8	0,6	0,07	0,04	0,8	0,6		
2	77	5	153	58	18,9	0,9	1,04	0,33	2,0	0,7	0,09	0,03	1,0	0,5		
3	51	27	101	29	5,5	1,2	0,86	0,51	2,0	0,6	0,05	0,02	0,7	0,4		

Conséquences: La comparaison des valeurs d'analyse obtenues de sols sous plantes malades et saines permet de définir la cause de la maladie ou du développement déficitaire. Le mauvais emplacement de Misakura était plus pauvre en humus et présentait une quantité plus faible d'azote et de fer disponible. Mais aussi la teneur en magnésium et en bore absorbable était fortement abaissée. D'après les résultats, le sain développement des plantes observé sur le bon habitat de Makanda est certainement imputable à l'apport nettement meilleur de potassium, magnésium, fer, manganèse, bore, cuivre, zinc et molybdène - dans les deux cas, l'emploi d'un engrais organique mixte correctement composé aurait guéri le peuplement et probablement aussi influencé très favorablement le développement des plantes sur les parcelles évaluées positivement. La mise en jeu judicieuse d'un engrais organique composé adapté au sol supprime non seulement la carence en substances nutritives, mais permet aussi d'améliorer à la fois le rendement et les qualités. La déclaration du planteur de thé de Teza est très évocatrice dans ce contexte: une excellente qualité de thé suppose un apport harmonique de substances nutritives à la plante.

Service de consultation

Une culture optimale de plantes englobe toute une série d'autres mesures d'entretien de sol, comme mise en état du sol, éventuellement ameublissement en profondeur, drainage, couvertures de sol fixant l'azote, irrigation pendant la saison sèche, coupes adéquates, protection des plantes, etc..., même si la priorité revient actuellement à l'apport d'engrais minéraux et d'humus. Il faut tenir compte des conditions locales qui varient fortement, comme nous l'avons vu plus haut, si l'on veut obtenir un effet optimal. Arriver à un résultat à longue vue, implique donc non seulement l'observation des plantes, notamment de leurs troubles nutritifs, mais aussi des études de sol, éventuellement des analyses de plante. Ces études de sol devraient s'effectuer dans le laboratoire nouvellement équipé de l'ISABU d'après les méthodes d'analyse recommandées par l'expert. Pour assurer un travail efficace, il convient en plus d'instituer un service de consultation doté de spécialistes qualifiés chargés de donner les instructions sur les prélèvements de sol, de dépouiller et de vulgariser les résultats. Deux autres agents seraient encore nécessaires: l'un

d'eux s'occuperait de l'évaluation des sols et des mesures de fumure à appliquer dans le pays entier, alors que l'autre prendrait en charge les exploitants, notamment sur le plan des mesures culturales, comme semis, culture de plantes, protection des plantes, coupe, irrigation, etc... Le deuxième agent pourrait aussi effectuer des essais pratiques: nouvelles variétés, meilleures mesures de travail des sols, nouveaux engrais, essais d'aptitude portant sur des engrais fabriqués dans le pays, etc. Ces experts devraient aussi se tenir au courant de la bibliographie étrangère pour permettre au pays de bénéficier des progrès réalisés ailleurs.

Il ne suffit pas de produire un engrais minéral composé en quantités suffisantes, il doit être aussi d'un prix abordable pour l'exploitant et être correctement utilisé par ce dernier. L'expérience acquise en Europe prouve qu'une mise en jeu judicieuse ne s'obtient que par une vulgarisation scientifique fondée très proche de la pratique quotidienne. Comme il ressort de différentes publications de la FAO, on a, certes, procédé à ce jour à un certain nombre d'essais de fumure, mais sans les études de sol indispensables tant pour ces essais que pour l'interprétation des résultats. Par ailleurs, les consultations ne devraient pas se limiter à l'emploi des engrais, mais viser une information culturelle générale, comme nous l'avons déjà indiqué plus haut.

2. Tourbières et tourbe

Formation des tourbières: Les tourbières du Burundi doivent leur formation à une accumulation d'eau dans les sillons d'érosion des régions montagneuses et à une large saturation hydrique dans les plaines d'inondation du nord. Malgré le climat tropical, le manque d'oxygène a inhibé ici la dégradation de la substance organique. La faible teneur en base a agi dans le même sens. La première description des tourbières du Burundi et des plantes qui ont participé à leur formation est certainement due au botaniste belge Paul Deuse. Il a également donné des indications sur l'extension et la profondeur des tourbières ainsi qu'une estimation des réserves de tourbe.

Les tourbières des régions montagneuses sont seulement d'une surface et d'une profondeur plus importante à partir d'une altitude de 1600 m, où la dégradation microbienne s'est effectuée plus lentement en rai-

son des températures plus basses. Plus bas, on rencontre essentiellement des tourbières peu profondes, riches en cendres, dont l'exploitation n'est pas intéressante, mais qui représentent des surfaces précieuses pour la culture maraîchère, haricots et autres plantes utiles, surtout en saison sèche, à drainage plan, parce qu'elles donnent de bons rendements, même sans irrigation. Un grand essai de culture de thé dans une telle tourbière plate, à proximité de l'usine de thé Tora, a présenté d'importants déficits au moment de la visite qui ont été provoqués par un trop fort drainage. La tourbière était "épuisée" et les fossés de drainage effondrés sur les côtés - preuve qu'une certaine prudence s'impose quand on effectue des mesures de drainage dans ces tourbières, si l'on veut réussir et éviter des dégâts écologiques.

Tourbières visitées: Pendant son séjour au Burundi, l'expert a visité une tourbière de 25 ha près d'Ijenda, la tourbière de Kashiro déjà drainée pour l'extraction de tourbe combustible et la tourbière Kuruyange également déjà drainée près de Gisozi (35 ha environ). Des échantillons ont été prélevés dans les deux premières tourbières en vue d'analyser la tourbe qui semblait convenir à la production d'une tourbe minéralisée mixte. Une partie des grandes tourbières de papyrus situées dans le nord a seulement été visitée dans le cadre d'une courte excursion. L'extraction de cette grande réserve de tourbe pourrait s'avérer difficile, car il s'agit de tourbières subhydriques dont l'exploitation appelle d'autres techniques et dont le drainage ne se recommande pas pour des raisons d'ordre écologique.

Nous avons prélevé des spécimens; jusqu'à une profondeur de 2 m, de la tourbière située au-dessous du lycée de la mission Ijenda. Cette tourbière se compose essentiellement de carex et n'a été ni drainée, ni exploitée à ce jour. Rossius a employé la tourbe avec succès dans son propre jardin. Les valeurs obtenues à l'analyse de cette tourbe figurent dans le tableau 2. La tourbe fraîche a une couleur havane et présente des éléments structurels encore bien reconnaissables. En séchant, l'oxydation lui confère une couleur brun

foncé, mais elle reste humectable même à l'état séché, et semble convenir à la production d'engrais. La valeur pH/CaCl₂ se situe à 3,6, les quantités de substances nutritives (N, P, K) et la teneur en sels hydrosolubles sont minimales. La perte par calcination de l'ordre de 69 % traduit une teneur relativement haute en cendres probablement due à l'illuviation de sols minéraux. Dans l'ensemble, ce matériau pourrait être extrait et utilisé dans les proches environs de la tourbière.

Tourbière Kuruyange (près de Gisozi)

Bien que déjà drainée, cette tourbière initialement destinée à la production d'engrais semble peu convenir à cette fin, la tourbe en place étant pénétrée de racines tubulaires de jonc jusqu'à une profondeur de plusieurs mètres qui lui confèrent un aspect de paille. Le reste du matériau tourbeux est très fortement décomposé; il devient charbonneux au séchage et se laisse difficilement humidifier. La tourbière est particulièrement dure et sèche en son milieu (ligne de partage des eaux), moins sur les côtés. La transformation de la tourbe en engrais serait fortement gênée par les résidus des racines empêchant une production régulière. En séparant ces derniers lors de la production de tourbe combustible, on pourrait très bien les utiliser pour le "mulching" des sols de plantation. Nous n'avons pas prélevé d'échantillons de la tourbière Kuruyange, d'une part parce qu'un employé s'y est opposé et d'autre part parce que la tourbe en place semble peu convenir à l'emploi projeté.

Tourbière Kashiro

En visitant la tourbière déjà drainée de Kashiro, située au nord-ouest d'Ijenda, dont la tourbe doit servir à la production d'un engrais composé organo-minéral, l'expert a constaté une couche tourbeuse de 50 cm, riche en fibres, moins décomposée, semblant convenir à la fin prévue. Elle se laissera au mieux exploiter par la technique de fraisage qui n'influence pas l'extraction de tourbe combustible à partir des couches plus profondes et plus fortement décomposées. Il faudra seulement aplanir préalablement les surfaces déjà aménagées

Tableau 2

Résultats des études de tourbe

No.	Origine de la tourbe	pH/CaCl ₂	Poids volumétrique (g/l)		Perte par calcination % mat.sèche	Sels hydro-solubles g/l	Quantités de sub. nutr. disp.			
			frais	% mat. sèche			N mg/l	P ₂ O ₅ mg/l	K ₂ O mg/l	
I	Ijenda profondeur 50 à 100 cm	3,6	503	30,5	153,4	69,1	0,15	25	5	10
III	Kashiro profondeur 25 à 65 cm	4,3	510	53,0	270,3	64,4	0,58	85	10	26
IV	Kashiro couche très fibreuse	4,2	680	37,0	251,6	70,6	0,20	20	7	7
V	Kashiro SO profondeur 150 à 200 cm	3,3	460	23,3	107,2	93,9	0,13	30	5	28
VI	Kashiro NE niveau eau de fond	3,8	610	20,3	123,2	92,8	0,08	5	6	31
VII	Kashiro 100 m NE de VI	3,5	610	27,0	164,7	82,9	0,13	20	6	24

pour lancer l'extraction de la tourbe par fraisage sur les 5 ha actuellement prévus. A côté des qualités de la couche tourbeuse considérée, le choix de l'emplacement Kashiro est favorable, l'engrais organo-minéral produit sur place dans une usine-pilote pouvant être utilisé directement dans les proches plantations de thé d'Ijenda, donc sans entraîner d'importants coûts de transport.

3. Projet d'essai dans la tourbière Kashiro

Prélèvement d'échantillons et analyse de la tourbe

L'étude des spécimens prélevés à 5 endroits différents et à des profondeurs variées de la tourbière a donné les résultats consignés dans le tableau 2 (III - VII). La tourbe est déjà un peu plus fortement décomposée, probablement aussi à la suite du drainage. Les deux meilleurs échantillons (V et VI) présentent des poids volumétriques de respectivement 107 et 123 g matière sèche par litre et des pertes par calcination de 94 et 93 %. Les autres sont plus lourds (poids volumétriques de 164 à 252 g par litre) et plus pauvres en substance organique, ce qui est dû à une proportion minérale plus forte du sol. La valeur pH/CaCl₂ varie entre 3,3 et 4,3, la teneur en sels hydrosolubles entre 0,08 et 0,20 g/l - dans un seul cas seulement, nous avons trouvé 0,58 g/l, une valeur trop haute s'expliquant en partie par une teneur plus grande en substance minérale.

Evaluation

En raison du degré de décomposition relativement haut (H 6 à 8), la réhumidification de la tourbe minéralisée mixte prête à l'emploi peut présenter des difficultés après l'épandage, surtout à la suite du séchage intense que l'on peut prévoir dans les sols s'échauffant fortement. L'étude des échantillons envoyés en RFA montrera dans quelle mesure on pourra pallier cette difficulté par des additifs particuliers à l'engrais.* L'inclusion de substances nutritives dans les grains durs de l'engrais représente en soi-même un avantage, leur ablation rapide étant ainsi empêchée et les plantes peuvent mieux les absorber en raison de la lente diffusion. On obtient de cette manière un effet retard sans pour autant pouvoir renoncer à une réhumidification progressive. Le traitement de la tourbe noire diffère fortement entre l'Afrique et

* Une voie semble prometteuse, mais doit encore être examinée attentivement par l'expert avant le lancement du projet Kashiro (voir page 23).

l'Europe où le gel hivernal ameubli la substance organique qui n'est pas non plus soumise au séchage intense pouvant conduire en Afrique centrale à une coagulation colloïdale irréversible (carbonisation).

Extraction de la tourbe et production d'engrais

L'exploitation d'une couche tourbeuse de 50 cm sur une surface de 5 ha donne théoriquement 25.000 m³ de tourbe. Même si les pertes dues à la récolte, au retrait et à d'autres circonstances n'autorisent en saison sèche qu'une production d'engrais équivalant à 50 %, cette quantité suffirait largement pour une surface culturale de l'ordre de 250 à 500 ha. La quantité de tourbe minéralisée composée à appliquer par hectare est fonction du sol et de la nature de la culture. Il faut prévoir, dans la règle, 25 à 50 m³/h qui doivent contenir les substances nutritives dont a besoin le sol ou la plante. Dans le cas de plantes largement écartées, l'engrais s'épand de préférence au niveau de la couronne.

Il est prévu d'exploiter la couche tourbeuse décrite par la technique de fraisage d'après Kaas, 2 cm sont ameublés à chaque passage de la machine et ensuite réunis et ramassés après séchage. Pour plus de détails voir l'expertise de Monsieur l'ing. K.H. Richard, deuxième expert allemand de l'ONUDI, qui a adapté la méthode au projet considéré. Un aplanissement soigneux de la surface exploitée s'impose avant le premier passage de la fraise, de même que l'épandage régulier au moyen d'un outil spécial d'une quantité exactement dosée de chaux et d'engrais, y compris substances oligo-nutritives, qui est mélangée à la tourbe lors du fraisage, du retournement et du ramassage ultérieur. Cette nouvelle technique, qui n'a pas encore été mise en jeu en d'autres endroits, évite la construction d'une usine d'engrais où la tourbe extraite est mélangée aux additifs nécessaires.

Ce travail de fraisage devra s'exécuter en première ligne pendant la saison à faibles précipitations, c'est-à-dire entre juin et septembre, éventuellement encore pendant la courte saison sèche en décembre. La couche épaisse de 2 cm est fraisée soit le soir, soit tôt le matin, et peut déjà être ramassée et acheminée après un jour de séchage. On obtiendrait ainsi 200 m³ de tourbe minéralisée composée par jour et

par hectare, sous réserve de disposer de la main-d'oeuvre et de l'équipement mécanique requis. 1 m³ correspond à 350 kg environ, soit une récolte journalière de l'ordre de 70 t. Une surface culturale de 5 ha donnerait donc théoriquement 1000 m³ ou 350 t - pour plus de détails sur l'équipement technique, les machines et engins et leurs coûts, les opérations et l'apprentissage de la main-d'oeuvre locale voir le rapport de l'ing. Richard.

Il nous incombe encore de donner les indications sur les additifs indispensables à la tourbe. Nous nous fondons ici sur les études de sol, les analyses de tourbe et en partie aussi sur les symptômes carenciels constatés sur les plantes et les besoins des plantes cultivées. Pour assurer une fumure optimale dans le cas spécial, il faut adapter cette dernière aux besoins locaux. C'est ici qu'interviendra le service de consultation mentionné plus haut. Un essai complémentaire serait particulièrement utile à cette fin. Pour la production de la tourbe minéralisée composée, on peut toutefois recommander une formule générale qui représente une base solide pour une amélioration efficace du sol et pour une nutrition correcte des plantes. Dans le cas spécial, il faudrait compléter par un engrais de couverture.

Additifs d'engrais

Pour les plantations de thé situées à proximité de la tourbière Kashiro, dont nous avons analysé les profils de sol, on pourrait envisager les additifs suivants en épandant 50 m³ de tourbe minéralisée composée par ha; il faut ajouter par m³ (= 350 kg):

Additif:	= quantité pure de substance nutritive
4,0 kg de carbonate de calcium	= 2.000 kg de CaO
3,0 kg d'urée	= 1.760 kg de N
4,0 kg de phosphate mono-ammoniacal	= 2.000 kg de P ₂ O ₅
2,4 kg de sulfate de potassium	= 1.200 kg de K ₂ O
0,2 kg d'engrais de substances oligo-nutritives	

Pour extraire 100 m³ de tourbe sur 1 ha en un passage de fraise*, il faut donc épandre $15,6 \times 100 = 1.560$ kg d'engrais (approximativement 14 dt) par ha de surface de tourbière, qui sont soigneusement mélangés lors du séchage et se récoltent ensuite sous forme de tourbe minéralisée composée prête à l'emploi. Ce mode de travail suppose un transport bien organisé des engrais nécessaires, mais épargne la production séparée de l'engrais composé dans une usine. La simple fumure des cultures de pleine terre parallèlement à l'extraction de la tourbe n'est pas aussi favorable, car l'ablation serait plus forte et l'utilisation des substances nutritives plus faible. On peut aussi employer à la place des engrais simples un engrais complet approprié contenant les oligo-éléments, mais ce dernier n'était pas disponible pendant la visite de l'expert.

Nous n'avons pas pu déterminer le coût exact des engrais. Leur prix a certainement augmenté ces derniers temps. D'après les indications de Monsieur Jeandrain, expert de la FAO, 1 kg d'engrais N, P et K coûte entre 30 et 40 francs Burundi. En admettant un prix de 35 francs Burundi, les coûts des engrais se monteraient à $9,4 \times 35 = 329$ francs Burundi par ha, sans substances oligo-nutritives et sans chaux, soit à 16.450 francs Burundi par ha ($\times 50$). L'emploi d'un engrais complet adéquat doit encore permettre d'abaisser les frais d'achat et les coûts de l'épandage, comme il ressort de plusieurs entretiens tenus avec Mr. Jeandrain et Mr. Ritter des Ets. Höchst (Coll-Chemie).

Il faudrait employer de la chaux dolomitique pour augmenter en même temps l'apport de magnésium. Cette chaux est disponible dans le pays. Mais la quantité de chaux additionnée ne suffit pas au chaulage d'un sol fortement acide; il faudra recourir à un chaulage supplémentaire dont l'importance sera fonction de l'étude de sol (déterminations des besoins en chaux).

Engrais produits à partir de matières premières du pays

L'expert a aussi étudié la question de savoir si les engrais minéraux importés nécessaires pour la production de la tourbe minéralisée composée peuvent être remplacés par des matières premières du pays. Les phosphates minéraux découverts récemment à Matonga peuvent être utilisés pour couvrir les besoins en phosphore, mais ils ne sont pas

* Couche de 1 cm de profondeur après déduction des pertes par retrait et récolte.

encore exploités. La chaux peut être obtenue à partir de la muscovite et du feldspath potassique dont l'ing. Katjan, UNDP, a prélevé des échantillons qu'il a partiellement aussi expansés. Dans les deux cas, il s'agit de matières premières qui doivent être traitées avant leur utilisation à titre de fumure. L'expert a prévu de procéder à ces études en Allemagne, mais doit encore en recevoir l'ordre. Le phosphore minéral meuble finement moulu se dissout très bien par stockage avec de la tourbe acide humide, comme l'expert a pu le montrer en RFA. La même chose pourrait être valable pour le mica blanc (muscovite) expansé, finement moulu et pour le feldspath potassique préalablement traité. Dans le cas de la muscovite, on peut prévoir aussi une augmentation de la mise en réserve des substances nutritives (capacité d'échange cationique) par amélioration du pouvoir d'adsorption, une constatation importante surtout pour les latosoles du Burundi. Les travaux de développement d'un mois, que l'expert prévoit en RFA, comprennent entre-autres des expériences sur l'amélioration de l'humidification de la tourbe après séchage intense et des essais de germination visant à contrôler sa teneur en substances phytotoxiques, essais indispensables si l'on veut obtenir à partir de la tourbe du Burundi des substrats pour la culture de bois, de plantes de thé, de café, de fruits et de légumes.

Il n'est pas encore possible de répondre définitivement à la question de savoir si l'on pourra remplacer les engrais azotés importés par des produits de déchet, comme la farine de corne torréfiée, le sang desséché, les déchets d'abattoir, la farine de poisson, les germes de malte et autres. Les perspectives sont mauvaises, les quantités étant trop faibles et déjà traitées par d'autres, par ex. par les Ets. Kunze qui produisent entre-autres de la farine de corne torréfiée et de la farine d'os. La culture de légumineuses fixant l'azote comme couverture de sol ou culture dérobée semble plus prometteuse. De cette manière, on pourra fortement réduire la fertilisation minérale supplémentaire.

III. Recommandations

Avant le lancement du projet Kashiro portant sur la production en grand d'une tourbe minéralisée composée, l'expert devra procéder en RFA à différentes études sur les échantillons de tourbe prélevés: réhumidification après séchage intense, teneur en substances phytotoxiques et possibilité de recourir à des matières premières d'engrais disponibles dans le pays même. Cette étude demandera 1 mois de travail.

Craignant que l'exploitation en grand de la tourbe sur une surface d'essai de 5 ha et l'addition simultanée d'engrais, proposée plus haut et dans le rapport de l'ing. K.H. Richard, ne pourront plus être réalisées d'ici la prochaine saison sèche (1980), par manque de matériel, de quantités suffisantes d'engrais et d'une main-d'oeuvre qualifiée, il est suggéré d'utiliser le temps d'ici mai à juin 1981 pour effectuer les travaux de développement en RFA (ordre à donner à des experts) et pour procéder au Burundi à des essais préalables exacts plus restreints sur des surfaces de culture appropriées, essais qui porteront sur l'extraction et la transformation de la tourbe, sur l'amélioration des sols et l'effet de la fumure. Le dépouillement scientifique de ces travaux conduira certainement à des résultats précieux qui seront utilisés par le service d'essai et de consultation en voie d'installation.

Une fois les conditions requises réalisées, le projet proprement dit pourra démarrer à Kashiro en 1981. Dans le cadre de l'installation d'essai prévu, la tourbe extraite par fraisage sera additionnée des engrais nécessaires et transformée en tourbe minéralisée composée. Le mode d'exploitation et l'addition d'engrais ont été décrits dans le rapport de l'expert K.H. Richard. Ce rapport énumère aussi les machines et outils indispensables ainsi que leur coûts. Les travaux d'exploitation pourront démarrer au début de la saison sèche. L'extraction est possible de juin à septembre. Un passage de fraise sur une surface d'essai de 1 ha, à une profondeur effective de 1 cm, donne 100 m³ de tourbe minéralisée composée. Il faudra préalablement appliquer 4 dt de chaux, 3 dt d'urée, 4 dt de phosphate monoammoniacal, 2,4 dt de sulfate de potassium, 0,2 dt d'engrais renfermant les substances oligo-nutritives. Pour une production possible de 20.000 m³

pendant la saison sèche, cela correspondrait à 800 dt de chaux, 600 dt d'urée, 800 dt de phosphate monoammoniacal ou une quantité correspondante de phosphate triple, 480 dt de sulfate de potassium et 40 dt d'engrais oligo-nutritif. Ces engrais pourraient être des produits en provenance de la RFA: Radigan extra ou Flory extra qui seraient fabriqués spécialement pour le Burundi d'après les recommandations de l'expert. La mise à la disposition de ces quantités d'engrais et leur épandage régulier avant chaque opération de fraisage pose des exigences élevées à l'égard de l'organisation, du transport et du travail de la main-d'oeuvre, mais épargne par ailleurs la construction d'une usine pour engrais composés.

Si ces quantités d'engrais ne sont pas mises à la disposition en temps voulu et d'une manière régulière, on peut aussi exploiter la tourbe sans additifs et épandre séparément le chaulage et les substances nutritives essentielles et oligo-nutritives sur les surfaces cultivées. L'encapsulation des substances nutritives dans la tourbe promet toutefois un effet retard permettant une meilleure utilisation. Une fertilisation partielle, c'est-à-dire l'épandage de chaux, d'urée et de substances oligo-nutritives sur la surface de tourbe fraîchée, sera également avantageuse, car elle permet d'obtenir une meilleure structure de la tourbe et une distribution plus régulière des substances oligo-nutritives sur la surface cultivée.

L'installation d'un service de consultation, qui autorisera la mise en jeu judicieuse de la tourbe minéralisée composée et des autres engrais sur la base d'études effectuées au laboratoire de l'ISABU et à l'aide d'un personnel qualifié, semble essentielle. Ce service de consultation devra coopérer étroitement avec d'autres services et organisations, par exemple avec la FAO.

Bibliographie:

- Andrea, Bernd: Die Bodenfruchtbarkeit in den Tropen. - Verlag P. Parey, Berlin, 1965
- Baradandikanya: Synthèse de l'essai tourbe. Département de l'amélioration du milieu. ISABU, Burundi, 1er rapport, 1978
- Deuse, Paul: Contribution à l'étude des tourbières du Rwanda et du Burundi. Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale, 13e rapport, 1960-1964
- Fink, A: Tropische Böden. Verlag P. Parey, Berlin, 1963
- Frankart, R. et G. Sottiaux: Carte des Sols et de la Végétation du Burundi. 1ère Planchette Muramvya avec notice explicative de la carte des sols. Ministère de l'agriculture et de l'élevage de la République du Burundi, 1972.
- Heinemann, C., K.H. Neumann et N. Atanasiu: Die Düngung von subtropischen Kulturpflanzen-in Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung (Scharrer/Linser) 3e volume, p. 113-1258, Springer Verlag, Vienne, 1965.
- Jeandrain, U.: Rapport interimaire au gouvernement de la République du Burundi sur le programme engrais 1972-1976, Org. des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Bujumbura, 1977.
- Knickmann, E.: Handelshumusdüngemittel und organische Abfälle als Düngemittel.- in Handbuch der Pflanzenernährung (Scharrer/Linser), volume , p. 1400-1419 et p. 1419-1434, Springer Verlag, Vienne, 1965
- Malavolta, E., H.P. Haag, F.A.F. Mello and M.O.C. Brasil Sobr: On the Mineral Nutrition of some tropical Crops. - Int. Potash Institute, Bern, 1962.
- Ministère de la Géologie et des Mines du Burundi: Carte lithologique du Burundi. Echelle 1 : 250.000 avec notice explicative.
- Mückenhausen, E.: Bodentypen und Bodensystematik - Die Bodentypen der feuchten Subtropen und der Tropen. - in Handbuch der Pflanzenernährung (Scharrer/Linser), volume , p. 150-153, Springer Verlag, Vienne
- Overbeck, F.: Botanisch-geologische Moorkunde. - K. Wachholtz Verlag, Neumünster, 1975.
- Richards, I.R.: Réponse des cultures tropicales aux engrais dans les conditions de la pratique agricole (Analyse des résultats du programme engrais FAO - Phosphore et agriculture), Paris, sept. 1979.
- Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. - 9e éd., F. Enke Verlag, Stuttgart, 1976.
- Velpen, Cl. van der: Manuel de géographie du Burundi. - 2e édition, Editions A. de Boek, Bruxelles.

Annexe

Données climatiques de Gisozi (à proximité de la tourbière Kashiro)

Altitude: 2.155 m

	Tot.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précipitations en mm	1446	169	159	200	226	119	13	5	15	61	114	173	193
Température (°C) Moyennes	14.4	14.6	15.5	14.9	15	14.2	13.2	13	13.7	14.6	14.8	14.6	14.6

