

145

UNIVERSITE NATIONALE DU RWANDA
FACULTÉ DES LETTRES

ETUDE DE L'EROSION SOUS BOISEMENT D'EUCALYPTUS
LE CAS DES BOISEMENTS DE
KITABI, NYARUHENGERI ET MUGANZA

par
Mars NICON

Mémoire présenté pour l'obtention du
grade de Licencié en Histoire-Géographie
Mention : Géographie

Directeur : Patrick WASSMER

RUHENGERI, Juin 1983

UNIVERSITE NATIONALE DU RWANDA
FACULTÉ DES LETTRES

ETUDE DE L'EROSION SOUS-BOISEMENT D'EUCALYPTUS
LE CAS DES BOISEMENTS DE
KITABI, NYARUHENGERI ET MUGANZA

par
Mars NICON

Mémoire présenté pour l'obtention du
grade de Licencié en Histoire-Géographie
Mention : Géographie

Directeur : Patrick WASSMER

RUHENGERI, Juin 1983

Pour mes chers parents,

Pour tous ceux qui ont contribué à ma formation

Pour la Congrégation des Frères Maristes.

REMERCIEMENTS

Avant de montrer au lecteur les conclusions de nos recherches sur l'érosion sous boisement d'Eucalyptus, nous voudrions remercier toutes les personnes qui nous ont apporté leur contribution et leur soutien pour mieux mener ce travail.

Nos remerciements vont, avant tout, à Monsieur Patrick WASSMER, Professeur de Géographie à l'Université Nationale du Rwanda (U.N.R.), qui a bien voulu assumer la direction de ce mémoire malgré ses nombreuses responsabilités.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur STEBLER, Conseiller au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Direction Générale des Eaux et Forêts, pour sa large contribution dans l'élaboration de ce travail. Nous pensons notamment au financement et au matériel de mesurage qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance à Monsieur Gédéon MUNYARUGERERO qui n'a cessé d'apporter son précieux concours par ses remarques judicieuses et par le prêt de documentations et de matériel forestier.

Nous ne pouvons oublier Monsieur Joseph MVUKIYUMWAMI, Professeur à la Faculté d'Agronomie de l'U.N.R. pour les précisions qu'il a apportées dans notre étude sur les essences arborescentes et les espèces herbacées.

Nous rappellerons la serviabilité de Monsieur Fr. Xavier UTAZIRUBANDA, Professeur à l'U.N.R., Messieurs Emmanuel KANAMUGIRE et Jean Baptiste MUNYANDAMUTSA, Professeurs au Groupe Scolaire de Butare, pour tous les services qu'ils nous ont rendus pour faciliter la bonne marche de ce mémoire.

Nos remerciements vont également aux Responsables de la Station théicole de Kitabi qui ont toujours répondu à notre appel en nous fournissant des informations et en nous montrant les travaux faits sur les boisements de la région.

Que toutes ces personnes trouvent ici l'expression de notre gratitude.

0. INTRODUCTION

L'étude de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus nous a été dictée par la volonté de faire un travail qui, tout en traitant d'un phénomène de géographie physique que nous nous étions proposé, s'insère dans le cadre général des préoccupations de notre population. L'une de ses préoccupations majeures est la lutte anti-érosive.

Beaucoup de travaux ont été effectués dans ce domaine. Les campagnes anti-érosives battent leur plein partout dans le pays. Des séminaires se réunissent pour trouver des solutions concrètes. à la protection de nos sols.

L'existence et les méfaits de l'érosion sur versants sont une réalité que nul ne peut mettre en doute. Les solutions proposées pour lutter contre ce fléau sont aussi bien connues et même mises en pratique dans beaucoup d'endroits.

Nous avons jugé plus utile de faire l'étude de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus. En d'autres termes, parmi les solutions proposées pour la lutte anti-érosive, nous avons privilégié une pour en cerner l'efficacité réelle. Le combat contre l'érosion ne s'engage pas n'importe comment. Il faut trouver des armes adéquates. Comme les cultures sont soumises aux exigences climatiques et pédologiques du milieu naturel, il en est de même pour la lutte anti-érosive. Toute couverture végétale n'est pas toujours bien indiquée pour protéger le sol de tel ou tel milieu naturel. Par ailleurs, certains types de végétations peuvent, certes, protéger le sol contre les eaux de ruissellement mais, en revanche, le conduire à une dégradation telle que celui-ci devient irrémédiablement improductif.

L'étude de la formation et de la constitution du sol, la connaissance des données climatiques, ...devraient, autant que la topographie du milieu, nous dicter le genre de lutte anti-érosive à pratiquer.

Dans ce même ordre d'idées, certains types de végétations sont si répandus qu'on ne pourrait ne pas porter un certain intérêt sur leur vraie valeur "protectrice de sol". C'est le cas de l'Eucalyptus dont il va être question tout au long de ce travail.

0.1. CHOIX ET INTERET DU SUJET

L'étude de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus est une étude sur le degré d'intervention des Eucalyptus dans la lutte anti-érosive. En effet, tous les tableaux des structures de la végétation montrent que les essences arborescentes sont de bons agents contre l'ablation des sols. La question qui se pose et à laquelle nous voudrions donner une réponse dans ces pages est de savoir si les boisements d'Eucalyptus sont aussi bien indiqués pour remplir ce rôle de protecteurs des sols.

Dans un pays comme le nôtre où la configuration géographique des "mille collines" appelle constamment les effets néfastes des eaux de ruissellement, le choix des essences qui couvrent et protègent le plus efficacement les versants est de bon aloi. De toutes les essences arborescentes qui existent au Rwanda, les Eucalyptus occupent une place prépondérante si bien que la quasi-totalité des reboisements qui s'effectuent aujourd'hui sont faits d'Eucalyptus.

L'étude de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus n'est donc pas un sujet pris au hasard parmi les thèmes de cours, ni le résultat d'un heureux concours de circonstances du fait notamment que l'année en cours a été baptisée "année de l'arbre" par les autorités nationales. Il s'impose comme une réelle recherche de la meilleure préservation de notre patrimoine le plus précieux, le sol. Il veut être une des réponses à l'épineuse question de l'équilibre entre les rendements du sol et le nombre toujours croissant des consommateurs. Cette étude se veut une contribution au vaste programme de reboisement du territoire national et se place dans le cadre d'une organisation plus effective des plantations d'arbres, afin de répondre aux différents besoins en bois de chauffage et en bois d'oeuvre, tout en permettant une meilleure protection des sols.

Dans un pays où la densité de la population est la plus élevée d'Afrique (plus de 180 habitants au Km²) et où plus de 93% du revenu national viennent de l'agriculture, le problème de dégradation des sols risque d'être alarmant. Il est déjà alarmant

si on pense aux quantités de terres qui, sous l'effet des pluies, sont arrachées des collines et emportées par les cours d'eau hors du pays. Nous en avons une exhortation adressée au peuple rwandais par le Président de la République:

" La dégradation de nos sols étant surtout due à l'érosion pluviale, les recherches en cours montrent que le débit solide en suspension à Kusunjo, c'est-à-dire à la sortie du Rwanda, se situe autour de 30 kg par seconde. Ceci correspond à une perte annuelle équivalente à environ 180 ha de bonne terre cultivable et fertile. Cette perte se concrétise par le décapage des horizons supérieurs de nos sols et par conséquent dans la perte de fertilité qui s'en suit inévitablement." (1)

Pendant de longs siècles ce problème de dégradation des sols par les eaux de ruissellement se posait de façon moins accrue car le pays était alors presque entièrement protégé par la forêt naturelle. C'est avec l'intensification de la mise en valeur agricole, dénudant le sol, que celui-ci a entrepris sa longue phase de dégradation continue dont il souffre aujourd'hui, chaque jour plus douloureusement. La carte (fig.1) sur les ressources forestières du Rwanda et de ce qui en reste ne date que de 1978. Mais depuis lors des changements importants sont eu lieu, changements qui ont considérablement réduit les superficies forestières.

C'est ainsi, par exemple, qu'à cause de nouveaux immigrants venus de tous les coins du pays, la commune de Gashora, en préfecture de Kigali, qui était principalement occupée par la forêt naturelle du Bugesera n'est plus qu'un vaste territoire complètement déboisé. Vingt d'hommes il y a seulement quelques années, elle est aujourd'hui la plus peuplée du pays. Il en est presque de même pour beaucoup d'autres régions forestières.

La recherche de nouvelles terres de culture s'est doublée d'un plus grand besoin du bois de chauffage et du bois d'œuvre et la forêt ne fait que reculer davantage.

" La forêt naturelle continue à reculer devant les fronts pionniers agricoles, tandis que tous les boisements et même les savanes subissent une dégradation intense du fait des prélèvements abusifs de bois de chauffage et de bois d'œuvre." (2)

(1) Extrait du discours du Président de la République, prononcé le 7 janvier 1982 lors de l'ouverture de la première session du Conseil National de développement.

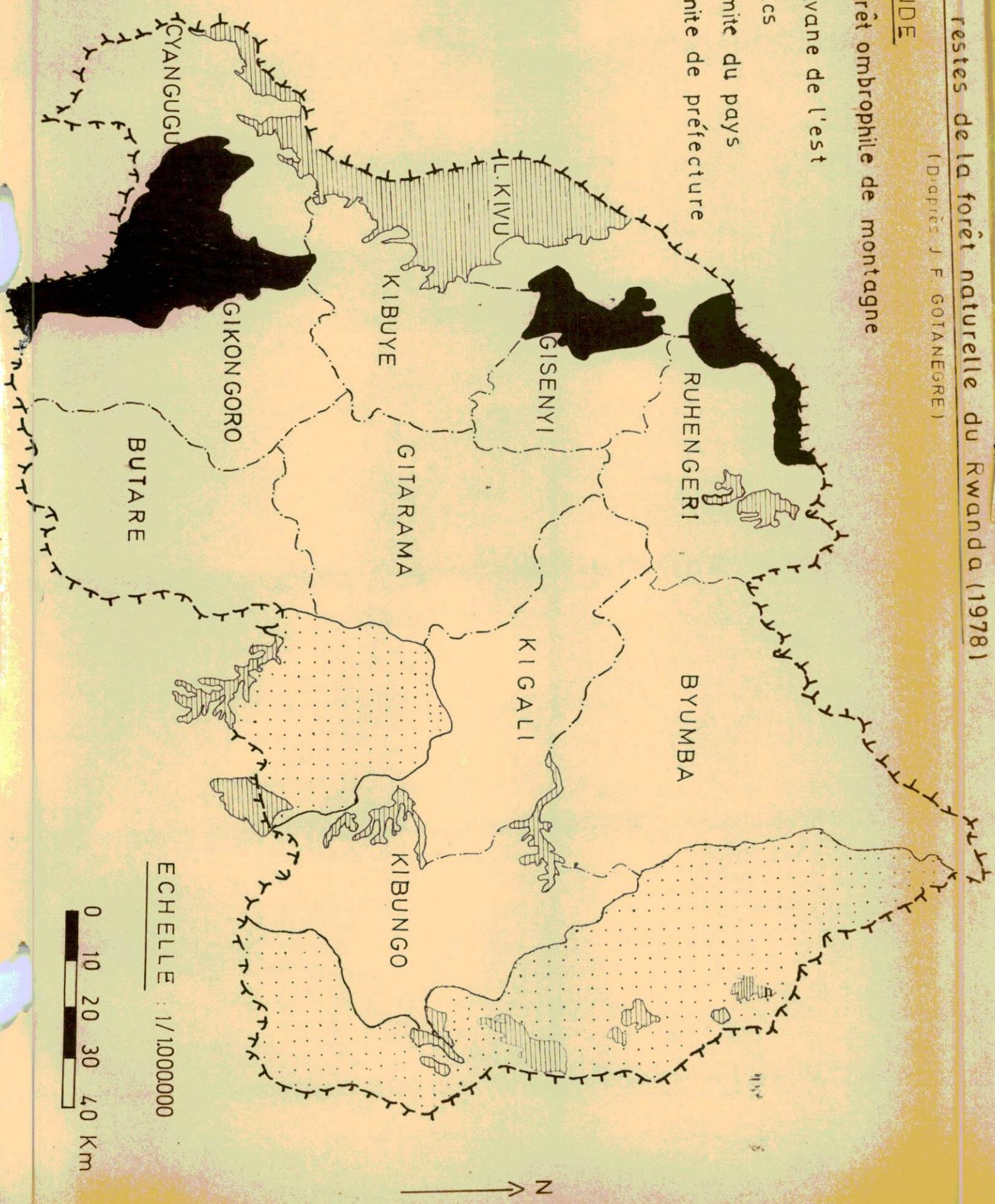
(2) P.SIRVEN, J.F.GOTANEGRE, C.PRIOUL, Géographie du Rwanda, Editions A.De Boeck, 1974, 175 pages.

FIG. 1 Les restes de la forêt naturelle du Rwanda (1978)

(D'après J. F. GOTANEGRE)

LEGENDE

- Forêt ombrophile de montagne
- ▨ Savane de l'est
- ▤ Lacs
- +— Limite du pays
- - - - Limite de préfecture



La forêt naturelle couvrait en 1982 une superficie de 148.830 ha qui se répartissaient en quatre unités suivantes:

forêt de Nyungwe:	106.450 ha
forêt de Gishwati:	25.870 ha
Parc National des Volans:	12.750 ha
forêt de Mukura:	3.760 ha.

Le taux de régression de la forêt naturelle est de 750 ha par an depuis ces deux dernières décennies.

Le tableau ci-après montre le rythme de déforestation au cours de ces deux dernières décennies.

TABLEAU I: voici en superficies les forêts détruites (ha).

Période	Nyungwe	Régions des vol.	Bugesera
1958 - 1973	14.847	17.470	1958-1975:4.325
1973 - 1979	2.140	1.335	1975-1979:63.300
Forêt subsistante en 1979	97.138	15.065	37.500

A partir de ce tableau on peut constater une évolution positive dans la sauvegarde de la forêt en ce qui concerne celle de Nyungwe et de la région des volcans. En effet de 1958 à 1973 la forêt de Nyungwe perdait en moyenne par an 1000 ha. De 1973 à 1979, elle ne perdait plus que 360 ha. La région des volcans perdait de 1958 à 1973 1.160 ha. De 1973 à 1979, elle ne perdait plus que 221 ha.

Ce phénomène s'explique par le fait qu'au cours de cette dernière décennie on doubla d'effort pour la protection de la forêt naturelle. ce ne fut pas le cas pour la forêt du Bugesera où une évolution différente s'est amorcée pendant ces dix dernières années. En effet, alors que de 1958 à 1975 la forêt du Bugesera ne perdait que 4.325 ha, c'est-à-dire en moyenne par an 254 ha, de 1975 à 1979 (4 ans) elle aurait perdu 63.300 ha, soit une moyenne annuelle de 15.825 ha.

Cette destruction accélérée de la forêt du Bugesera s'est faite à la suite d'une importante immigration de peuplement, comme il en a été question plus haut, et de la présence de la ville-capitale de Kigali en croissance rapide qui a déterminé une forte demande de matériaux de chauffage principalement sous forme

Depuis à peu près une dizaine d'années, les autorités publiques, conscientes de la nécessité des reboisements, incitèrent la population à planter beaucoup d'arbres.

La plus grande partie du temps pendant les travaux communautaires (Umuganda) fut consacrée aux reboisements.

Le premier Samedi du mois d'octobre fut institué "Journée de l'arbre" où la consigne pour tout habitant rwandais est de planter au moins un arbre.

C'est dans cette même optique que l'année 1982 fut baptisée "année de la protection du sol" et, plus concrètement, cette année 1983 est appelée "année de l'arbre".

Un département du Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage fut créé. On mit en place au cours de cette dernière décennie toute une série de projets qui avaient comme but précis, le reboisement, chacun ayant à sa charge une certaine superficie à couvrir pendant une période déterminée (10 à 20 ans).

A titre d'exemple, nous citerons le Projet Pilote Forestier (PPF) chargé de couvrir de boisements une superficie de 3.550 ha, le Projet Agro-Sylvo-Pastoral Gishwati-Kigali-Butare (18.000 ha), le Projet de conservation des sols de Ndiza (2.000 ha) et le projet de la Crête Zaïre-Nil en commune Muko-Musebeya (2.500 ha)....

Tout cela montre que la réaction devant la déforestation effrénée et la nudité des collines fut une plantation, aujourd'hui accélérée, des arbres. Les collines, les massifs montagneux, ... pour peu qu'ils soient vides d'habitat et de cultures sont sur le point d'être complètement boisés.

C'est cet enthousiasme au reboisement qui nous a déterminé à en peser, par ce travail, le bien-fondé.

Les boisements tels qu'on les pratique répondent-ils pleinement au but que nous nous proposons d'atteindre: celui de voir nos terrains bien protégés?

Les essences forestières auxquelles nous donnons une place préférentielle dans nos plantations sont-elles les mieux indiquées pour assurer une protection efficace de nos sols?

Ce sont deux questions importantes auxquelles nous allons essayer de répondre au cours de cette étude. Pour y arriver nous devons, cependant, présenter clairement le problème de l'érosion tel qu'il se pose au Rwanda et parler de l'Eucalyptus qui joue le rôle de loin le plus important en tant qu'essence principale de nos reboisements.

0.2. LIMITES DU SUJET.

Comme nous avons tenu à le préciser dans nos premières pages, nous abordons l'étude des boisements d'Eucalyptus non point dans ses divers aspects utilitaires dans la vie de l'homme comme source énergétique ou comme matériau de base de plusieurs oeuvres. Il s'agit plus exactement d'étudier l'impact des boisements d'Eucalyptus sur le milieu, sur le sol. A ce niveau, nous cherchons à traiter uniquement des influences qu'un boisement d'Eucalyptus donné peut exercer sur la strate herbacée pour entraîner sa disparition ou directement sur le sol pour arriver à son ablation.

Dans le temps nous avons limité notre sujet à des observations faites durant un peu moins d'une année (août 1982 à avril 1983). Nous avons évidemment été obligés de recourir aux travaux de chercheurs qui ont traité d'un sujet semblable avant nous dans d'autres régions du pays ou d'ailleurs.

Dans l'espace, notre sujet se limite à trois communes dans le sud du pays: lesquelles communes, par ailleurs, n'ont point été étudiées de façon exhaustive. D'autre part le manque de données précises sur l'âge, les écartements, les variétés et le mode d'entretien de certains des boisements de Nyaruhengeri et de Muganza est susceptible d'avoir amené quelques imprécisions, quelques erreurs.

Nous pensons cependant que dans l'ensemble cette étude sur une trentaine de boisements(35) peut donner lieu à une extrapolation sur d'autres dans la mesure où le boisement à étudier présente les mêmes particularités.

0.3. PRESENTATION DU SUJET

Le travail s'articule autour de trois parties qui essaient de cerner l'influence des boisements d'Eucalyptus sur l'érosion qui menace le pays.

La première partie présente les généralités sur l'érosion et la place de l'Eucalyptus dans les boisements du Rwanda.

La deuxième partie, après avoir défini le milieu dans lequel se sont effectuées les recherches, tente de montrer les réactions de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus en fonction des différentes variables que sont la localisation, l'âge, la densité, l'exposition, le sol et la valeur de la pente dans les plantations d'Eucalyptus.

La troisième partie montre l'évolution de l'érosion dans un sol non protégé par une strate herbacée après avoir présenté le milieu où s'exerce l'érosion.

PREMIERE PARTIE :

CONSIDERATIONS

PRELIMINAIRES .

PREMIERE PARTIE: CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES

I. Généralités sur l'érosion et les boisements d'Eucalyptus au Rwanda.

I.1 Le problème de l'érosion au Rwanda.

Pris dans son sens le plus large, l'érosion est un phénomène de destruction de la roche, d'enlèvement et de transport de matières. La destruction de la roche comme le transport des matières peut se faire de plusieurs façons. On parle de désintégration physique, de désagrégation mécanique, d'altération chimique... La destruction et le transport de matières arrachées à la roche aboutit inévitablement à la réduction des horizons supérieurs du sol. Nous retiendrons pour plus de clarté la définition de ROOSE, E.

"L'érosion est l'ensemble des actions externes réduisant le relief par enlèvement de matières." (1)

En fonction des agents responsables de l'érosion, on parlera d'érosion éolienne, glaciaire, pluviale.

En ce qui concerne le Rwanda, l'érosion est principalement d'origine pluviale.

"L'érosion pluviale est l'action destructrice des gouttes de pluie tombant sur un sol dont elles font jaillir les particules qui sont ensuite entraînées par le ruissellement. L'érosion pluviale joue un très grand rôle sur les sols mis en culture." (2)

Les autres agents de l'érosion ne jouent qu'un rôle très limité bien que localement, leur influence peut se faire sentir.

Il arrive souvent que pendant la saison sèche, le vent soit responsable de la dénudation des champs de leur couverture de litière et de feuilles mortes, et du décapage, imperceptible soit-il, de l'horizon superficiel du sol. Il en est de même pour l'érosion causée par les cours d'eau. Bien que leur compétence et leur turpitude soient très faibles au Rwanda, l'érosion pluviale sur les berges des rivières n'est pas complètement absente. L'évolution des méandres vers un tracé plus rectiligne en est une belle illustration.

(1) ROOSE, E, Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest: vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales.
O.R.S.T.O.M. n° 78, 1977

(2) Ibid.

Nous ne parlerons cependant que de l'érosion pluviale qui est de
de loin la plus meurtrière par son étendue et par son intensité,
Elle est aussi la seule que l'on rencontre dans les boisements:
objet de notre étude.

Appelée "isuri" dans notre langue, l'érosion est de plusieurs types.
On parle d'érosion superficielle et d'érosion de masse. L'érosion
superficielle, qui retiendra notre attention, est de loin la plus
fréquente sur un sol nu comme sous boisement d'Eucalyptus,

Au cours de cette étude, nous aurons à traiter de plusieurs facteurs
qui interviennent dans l'intensité de l'érosion sous boisement au
Rwanda. Les principaux étant la valeur de la pente, la vitesse
acquise par l'eau venant du haut du versant en abordant le terrain,
le volume et l'agressivité des pluies, la capacité du sol à infil-
trer l'eau, la couverture végétale au sol, la longueur du terrain
et les inégalités du sol.

En effet les formes de relief du Rwanda sont caractérisées par une
suite de collines accidentées.

Ses données climatiques dont la violence des pluies pendant une
grande partie de l'année est une menace constante contre les ter-
res de versant non couvertes de végétation, sont autant d'éléments
qui expliquent l'importance de l'érosion.

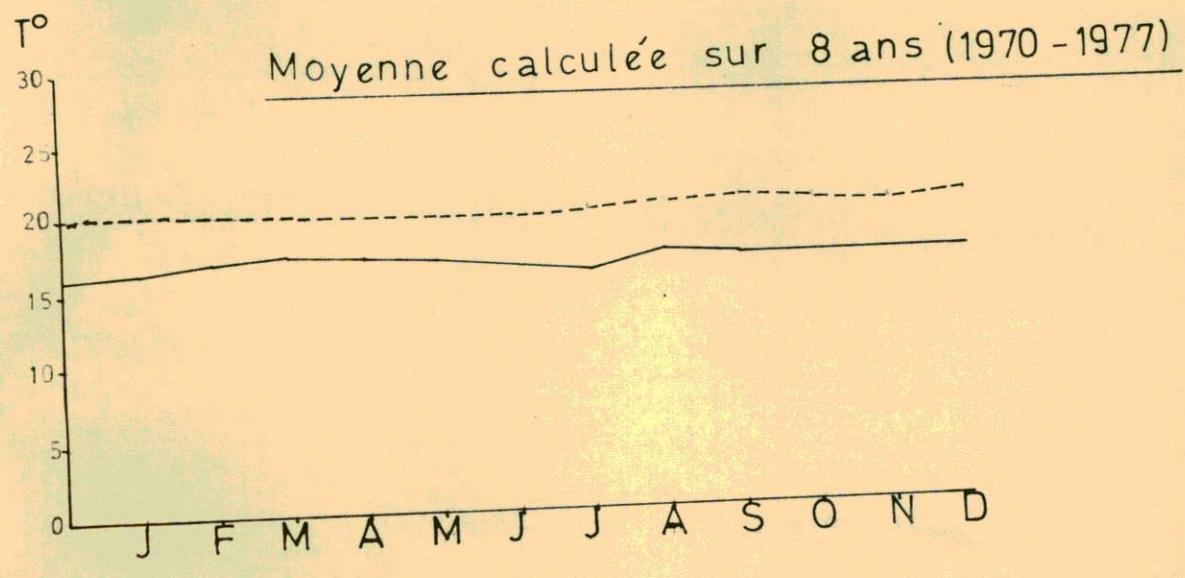
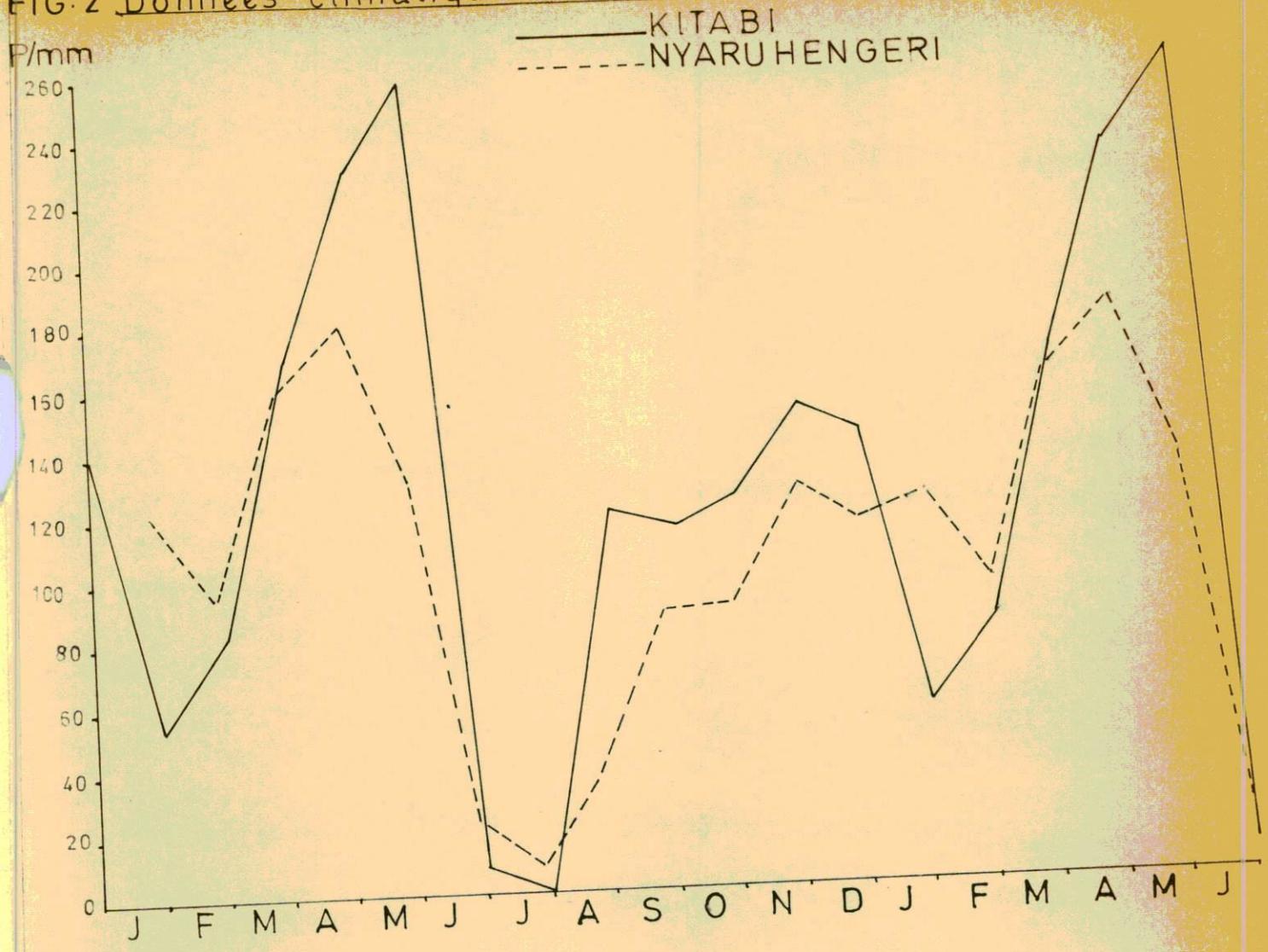
La fragilité de la plupart des sols, la faible épaisseur de leur
horizon éluvial soupires aux méthodes culturales traditionnelles,,
tout cela condamne le sol à la nudité et au ruissellement.

L'action de l'homme par le déboisement, la pratique des feux de
brousse et un mauvais assolement de ses champs (un même champ
peut être ensemencé plusieurs années de suite) a accéléré les pro-
cessus de l'érosion. Quand on y ajoute le surpâturage, la couche
superficielle du sol déjà peu épais, dénudé et durci par le ur-
piétinement des hommes et des bêtes, se prête plus au ruissellement
qu'un sol épais et meuble qui laisse pénétrer l'eau.

Dans son ensemble le sol rwandais est soumis à une dégradation
continuelle due à l'érosion, plus spécialement les préfectures de
Kibuye et de Gikongoro où l'importance de l'altitude se double d'une
grande pluviosité.

Les diagrammes ci-après montrent la pluviométrie et la température
des communes de Gikongoro sur de hautes altitudes (\pm 2.000 m) et
de Butare sur le Plateau Central (\pm 1700 m).

FIG. 2 Données climatiques: Précipitations et température



La comparaison des diagrammes montre une nette différence de pluviosité et de température entre nos deux zones d'étude. Pour une hauteur pluviométrique plus élevée (± 1.500 mm) contre une température plus basse ($\pm 16^\circ$) la région de Kitabi sera sensiblement plus humide que celle de Nyaruhengeri où une relative faible pluviosité (± 1.100 mm) s'accompagne d'une température plus élevée.

D'autres facteurs régionaux (topographie, régime des vents...) vont accentuer encore davantage les différences entre les deux régions. Nous aurons l'occasion d'en reparler quand nous aborderons l'étude plus détaillée de chacune de nos zones d'étude. Nous retiendrons cependant que la préfecture de Gikongoro, de laquelle fait partie la commune de Mudasomwa qui est une de nos zones d'étude, se place dans l'ensemble des régions du pays où l'érosion est la plus forte.

La carte de G. DELEPIERRE, Intensité de l'érosion d'après les régions agricoles, (fig. 3) montre que la potentialité à l'érosion de ces hautes terres de la Crête Zaïre-Nil, le Buberuka et la Dorsale granitique est grave. Les régions du Plateau Central, du Mayaga et du Plateau de l'Est ont une potentialité à l'érosion moyenne.

Cette différence de potentialité à l'érosion d'une région à l'autre ne fait que nuancer plus ou moins l'ampleur de ce fléau. La façon dont celui-ci est combattu s'avère elle-même très précaire. Sur l'ensemble des superficies des terres de culture, 23% seulement sont protégées. Le tableau ci-après montre les superficies de terres de culture protégées par préfecture.

TABLEAU II : Superficies des terres de cultures protégées en ha. (1)

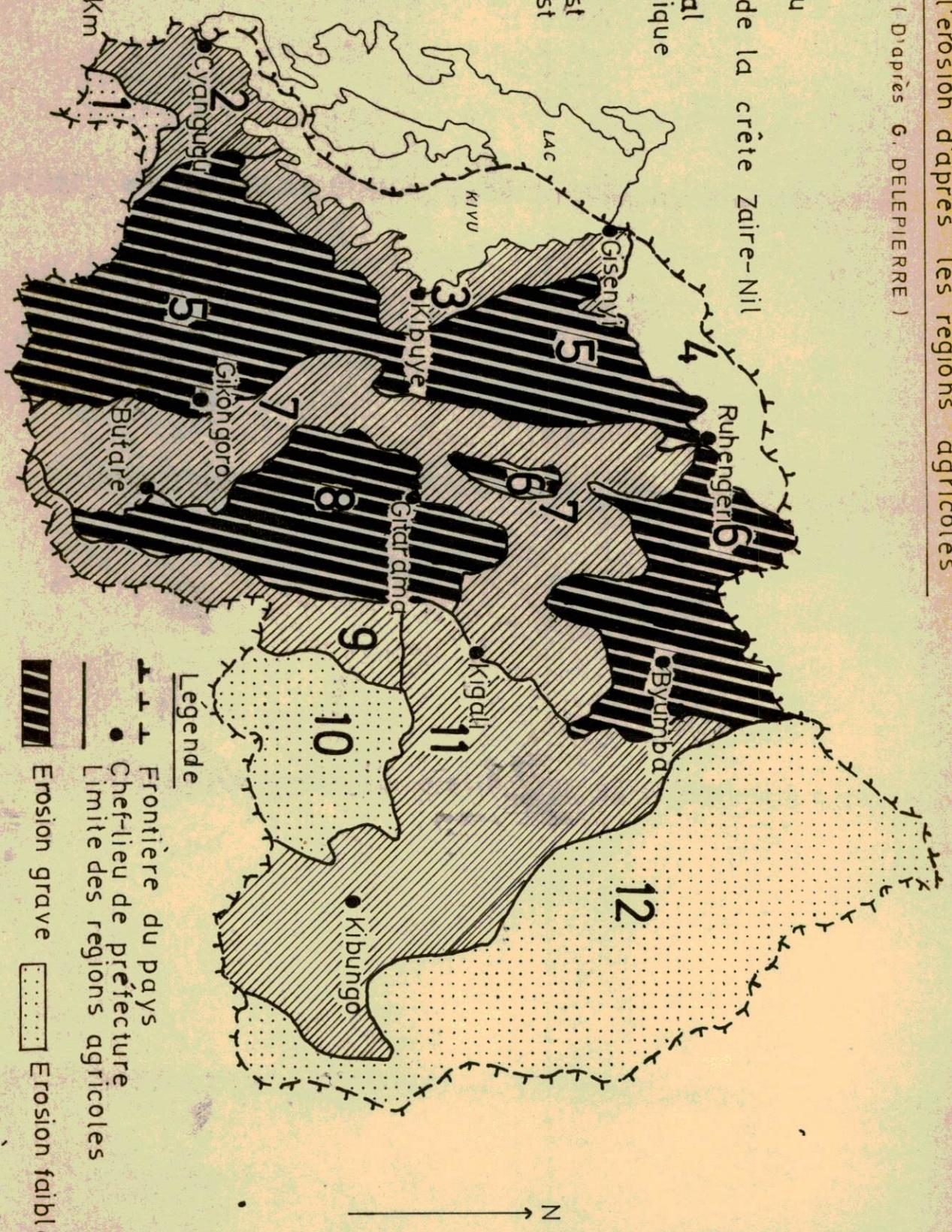
PREFECTURES	SUPERFICIE PROTEGEE.	SUPERFICIE DES TERRES DE CULT.	% SUPERFICIE PROTEGEE.
Kigali	45.630	197.326	23%
Gitarana	78.672	153.938	51
Butare	13.588	136.232	10
Gikongoro	23.900	98.470	24
Cyangugu	10.340	79.217	13
Kibuye	14.214	77.773	18
Gisenyi	24.292	103.233	24
Ruhengeri	19.502	118.104	17

(1) "L'année de la lutte contre l'érosion. Réunion des agronomes

FIG. 3 Intensité de l'érosion d'après les régions agricoles

(D'après G. DELEPIERRE)

- 1 Imbo
- 2 Impara
- 3 Bords du lac Kivu
- 4 Terres de lave
- 5 Hautes terres de la crête Zaire-Nil
- 6 Le Buberuka
- 7 Plateau Central
- 8 Dorsale granitique
- 9 Mayaga
- 10 Bugesera
- 11 Plateau de l'Est
- 12 Savane de l'Est



Échelle : 1/1200000
 0 12 24 36 48 km

Legende

- Frontière du pays
- Chef-lieu de préfecture
- Limite des régions agricoles
- ▨ Erosion grave
- ▧ Erosion faible
- ▩ " moyenne
- " très faible

PREFECTURES	SUPERFICIE PRO- TEGEE	SUPERFICIE DES TERRES DE CULT.	% SUPERFICIE PROTEGEE.
Byumba	44.732	157.603	28%
Kibungo	13.688	128.648	11
TOTAL	288.550	1.256.544	23

En mettant en parallèle les données de ce tableau sur les superficies des terres de cultures protégées avec la carte de G.DELEPIERRE sur l'intensité de l'érosion d'après les régions agricoles on arrive à des conclusions suivantes.

Dans l'ensemble, ce sont les terres où la potentialité à l'érosion est la plus grande qui sont les moins bien protégées. Pour une moyenne de 23% sur l'ensemble des terres protégées, les préfectures qui font partie des hautes terres de la Crête Zaïre-Nil (érosion grave) le sont moins bien: Gikongoro(24%), Gisenyi(24%), Kibuye(18%), Cyangugu(13%).

Le pourcentage assez élevé de protection des sols de la préfecture de Byumba(28%) ne concerne que la partie boisée de la savane de l'Est tandis que les hautes terres du Buberuka restent encore très mal protégées.

Si donc les régions agricoles les moins protégées correspondent à celles où l'érosion est la plus forte, il est hors de doute que la menace du sol ne fait que s'aggraver.

Une étude analogue sur l'hydrologie du Rwanda montre que les cours d'eau de ces hautes terres de la Crête Zaïre-Nil ont le débit spécifique le plus important du pays. L'ensemble des rivières de cette région ont un bassin versant dont le débit spécifique est compris entre 14 et 17 litres par seconde et par Km² (L./S./Km²) contre 7 et 13 L./S./Km² du Plateau Central et 4 et 6 L./S./Km² du Plateau de l'Est.

En conclusion, si les rivières au débit important drainent des régions fortement érodées et peu protégées, la quantité de terre transportée sera d'autant plus importante et les

et chefs de projet sur l'année 1982: lutte contre l'érosion." in Bulletin Agricole du Rwanda, janvier 1982, 15^e année, n° 1, page 59-61.

FIG. 4 CARTE HYPSONOMETRIQUE DU RWANDA

Légende

----- Limite du pays

----- Limite de préfecture

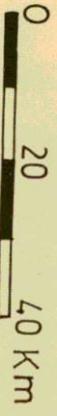
..... Limite de commune

▨ Commune enquêtée

— 2000 Courbe de niveau



Echelle : 1/1000000



N

30 Kg qu'on perd par seconde au niveau de la Rusumo (à la sortie du pays) trouvent ici leur justification.

Pour un pays aussi dangereusement menacé d'érosion, où les 23% de superficies de terres de cultures protégées sont vraiment insignifiantes, les reboisements trouvent toutes leurs raisons d'être.

Si nous devons planter les arbres pour protéger notre sol nous sommes tenus en conséquence de choisir les essences qui remplissent le plus convenablement possible ce rôle vital.

La place prépondérante de l'Eucalyptus dans nos reboisements nous oblige en parler plus plus longuement au cours du chapitre suivant.

1.2. Les boisements d'Eucalyptus

1.2.1. La plante, son origine et ses exigences.

L'Eucalyptus est un feuillus de la famille des angiospermes, originaire d'Australie. Il s'adapte selon les espèces à des altitudes allant de 0 à plus de 2.500 m. Poussant bien dans des régions de pluviosité moyenne à élevée, l'Eucalyptus recherche généralement une pluviosité excédant les 1.000 mm sauf pour les espèces de savane.

Ses exigences en sols sont variables mais il se développe mieux sur un sol profond et fertile.

Il se reproduit à partir de graines en pépinière. Quand il est adulte, c'est un grand arbre atteignant parfois plus de 50 m.

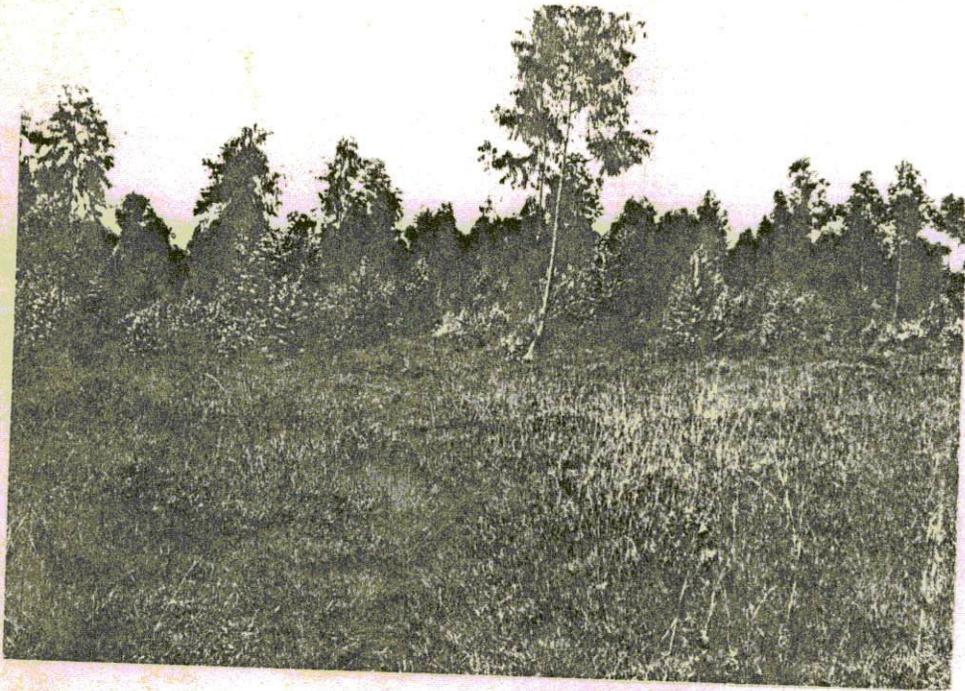
Il existe de part le monde plus de 650 espèces.

On en connaît au Rwanda 175 espèces dont les plus répandues sont l'E.Maideni, l'E.Saligna, l'E.Grandis et l'Eucalyptus Tereticornis.

Certaines espèces présentent parfois entre elles des différences importantes. Nous donnons ci-après la description des trois espèces les plus connues au Rwanda.

L'Eucalyptus Grandis est un arbre pouvant atteindre 40-65m de hauteur. Au Rwanda il donne de très belles futaies de 42m de hauteur pour 20-25m de hauteur de fût après 21 ans. (1)

(1) Ces précisions viennent de IYAMUREMYE Elie F1. (voir bibliographie).



L'Eucalyptus est un feuillus de la famille
des angiospermes, originaire d'Australie.

Il pousse bien dans des régions de pluviosité
moyenne à élevée mais il recherche surtout
une pluviométrie excédant les 1000 mm.

B



L'Eucalyptus est une essen-
ce qui pousse vite.

A moins de 5 ans il peut
être utilisé comme bois de
chauffage et comme bois de
service.

Il a un accroissement de 25-55m³ par an par hectare. Il a été confondu dans le passé avec l'Eucalyptus Saligna. Le bois est assez dur et de couleur rouge. Il est plus léger et plus fissile que la majorité d'autres Eucalyptus. Sa densité est de 0,62 et est modérément durable.

Au début le bois était réservé à la fabrication des caisses à fruits, on a constaté par la suite qu'il donnait un bois de menuiserie très satisfaisant. On l'utilise couramment en constructions légères, carrosserie, caisserie et déroulage. Le bois est assez comparable à celui de l'Eucalyptus Saligna mais il est considéré comme moins durable que ce dernier en emplois extérieurs.

L'Eucalyptus Maidenii F.V.M est un arbre pouvant atteindre une hauteur de 45m et un diamètre de 0,9 à 1,2m mais quelques fois il peut atteindre 60m de haut sur des sites favorables.

Il a un accroissement de 20-30m³ par an par hectare au Transvaal et au Rwanda. Le duramen est jaune pâle ou brun, dur et modérément durable. Il a une densité moyenne de 0,75.

Pendant longtemps, l'Eucalyptus n'était employé au Rwanda que comme bois de feu et charbon de bois, perches et bois de mine. On ignorait encore ses qualités de bois d'oeuvre car pensait-on, l'Eucalyptus est peu durable et résiste mal aux intempéries. Il servait dans la construction des maisons du fait qu'on ne pouvait trouver une autre essence aussi abondante et là encore il devait être protégé par de l'argile où de la boue séchée.

Dans la menuiserie, on se servait du cyprès, de certains pins, du grevillea et du cedrela.

Le ficus servait dans la fabrication des ustensiles comme les mortiers, les assiettes en bois, les cuves pour la fabrication de la bière de banane,....

De nos jours, l'Eucalyptus sert comme bois d'oeuvre aussi bien dans la menuiserie moderne que dans l'artisanat traditionnel. Avec la disparition du ficus et d'autres essences qui mettent du temps à être rentables, l'Eucalyptus est devenu presque l'essence à tout faire. C'est ce qui explique son abondance dans les reboisements que l'on pratique.

Comment a-t-il été introduit et pourquoi?

1.2.2. L'historique des boisements au Rwanda.

L'histoire et les mobiles de l'introduction de l'Eucalyptus au Rwanda diffèrent de ceux d'ailleurs en Afrique. En effet, alors qu'en Algérie et au Maroc, par exemple, il semble avoir été introduit pour assainir les régions marécageuses, ici au Rwanda il était destiné à la fourniture de matériaux de chauffage et à la lutte anti-érosive. Malgré son importance et son extension dans le pays, l'Eucalyptus est un arbre très récent.

"Les reboisements ont commencé au Rwanda peu avant 1930 et atteignaient 36.000 ha en 1974. C'était surtout en Eucalyptus qui représente actuellement plus de 75% des boisements. Depuis les deux dernières années, on a commencé à mettre l'accent sur les essences fournissant du bois d'oeuvre de plus grande valeur économique: cyprès, certains pins, grevillea et cedrela."(1)

Trois éléments ont amené l'administration belge à pousser la population à pratiquer des boisements:

- l'augmentation de la consommation de bois(transformation de l'habitat rural),
- la croissance démographique,
- le développement.

L'histoire du boisement n'a pas été continue: en 1920, 380 ha furent plantés et en 1930, il y avait 25 ares pour 100 personnes. De 1931 à 1938, 10.000 ha furent plantés, ce qui faisait 1 ha pour 100 personnes. De 1939 à 1948, on ne planta que 3.000 ha seulement à cause de la guerre. De 1948 à 1960, il y eut une nette régression par manque de planification et de fonds.

Les premières plantations étaient faites d'espèces lentes. Ces Eucalyptus étaient: E.Longifolia, E.Viminalis, E.Punctata, E.Camaldulensis, E.Tereticornis.

C'est à partir de 1948 que les espèces d'Eucalyptus frugales à croissance rapide furent plantées.

Il s'agit des E.Maideni, E.Saligna. Les essences d'oeuvre fu-

(1) MUKARUKAKA Léocadie, Le reboisement au Rwanda. Rapport de stage, Karubanda, 1978.

rent introduites dans les boisements domaniaux: Cyprès, Grevel-
lea robusta, cedrella, etc....

Il y eut par la suite une régression dans le rythme des
reboisements à faire et dans l'entretien de ceux existants
déjà. BIRCLI Phénéas nous donne quelques unes des raisons de
ce ralentissement dans la création de nouveaux boisements
entre 1938 et 1967.

- " -La deuxième guerre mondiale 1939-1945 qui a
détourné l'attention de la Tutelle aux fins
exclusivement militaires.
- L'abolition des travaux forcés, même si
c'est à juste titre.
- Le manque d'éducation forestière de la
population.
- La population non encore sensible à la
rareté du bois.
- L'abolition d'une taxe de 5% sur C.P.M
(Contribution Personnelle Minimum) par
l'ordonnance-Loi du 28-2-1918.
Cette taxe devait gonfler le budget d'af-
forestation appelé dans le temps le Fonds
d'Afforestation. " (1)

Toutes ces raisons expliquent pourquoi il y eut non seule-
ment manque de nouveaux boisements mais aussi une grande négli-
gence de la part de la population à l'endroit des boisements
déjà pratiqués.

Voici les résultats du rapport du Ministère de l'Agriculture
et de l'Elevage du Rwanda (1981) sur l'état des boisements.

TABLEAU III Etat des boisements (Eucalyptes)

Très bons	15%	de la superficie
Bons	54%	" " " " " "
Assez bons	11%	" " " " " "
Médiocres, mauvais, détruits, incendiés,	20%	" " " " " "

(1) BIRCLI Phénéas, "Le reboisement au Rwanda et ses problèmes"
in Bulletin Agricola du Rwanda, 1982 - avril 15^e année.

Ce mauvais état de beaucoup de boisements, conséquence aussi bien d'un surpâturage qu'on y pratique, des voies de passage qu'on y crée que des prélèvements désordonnés et irréguliers qu'on y effectue, se traduit par une prédominance, dans les plantations, de taillis sur les futaies.

N.B. La futaie est, par définition, une forêt dont on exploite les arbres quand ils sont arrivés à une grande dimension.

Par extension, la futaie est l'ensemble du tronc et de la voûte d'un arbre devenu adulte; le fût étant la partie du tronc de l'arbre comprise entre le sol et les premiers rameaux.

Un taillis est un bois que l'on coupe à des intervalles rapprochés, constitué d'arbres de petite dimension obtenus de rejets de souches ou de drageons. Dans un boisement où les coupes de bois se font très souvent, on rencontre plus de taillis que de futaies.

Le même rapport du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage du Rwanda nous montre les différents faciès des boisements d'Eucalyptus tels qu'on les rencontre dans le pays.

Faciès des boisements (Eucalyptes).

"Futaie" (lato sensu)	20%	de la superficie
Taillis sous futaie	24%	" " " " " " " "
Taillis (pas d'arbres)	49%	" " " " " " " "
Taillis sur souches avariées en voie de disparition	20%	" " " " " " " "

En conclusion de ce paragraphe sur l'historique des boisements d'Eucalyptus, nous pouvons dire qu'actuellement (depuis une dizaine d'années) le rythme de plantation a repris son dynamisme d'antan.

L'abolition des travaux forcés préconisée par BIRCLI Phénéas comme une des causes du ralentissement des boisements a fait place aux travaux communautaires de développement (Umuganda). La formation d'ingénieurs et de techniciens forestiers, bien qu'encore très limitée, a relevé le manque d'éducation forestière d'hier. La population autrefois peu sensible à la rareté du bois a pris conscience de la nécessité des reboisements.

1.2.3. Les boisements d'Eucalyptus dans la politique économique du pays.

Deux problèmes président aux préoccupations des autorités publiques en ce qui concerne les reboisements à effectuer. D'une part, il y a le besoin de bois d'oeuvre et de chauffage qui se fait sentir et de l'autre la protection et la conservation des sols menacés par l'érosion.

L'Eucalyptus s'est tôt montré efficace. Non seulement il pousse plus vite que la plupart des autres essences que l'on rencontre dans le pays - en moins de 5 ans il peut fournir du bois de chauffage - mais aussi il rejette facilement de souche, ce qui permet au plant d'être une source continuelle de bois.

Ces raisons ont aussi pendant longtemps passé pour valables dans la lutte anti-érosive, avant d'être très récemment remises en question, et notre présent travail s'efforcera de montrer le bien-fondé de ces doutes.

Poussant vite et susceptible d'être toujours productif, l'Eucalyptus a aussi l'avantage d'être peu exigeant en ce qui concerne les types de sol et le milieu physique en général. Aussi l'Eucalyptus a vite pris une place de loin plus importante que toutes les autres essences qui cependant sont apparues en même temps ou peut-être avant lui.

Le tableau ci-après montre le rapport des Eucalyptus avec les autres essences qu'on rencontre au Rwanda.

TABLEAU IV : Pourcentage des différentes essences dans les boisements du Rwanda.(1)

Essences plantées.	Nombre d'hectares	Pourcentage dans l'ensemble des boisements.
Eucalyptus	17.777 ha	75,6%
Acacia mearnsii (black water)	2.465 ha	10,5%
Eucalyptus + autres - espèces.	2.115 ha	9,1%
Cyprès	590 ha	2,5%
Grevillea	299 ha	1,3%

(1) MUKARUKAKA Léocadie, op.cit. p.5

Dans l'étude sur le mode d'entretien des Eucalyptus, nous devons tenir compte des types de boisements que l'on rencontre au Rwanda. Ils sont de quatre ordres; nous donnons ci-après leurs principales caractéristiques.(1)

Les boisements domaniaux qui s'étendent sur un peu plus de 4.000 ha servent aux différents travaux de l'Etat (menuiserie de l'Etat, constructions des immeubles de l'Etat...etc..). On en fait également des stères qu'on vend aux gens.

Les boisements dits communaux ont plus de 25.000 ha. Ils ont été réalisés surtout - ceux qui ont moins de dix ans d'existence par les travaux communautaires (Umuganda). Les boisements communaux sont utilisés dans la briqueterie et la tuilerie en vue de la construction des immeubles communaux. Ils servent également à beaucoup d'autres travaux qui sont du ressort des communes: construction des ponts en bois,... Ils sont aussi vendus pour constituer les finances communales mais à cause d'une mauvaise gestion beaucoup sont laissés à l'usage de la population.

"Ils restent mal gérés et fortement dégradés: 70% de production sont distribués gratuitement à la population. (2).

N.B. De nos jours, ces boisements ne sont pas distribués gratuitement à la population mais vendus pour des prix généralement insignifiants ou servent de paiement pour certains travaux exigés par les autorités communales.

Les boisements individuels et communautaires occupent environ 5.500 ha qui sont répartis en plusieurs lots individuels. Ces boisements sont mieux gérés et bien entretenus.

Les boisements des régies et les boisements routiers occupent respectivement 1000 et 500 ha et sont destinés à la lutte anti-érosive.

MUKARUKAKA Léocadie (1978) nous fait savoir que la législation et le département forestier du Rwanda veulent atteindre un reboisement de 20% de la superficie totale du Rwanda avant dix ans: soit 100.000 ha.

(1) Les chiffres viennent du Rapport de stage de MUKARUKAKA, L.
(2) MUKARUKAKA, Léocadie, op.cit. p. 4

A cette échéance, pourra-t-on avoir suffisamment d'arbres adultes capables de satisfaire plusieurs besoins tels que la menuiserie, le charpentage, ... qui exigent un bois suffisamment mûr. En effet, les boisements dont les arbres sont arrivés à maturité sont peu nombreux. Avec le développement surtout dans le domaine de l'habitat, les grands arbres sont en voie de disparition. Avec le vaste programme de construction de nouveaux établissements scolaires (dans toutes les communes), de nouveaux centres de santé et d'autres équipements publics, gros consommateurs de bois, ... tout cela a fort diminué la quantité déjà faible de futaies.

MUKARUKAKA Léocadie (1978) nous fait un tableau sur les différents âges des boisements. Il faut croire cependant que de 1978 à nos jours, les boisements d'un certain âge ont dû subir encore bien des brèches.

TABLEAU V : Âge des boisements d'Eucalyptus au Rwanda(1978)

Âge des boisements.	Nombre d'hectares.	Pourcentage des boisements.
Plus de 50 ans	1.560 ha	6,5 %
De 40 à 50 ans	600 ha	2,5 %
De 30 à 40 ans	11.190 ha	48 %
De 22 à 30 ans	2.000 ha	8,5 %
De 10 à 12 ans	900 ha	3,2 %
Moins de 10 ans	150 ha	1,3 %

N.B. Vous remarquerez dans ce tableau que l'âge des boisements de 12 à 22 ans n'est pas donné. C'est parce que du fait des raisons que nous avons exposées plus haut il n'y a pas eu de reboisement.

En conclusion sur ce chapitre, nous pouvons dire que la réponse à la carence en bois fait sentir ses effets avec beaucoup d'intensité.

S'il faut boiser 20% de la superficie totale du pays comme le fait remarquer MUKARUKAKA Léocadie dans son rapport de stage, et si dans les reboisements l'Eucalyptus se maintient dans les mêmes proportions (75,6%) - tout porte à croire que le nombre de nouvelles plantations d'Eucalyptus augmentent plutôt qu'elles ne diminuent - le choix du sujet trouve sa raison d'être. Une étude sur les conséquences que pourraient entraîner des reboisements aussi intensifs dans le domaine notamment de la lutte anti-érosive s'avère extrêmement importante.

L'étude de l'érosion sous reboisement de l'Eucalyptus veut montrer que l'intensification des boisements d'Eucalyptus ne peut pas donner satisfaction dans le domaine de la lutte anti-érosive. On a longtemps cru que l'Eucalyptus pouvait bien couvrir et protéger le sol comme son nom l'indique (eu = bien, kalyptos = couvert); nous pensons que ce n'est point le cas. Bon bois, dur et résineux, excellent pour la construction, utilisé par sa cellulose comme bois de mine et de chauffage, l'Eucalyptus, bon pour assainir les régions marécageuses n'est guère bien indiqué comme protecteur de sol. L'Eucalyptus dont les écorces fournissent un tanin riche et utilisé pour le tannage des peaux, dont les feuilles fournissent l'eucalyptol aux propriétés désinfectantes employés couramment en pharmacie, est un mauvais agent anti-érosif. Nous allons, par la présente étude, essayer de montrer les dangers que constituent les boisements d'Eucalyptus pour la protection des sols.

2. METHODOLOGIE

L'étude de l'érosion sous boisement de l'Eucalyptus est un sujet qui, pour arriver à des conclusions telles que l'influence des boisements d'Eucalyptus sur l'érosion et leur vraie place dans la lutte anti-érosive, demande que l'on suive une méthodologie aussi rigoureuse que possible.

* Celle-ci consiste d'abord en un bon choix des zones d'observation, en une sérieuse mise au point des méthodes d'investigation, puis en une analyse judicieuse des résultats devant permettre des extrapolations vers les zones non enquêtées.

2.1. Le choix des zones d'observation

Deux éléments nous ont guidés dans le choix des zones d'observation. Il y a d'une part les manifestations du comportement des boisements sur les terrains sous-jacents et, d'autre part, les différents facteurs du milieu qui modifient, augmentent ou diminuent l'action des boisements d'Eucalyptus.

Les manifestations des boisements d'Eucalyptus sur les terrains sous-jacents se présentent sous deux formes : la disparition progressive de la strate herbacée et l'érosion proprement dite du sol. A cette fin, nous avons choisi des boisements dont le sous-bois est relativement dense pour en étudier le comportement et ceux dont le sous-bois est presque (ou totalement) inexistant pour en mesurer l'intensité de l'érosion.

La région de Kitabi, sur le contrefort de la Crête Zaïre-Nil et les communes de Nyaruhengeri et de Muganza sur le Plateau Central répondaient favorablement à ce critère, ainsi qu'à celui de l'influence du milieu sur le comportement des boisements d'Eucalyptus. En effet, l'intensité de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus comme ailleurs est fonction de plusieurs facteurs dont notamment les formes de relief, le climat, le type de sol et la végétation d'un milieu donné. C'est en tenant compte de tous ces facteurs qu'il faut étudier l'influence des boisements d'Eucalyptus. Pour saisir la différence entre les apports du milieu physique en général, et ceux des Eucalyptus en particulier, notre choix s'est porté sur ceux des zones d'observation qui sont plus ou moins opposées dans leurs données relatives au milieu naturel.

FIG. 5

CARTE DU RWANDA: Localisation des communes enquêtées

Légende

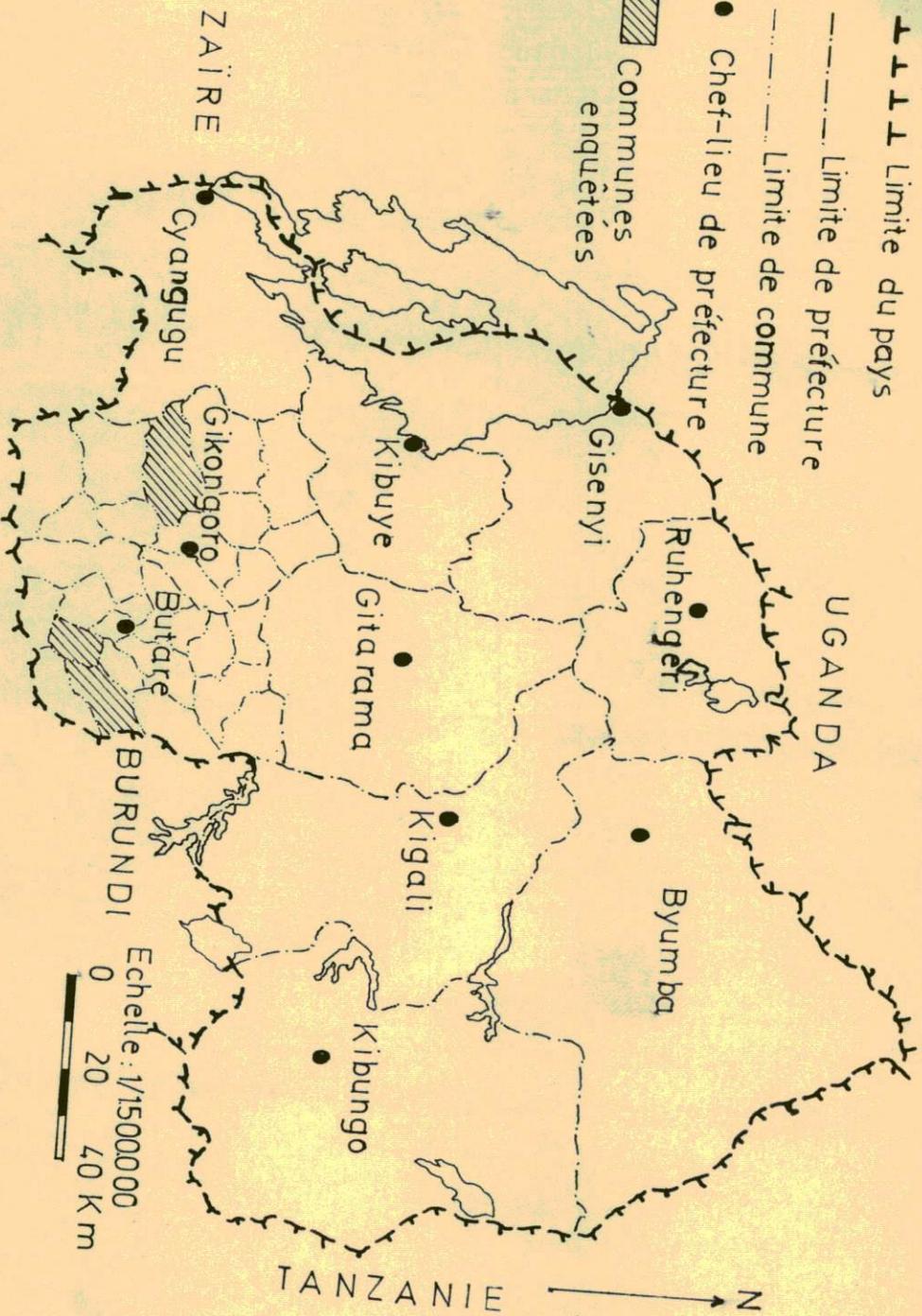
┆┆┆┆┆ Limite du pays

----- Limite de préfecture

----- Limite de commune

● Chef-lieu de préfecture

▨ Communes
enquêtées



On se souviendra que les régions du Plateau Central sont comprises entre 1400 et 1800 m d'altitude alors que sur la Crête elles se situent bien au-delà des 1900 m.

Le relief du Plateau Central est un ensemble homogène de vastes et larges collines aux sommets plats et aux altitudes constantes; la Crête Zaïre-Nil présente une succession de croupes arrondies surmontées souvent de petits sommets en "pain de sucre" et entrecoupées de hautes montagnes. Sur la Crête les pluies, d'origine orographique, excèdent les 1400 mm (1633,5 mm à Wisumo) alors que sur le Plateau Central elles atteignent rarement les 1250 mm (1091,2 mm à Kansi).

Sur la Crête la température est plus fraîche avec 16° de moyenne annuelle que sur le Plateau (19,22° à Butare).

En ce qui concerne le sol, bien des différences aussi se constatent mais avec moins de netteté. Sur la Crête on a un sol de type forestier qui, à cause d'une importante litière, a un horizon humifère riche et épais; tandis que sur le Plateau Central les données climatiques différentes sur un substratum différent ont donné une autre évolution du sol: celui-ci est plus pauvre et moins épais.

En conséquence des facteurs différents, la végétation elle-même sera différente d'une des deux régions à l'autre.

On a sur la Crête une végétation forestière climacique avec un sous-bois dense et riche en espèces, tandis que la végétation du Plateau est plutôt steppique avec une flore peu fournie en espèces.

Au cours de ce travail nous avons émis une série d'hypothèses pour orienter l'étude. Les premières hypothèses concernent un boisement d'Eucalyptus pratiqué sur un terrain nu.

1. Le boisement d'Eucalyptus permet la vie de certaines espèces harbeuses, qui n'auraient pas vu le jour ailleurs, et ainsi augmente la protection du sol.
2. Le boisement d'Eucalyptus augmente la profondeur de l'érosion. Il constitue donc un facteur de dégradation du sol.

Les autres hypothèses concernent un boisement d'Eucalyptus pratiqué sur un terrain déjà couvert par une strate herbacée.

1. Le boisement d'Eucalyptus favorise la croissance de la strate herbacée et contribue ainsi indirectement à la plus grande protection du sol.
2. Le boisement d'Eucalyptus détruit le soubassement herbacé, accélérant ainsi le processus d'érosion et de ruissellement.
3. Le boisement d'Eucalyptus et la strate herbacée vivent en parfaite harmonie, l'un indépendamment de l'autre.

Pour pouvoir étudier ces hypothèses, il a fallu choisir un certain nombre de boisements à l'intérieur de chacune des deux régions naturelles dont il a été question plus haut.

Notre choix s'est porté sur trois communes qui nous ont semblé fournir des boisements pratiqués dans les conditions qui répondent le mieux à nos hypothèses. Il s'agit de la commune Mudasonwa en préfecture de Gikongoro sur le versant oriental de la Crête Zaïre-Nil et des communes Nyaruhengeri et Muganza en préfecture de Butare sur le Plateau Central. (Fig:5)

Il fallait, pour pouvoir étudier l'évolution de la strate herbacée sous Eucalyptus, disposer de boisements dont on connaît l'âge, les différents écartements, le mode d'entretien,...

Pour cela les boisements d'Eucalyptus de Kitabi en commune Mudasonwa étaient les mieux indiqués. C'est un centre théicole disposant d'un grand nombre de boisements pour les besoins de l'usine. Ce bloc industriel dispose également d'une station météorologique qui nous a permis d'avoir des données climatologiques précises

Ces boisements présentent aussi l'avantage d'occuper toutes les formes de relief, permettant ainsi de déterminer l'évolution de la strate herbacée en fonction du caractère topographique de la région.

Les boisements d'Eucalyptus des communes Nyaruhengeri et Muganza répondaient aux critères de dégradation du sol, d'absence de strate herbacée et d'érosion plus directe du sol.

En conclusion sur le choix des zones d'observation, plutôt que des boisements dont l'accès et l'étude sont faciles, nous avons privilégié ceux qui possèdent tous les éléments qui entrent dans le traitement de nos hypothèses de travail.

2.2. Méthode d'investigation.

Après avoir délimité la zone de travail, force nous fut de chercher une méthode d'investigation adéquate et un procédé de rélèvement des échantillons qui obéissent aux lois de la statistique. Comme méthodes d'investigation, nous avons recouru à l'investigation directe sur le terrain qui consistait en toute une série de mesures, et en une enquête auprès de la population et dans les bureaux de l'usine pour compléter ou fournir des données que l'investigation directe sur le terrain ne pouvait donner.

2.2.1. Investigation directe sur le terrain

Comme ces travaux et recherches devaient se faire en fonction de plusieurs variables du milieu, il fallait au préalable déterminer ces dernières. C'est ainsi, par exemple, que pour parler de l'influence de l'altitude sur l'action des Eucalyptus sur la strate herbacée, on ne pouvait se contenter uniquement de l'altitude moyenne de la région telle qu'on la trouve dans les documents de la station. Certains boisements sont plus perchés que d'autres - ce facteur pouvait servir dans nos hypothèses - et on a dû recourir à l'altimètre pour connaître avec précision l'altitude des boisements.

Certaines variables du milieu se prêtaient facilement à la mesure, d'autres moins ou pas du tout. L'orientation, l'exposition et la valeur de la pente ont pu être repérées facilement par l'usage des appareils de mesure appropriés. D'autres variables nécessitaient une connaissance préalable (les variétés d'Eucalyptus, la localisation des boisements...) ou alors un recours à l'estimation avec toutes les incertitudes qui lui sont liées (pourcentage de superficie occupée par la strate herbacée, degré de densité du houppier ou pourcentage de lumière qui traverse les feuilles des arbres).

L'investigation directe sur le terrain a principalement consisté en une évaluation de la biomasse d'échantillons d'herbes pour des boisements à strate herbacée et en mesures de la profondeur de l'érosion pour les reboisements au sol dégradé.

Pour l'évaluation de la biomasse, le but étant d'établir des comparaisons entre les influences des différentes variables sur

le développement de la strate herbacée, il s'agissait de couper jusqu'au ras du sol les herbes sur une superficie donnée (4m²), les sécher et ensuite les peser.

La mesure de la profondeur de l'érosion s'est faite par une série de mesures ponctuelles réparties sur une surface de 10m², pour établir la moyenne des profondeurs de l'érosion sur cette superficie.

Nous allons le voir avec plus de détails en traitant de la méthode de prélèvement des échantillons (2.2.3.)

2.2.2. Enquête auprès de la population et à l'usine.

Pour compléter les résultats de l'investigation directe sur le terrain, le concours de la population locale, du personnel et des archives du bloc industriel s'avérait indispensable. C'est ainsi que l'agronome (1) de la station de Kitabi nous a fourni tous les renseignements sur l'historique de la station théicole en général et des boisements d'Eucalyptus en particulier. C'est dans ses bureaux que nous avons pu disposer des données climatiques de la région, de ses types de sol et de toutes les cartes nécessaires pour la confection de ce travail. C'est auprès du personnel de l'usine que nous avons pris connaissance de l'âge des différents boisements et des écartements correspondants.

Chez les gardes-forestiers nous avons appris le mode, la fréquence de l'entretien des boisements (élagage, etc...) et les périodes de coupe de bois pour le chauffage des installations de l'usine

Les superficies plantées et celles en voie de l'être ainsi que leur localisation nous furent données par les employés attachés à l'organisation des entretiens dans les boisements.

Pour arriver à des conclusions pertinentes sur l'étude des boisements d'Eucalyptus et l'érosion, nous avons dû recourir aussi à la comparaison avec les cultures vivrières dans la manière dont elles répondent à l'érosion.

Il a fallu donc une enquête auprès de la population locale. Le type de cultures appropriées à la région allait nous renseigner plus ou moins sur les données biogéographiques en général.

(1) RWABILINDA Pierre, agronome de Kitabi.

Ne disposant pas d'appareils appropriés pour faire l'étude des sols, nous avons eu recours à l'empirique mais efficace point de vue des habitants de la région pour compléter et tirer au clair la carte des sols. C'est ainsi, par exemple, que nous avons pu nous rendre compte que le "sol fertile" des agriculteurs de la région correspondait réellement aux ferrisols humifères argileux lourds ocre-jaune (Bc) et au ferrisol argileux humifère (Yt) de R.FRANKART, A.HERBILLON, P.NTORANYE et Z.KAYUMBA (1)

Dans l'ensemble les résultats de nos recherches sur le terrain ont été étayés, confirmés ou modifiés par les réponses de la population. L'hypothèse que l'orientation jouait un rôle important dans la croissance de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus et qui a été justifiée par les prélèvements de la biomasse, a été confirmée par les explications des paysans parlant de leurs cultures. La localisation, la valeur de la pente et l'exposition sont des variables qui interviennent dans la profondeur de l'érosion sous boisements d'Eucalyptus. En est-il de même pour les autres cultures? C'est encore ici où le concours de la population était nécessaire.

Dans notre étude sur l'évolution de la strate herbacée sous Eucalyptus, nous avons été étonné de constater que certaines espèces herbacées résistaient fort bien à l'allélopathie des Eucalyptus, là où les autres avaient presque entièrement disparu. Comment pouvons-nous savoir que c'est une espèce herbacée qui s'accommode très bien à l'Eucalyptus ou bien alors une espèce qui se développe dans toutes les cultures, sans discussion avec les agriculteurs.

Bien d'autres réponses de la population sont venues orienter nos conclusions.

(1) FRANKART, R; HERBILLON, A; NTORANYE, P; KAYUMBA, Z; Prospection des terroirs théicoles du Rwanda, Nsumbura, Rubona 1963.

2.2.3. Méthode de prélèvement des échantillons.

Nous avons effectué nos prélèvements dans une trentaine de boisements répartis sur plusieurs collines. Le tableau ci-après donne les noms des collines boisées ainsi que le nombre de boisements.

N.B. La délimitation des différents boisements d'une colline est faite soit par des allées tracées lors des plantations, soit par des voies de passage créées régulièrement ou irrégulièrement par les gens. Pour faciliter les mesures, nous avons dû, nous-même, délimiter à l'aide de piquets périphériques les grands boisements (Ku Kintobo) en petites parcelles.

TABLEAU VI : Les collines boisées et le nombre de boisements.

Communes	Collines boisées	Nombre de boisements
Mudasomwa	Ku Kintobo	4
	Ka Butembo	3
	Cy'Umushyika	3
	Cy'Uruhwa	3
	Gikonki	3
	Nyakiliba	3
	Dusenyei	4
	Gahu	2
Nyaruhengeri	Fubo	2
	Kamuheshi	1
	Mbeho	2
	Henene	2
Muganza	Remera	2
	Gatwano	1
	Total:	35

Les prélèvements effectués dans ces boisements furent de deux formes: la pesée de la strate herbacée et la mesure de la profondeur de l'érosion.

2.2.3.1 La pesée de la biomasse.

Dans ces boisements, il s'agit de montrer la réaction de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus en fonction d'une variable donnée. Pour y arriver, la seule méthode qui s'impose est de rechercher le poids de la biomasse des endroits qu'on compare. Les prélèvements se font dans tous les boisements d'Eucalyptus qui présentent les caractères similaires quant à la variable à étudier.

Chaque boisement est entouré d'une ligne de piquets sur tous les quatre mètres. Ce périmètre construit un rectangle dans lequel est inscrit le boisement à étudier. (Fig:6)

Les intervalles des piquets sont numérotés de 0 à 9 dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

A l'aide du tableau des chiffres conçu pour le choix au hasard des échantillons (TABLEAU VII), que l'on lit suivant un certain ordre régulier, on fixe deux chiffres. Le premier chiffre correspond à la ligne verticale et le deuxième à la ligne horizontale.

Le quadrillage fait de quatre longues cordes partant des chiffres choisis (8 et 0 sur la figure) détermine un carré de 4m².

Quand le numérotage des intervalles dépasse le chiffre 9, on recommence à 0 et on refait le même quadrillage pour les chiffres choisis (3-8, 0-1). Un seul boisement peut être ainsi divisé en plusieurs tranches (3 tranches sur la figure).

On coupe jusqu'au ras du sol les herbes du carré ainsi obtenu, on les sèche puis on les pèse.

N.B. Faute d'étuve, nous avons dû recourir au séchage au soleil. Nous pensons que puisque tous les prélèvements ont été séchés de la même manière, la valeur de nos résultats donne des rapports fiables.

Le résultat obtenu est divisé par 4 pour avoir une mesure plus conventionnellement admise: le gramme par mètre carré (gr/m²).

2.2.3.2 Mesure de la profondeur de l'érosion.

Pour arriver à déterminer la profondeur de l'érosion dans un boisement donné, nous nous sommes basés sur trois indices:

- la hauteur des éléments tronqués du sol,
- la hauteur des pédicules
- la hauteur de la partie mise à nu des racines des arbres.

Cette méthode décrite par Lamarche en 1968 comporte un certain risque d'erreur dans la mesure où, par exemple, la mise à nu des racines n'est pas forcément due à l'érosion, mais à un chevauchement de gros blocs rocheux. Dans tous les cas, sous les boisements à sol dégradé, la plupart des racines sont exhumées à la suite de l'érosion.

Des mesures basées sur cette méthode ont été également réalisées par Th. Dunne au Kenya (1977) puis par Carrara et Carroll au Colorado (1979).

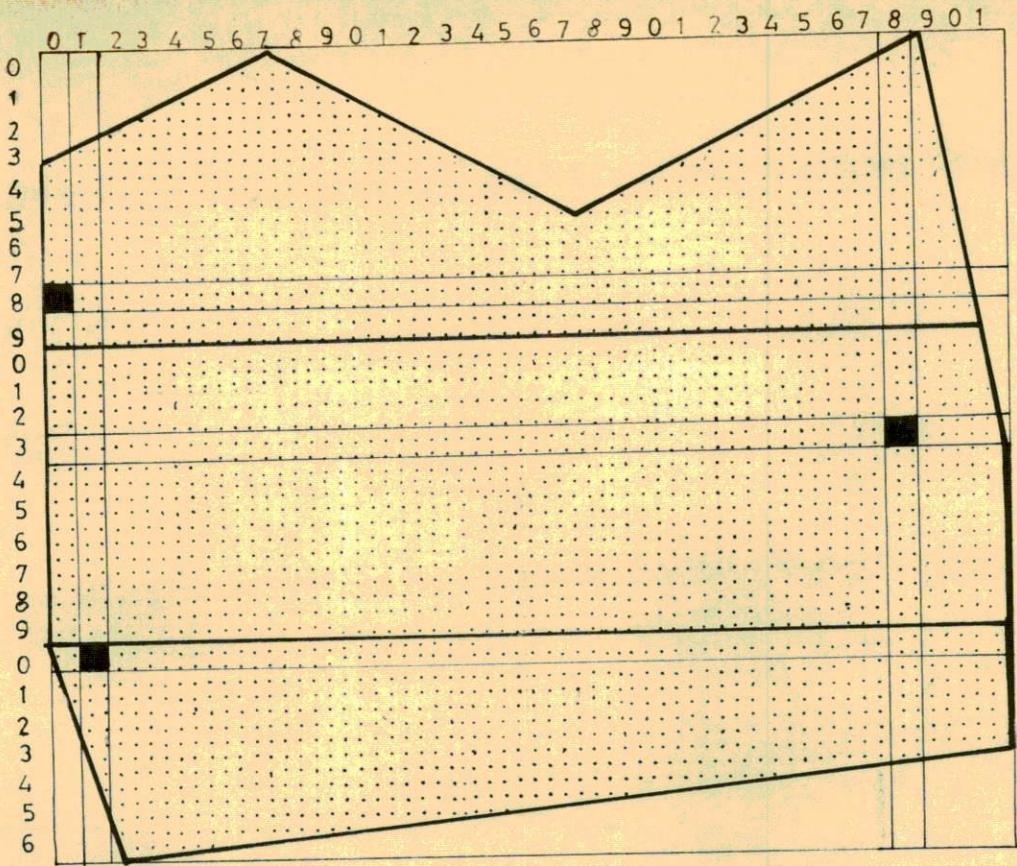
Dans les boisements où subsistent des plaques de strates herbacées, la profondeur de l'érosion était obtenue à partir de la base des herbes jusqu'au fond du profil décapé. La base des herbes qui correspond à la couche supérieure du sol est supposée intacte car elle est protégée par la strate herbacée.

Le choix des carrés à fournir des mesures se fait comme dans le cas précédent de la pesée de la biomasse à part qu'au lieu de construire des carrés de 4m², on cherche des carrés de 10m². Le carré ainsi obtenu est divisé en plusieurs petits carrés d'un mètre de côté dont on mesure la profondeur de l'érosion en des endroits où celle-ci apparaît manifestement. La somme des moyennes de ces petits carrés est divisée par 10. Le résultat de cette moyenne représente la profondeur de l'érosion dans le boisement ainsi prospecté.

Les chiffres ainsi obtenus peuvent être contestés mais ils représentent la seule approche possible étant donné les moyens dont nous disposions. Nous pensons qu'en tenant compte de l'ensemble des manifestations de l'érosion (voir plus haut), ces données constituent un ordre de grandeur satisfaisant.

Croquis de prélèvement des échantillons

FIG. 6

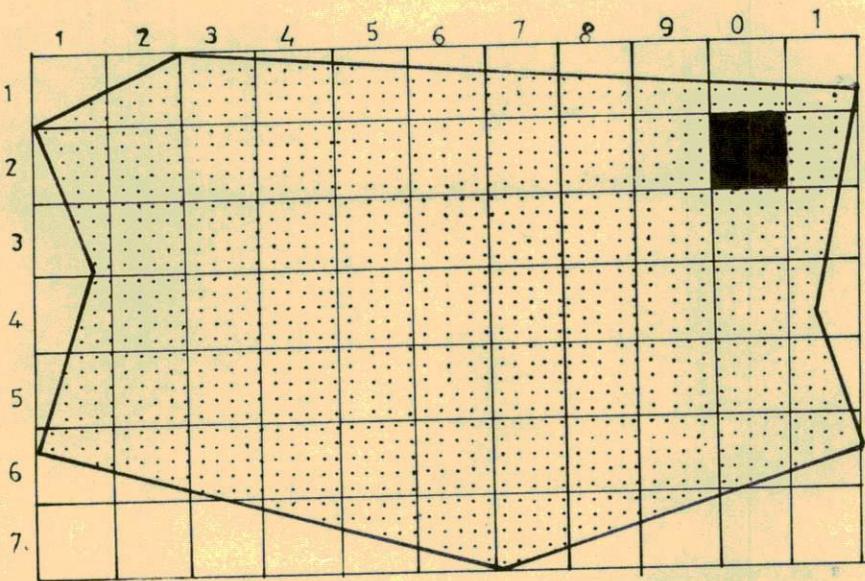


boisement
de
Kabutembo

Echelle: 0 10 20 30 m

-  Boisement
-  Surface prélevée

80,38,01 Chiffres pris au hasard



boisement
de
Remera

Echelle: 0 10 20 30 m

TABLEAU des chiffres : choix au hasard

80 30	23 64	67 96	21 33	36 90	03 91	69 33	90 13	34 43	02 19
61 29	89 61	32 08	12 62	26 08	42 00	31 73	31 30	30 61	34 11
23 33	61 01	02 21	11 81	51 32	36 10	23 74	50 31	90 11	73 52
94 21	32 92	93 50	72 67	23 20	74 59	30 30	43 66	75 32	27 97
87 61	92 69	01 60	28 79	74 76	86 06	39 29	73 85	03 27	50 57
37 56	19 18	03 42	86 03	85 74	44 81	86 45	71 16	13 52	35 56
64 86	66 31	55 04	88 40	10 30	84 38	06 13	58 83	62 04	63 52
22 69	22 69	58 45	49 23	09 81	98 84	05 04	75 99	27 70	72 79
23 22	14 22	64 90	10 26	74 23	53 91	27 73	78 19	92 43	68 10
42 38	59 64	72 96	46 57	89 67	22 81	94 56	69 84	18 31	06 39
17 18	01 34	10 98	37 48	93 86	88 59	69 53	78 86	37 26	85 48
39 45	69 53	94 89	58 97	29 33	29 19	50 94	80 57	31 99	38 91
43 18	11 42	56 19	48 44	45 02	84 29	01 78	65 77	76 84	88 85
59 44	06 45	68 55	16 65	66 13	38 00	95 76	50 67	67 65	18 83
01 50	34 32	38 00	37 57	47 82	66 59	19 50	87 14	35 59	79 47
79 14	60 35	47 95	90 71	31 03	85 37	38 70	34 16	64 55	66 49
01 56	63 68	80 26	14 97	23 88	59 22	82 39	70 83	48 34	46 48
25 76	18 71	29 25	15 51	92 96	01 01	28 18	03 35	11 10	27 84
23 52	10 83	45 06	49 85	35 45	84 08	81 13	52 57	21 23	67 02
91 64	08 64	25 74	16 10	97 31	10 27	24 48	89 06	42 81	29 10
80 86	07 27	26 70	08 65	85 20	31 23	28 99	39 63	32 03	71 91
31 71	37 60	95 60	94 95	54 45	27 97	03 67	30 54	86 04	12 41
05 83	50 36	09 04	39 15	66 55	80 36	39 71	24 10	62 22	21 53
98 70	02 90	30 63	62 59	26 04	97 20	00 91	28 80	40 23	09 91
82 79	35 45	64 53	93 24	86 55	48 72	18 57	05 79	20 09	31 46
37 52	49 55	40 65	27 61	08 59	91 23	26 18	95 04	98 20	99 52
48 16	69 65	69 02	08 83	08 83	68 37	00 96	13 59	12 16	17 93
50 43	06 59	56 53	30 61	50 21	29 06	49 60	90 38	31 43	19 25
89 31	62 79	45 73	71 72	77 11	28 80	72 35	75 77	24 72	98 43
63 29	90 61	86 39	07 38	38 85	77 06	10 23	30 84	07 95	30 76
71 68	93 94	08 72	36 27	85 89	40 59	83 37	93 85	73 97	84 05
05 06	96 63	58 24	05 95	56 64	77 53	85 64	15 95	93 91	59 03
03 35	58 95	46 44	25 70	31 66	01 05	44 44	62 91	36 31	45 04
13 04	57 67	74 77	53 35	93 51	82 83	27 38	63 16	04 48	75 23
49 96	43 94	56 04	02 79	55 78	01 44	72 26	85 54	01 81	32 82
24 36	24 08	44 77	57 07	54 41	04 56	09 44	30 58	25 45	37 56
55 19	97 20	01 11	47 45	79 79	06 72	12 81	86 97	54 09	06 53
02 28	54 60	28 35	32 94	36 74	51 63	96 90	04 13	30 43	10 14
50 50	13 78	22 20	37 56	97 95	49 95	91 15	52 73	12 93	7 94
33 71	32 43	29 58	47 38	39 96	67 51	64 47	49 91	64 58	93 07
70 58	28 49	54 32	97 70	27 81	64 69	71 52	02 56	61 37	04 58
09 68	96 10	57 78	85 00	89 81	98 30	19 40	76 28	62 99	99 83
19 36	60 85	35 04	12 87	83 88	66 54	32 00	30 20	05 30	42 63
04 75	44 49	64 26	51 46	80 50	53 91	00 55	67 36	68 66	08 29
79 83	32 39	46 77	56 83	42 21	60 03	14 47	07 01	66 85	49 22
80 99	42 43	05 58	54 41	98 05	54 39	34 42	97 47	38 35	59 40
48 83	64 99	86 94	48 78	79 20	62 23	56 45	52 65	56 36	83 02
28 45	35 85	22 20	13 01	73 96	70 05	64 50	68 59	96 58	16 63
52 07	63 15	82 50	66 23	14 26	66 61	17 80	41 97	40 27	24 80
39 14	52 18	35 87	48 55	81	03 11	26 99	03 80	08 86	50 42

DEUXIEME PARTIE :

EVOLUTION DE LA STRATE

HERBACEE SOUS BOISEMENT

D'EUCALYPTUS DANS LA

REGION DE KITABI.

UNIVERSITE ALGERIENNE

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES

ALGER

1961

100 pages

100 pages

100 pages

DEUXIEME PARTIE: L'EVOLUTION DE LA STRATE HERBACEE
SOUS BOISEMENT D'EUCALYPTUS DANS LA
REGION DE KITABI.

1. LE MILIEU PHYSIQUE

1.1. Situation géographique.

Le bloc théicole de Kitabi est situé dans la commune de Mudasonwa en préfecture de Gikongoro à une cinquantaine de kilomètres de Butare, de part et d'autre de la route Butare-Gikongoro-Cyangugu (1).

Il est limité au Nord-Est par la rivière Mudasonwa et ses affluents. A l'Ouest, il est bordé par la forêt naturelle de Nyungwe, tandis qu'au Sud il est ceinturé par les rivières drainées par l'Akanyaru.

De ce fait le bloc industriel de Kitabi est situé sur la ligne de partage des eaux des bassins de la Lukarara et de l'Akanyaru.

Sis sur les premiers contreforts de la Crête Zaïre-Nil, Kitabi est caractérisé par une haute altitude. Elle est de 1900 m à la Mudasonwa, s'élève jusqu'à 2.250 m, certains sommets pouvant atteindre 2.400 m.

Son paysage est constitué par une succession de collines arrondies localement surmontées de petits sommets en forme de "pain de sucre". Le raccordement entre ces collines se fait par des cols étroits mais beaucoup d'elles sont individuelles. Ces collines aux sommets arrondis et présentant vers le haut des versants convexes, se terminent vers le bas par une rupture de pente déterminant ainsi des versants très raides. Ces derniers s'ouvrent sur d'assez larges vallées en forme d'U d'une centaine de mètres environ en moyenne.

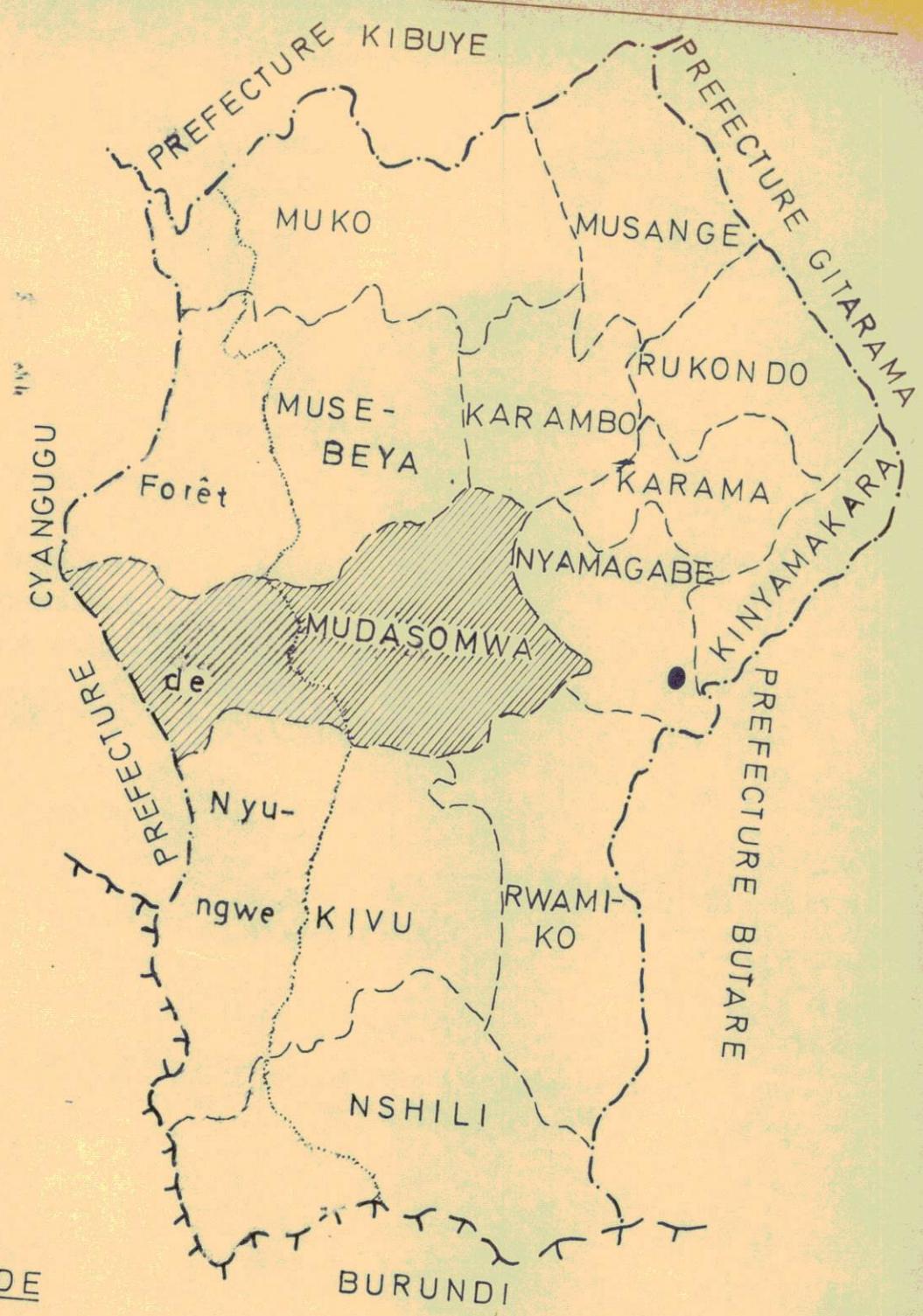
Il arrive cependant que par endroits les cols se terminent vers le bas en gorge étroite entre les collines qu'ils raccordent, les pentes étant trop abruptes.

(1) La zone d'étude concerne spécialement les boisements situés sur le côté gauche de la route en direction de Cyangugu.

-42-

FIG. 7

CARTE DES COMMUNES DE LA PREFECTURE DE GIKONGORO



LEGENDE

- ⊥ ⊥ ⊥ Limite nationale
- · - · Limite de préfecture
- - - - Limite de commune
- · · · · Limite de la forêt
- Chef-lieu de préfecture
- ▨ Commune enquêtée

ECHELLE : 1/375000

0 7,5 15 Km

1.2. Les données climatiques

1.2.1. Précipitations.

La région de Kitabi, comme l'ensemble de ces hautes terres de la Crête Zaïre-Nil, est caractérisée par des pluies abondantes. Pour une moyenne nationale qui varie entre 800 mm et 1.400 mm, la hauteur des pluies de la région de Kitabi excède largement les 1.400 mm. (Fig:9)

La grande pluviosité de la région de Kitabi est due à la combinaison de plusieurs facteurs. En plus de l'importance des pluies qui caractérise les régions de la zone intertropicale, celles de la Crête Zaïre-Nil sont continuellement mouillées par des pluies d'origine orographique.

D'autre part, la forêt naturelle de Nyungwe à proximité exerce une grande influence sur le régime pluviométrique de la région. Nous constaterons également que le régime des vents est responsable d'une partie des précipitations.

Le tableau (Fig:9) montre une progression assez régulière des pluies de janvier à mai, suivie d'une chute pendant la saison sèche de juin et juillet. D'août à décembre, la répartition des pluies devient plus régulière.

Ceci est important, comme nous le verrons, pour la croissance de la végétation en général et pour les boisements d'Eucalyptus et de son sous-bois en particulier.

Il faut noter que la saison sèche est plus courte dans ces régions que sur le Plateau Central (un peu plus de deux mois).

Les particularités topographiques de la région liées à un régime des vents spécial créent des différences pluviométriques entre les versants occidental et oriental. Il se trouve que le versant occidental est plus arrosé que le versant oriental.

" Les 1.400 mm de pluie requis pour la culture du thé ne sont atteints qu'à partir de 2.100 m sur le flanc oriental alors qu'à 1.650 m le flanc occidental reçoit le même volume." (1)

(1) FRANKART R et alii, op.cit. p.53

Cette différence de pluviosité, ressentie surtout sur des versants proches du lac Kivu mais dont les effets arrivent jusqu'au contrefort oriental, entre les deux versants est due au fait que les courants de l'Alizé du Sud-Est sont dérivés dans le couloir formé par la dépression du lac Tanganyika et de la Rusizi, apportant ainsi l'humidité de dessus les lacs de l'Ouest vers l'Est.

En conclusion sur les précipitations de la région de Kitabi, on peut dire que celles-ci sont les plus grandes responsables d'une végétation riche et variée qu'on y rencontre. Ce n'est que pendant la saison sèche qui varie de 1 à 3 mois qu'on remarque que les précipitations sont inférieures à 60 mm. Durant cette période, les chutes de pluies mensuelles oscillent entre 10 et 50 mm.

1.2.2. Température

La température annuelle moyenne est de 15°C à 16°C (Fig:9). Dans ces régions, comme dans l'ensemble des régions de montagnes, le climat est très sensiblement tempéré par l'altitude. Le diagramme (Fig:9) montre une très faible modification de la température au long de l'année. Pour l'année 1981 (seule référence que nous avons pu trouver sur les lieux), nous avons constaté que le mois le plus chaud avait 16°91 de température moyenne (mars) tandis que le mois le plus froid en avait 15°97 (juillet). En d'autres termes, l'amplitude annuelle de la région de Kitabi (0°9) est inférieure à la moyenne nationale qui est de 1°6 pour les altitudes dépassant 2000 m (GOTANEGRE 1981). En revanche, l'amplitude diurne se maintient au-delà des 10° pour une moyenne nationale de 9° pour les hautes altitudes.

Contrairement aux autres régions du pays, sur ce premier contrefort oriental de la Crête Zaïre-Nil, la chute de la température (juin: 16°20 et surtout juillet: 15°97) correspond aux minimums pluviométriques (juin: 8,4 mm, juillet: 0,3 mm). Le tableau (Fig:10) montre lui-même une grande diminution de la vitesse des vents pendant cette période.



Les hautes terres de la Crêt Zaïre-Nil ont
une végétation riche et variée.

Sur la photo: région de Kitabi au pied
de la forêt naturelle
de Nyungwe.



L'enquête s'est effectuée dans la région
de Kitabi.

La station théicole de Kitabi a planté
366,49 ha de boisements d'Eucalyptus.

Sur la photo: une colline entièrement boisée (Kalutembo).

N.B. C'est en voulant trouver une explication à cette chute de la température pendant la saison sèche que nous avons pensé y établir un certain rapport avec le régime des vents.

Comme il ne nous a pas été possible de trouver un tableau du régime des vents établi sur une plus longue période, nous estimons que le tableau de 1981 peut fournir quelques éléments d'explication.

Ce phénomène peut, à notre avis, s'expliquer par le fait que les courants de l'Alizé porteurs d'humidité qui sont déviés vers cette région et qui constituent des vents chauds changent à cette période de direction, laissant dans la région de Kitabi quelques vents locaux froids.

En conclusion sur les données climatiques de la région de Kitabi, la haute altitude, la proximité de la forêt et un régime des vents spécial fait de cette région une zone dont le climat est de type Cw 2-3 (classification de KÖPPEN). C'est un climat tempéré à 2-3 mois de saison sèche.

1.3. Sol et végétation.

La région de Kitabi est grande productrice de thé, d'éleusine, de petit pois, de froment, etc... Toutes ces cultures demandent un sol profond et continuellement humide sur une haute altitude (plus de 1.800 m pour le thé). En effet, la haute pluviosité et la basse température qui caractérisent cette région de la Crête Zaïre-Nil, ont créé des types de sols particuliers, eux-mêmes localement différents suivant le type de roche-mère de laquelle ils sont dérivés et de la manière dont s'est faite l'altération. Celle-ci sera plus ou moins importante suivant le type de roche.

Ainsi on aura des sols de type ferrisols dérivés du complexe schisto-métamorphique (Yq) (1). Ces sols se rencontrent surtout sur les versants de pente simple supérieure à 20%.

On aura un type de sol appelé ferrisol humifère argileux mince (Yt) localisé sur les sommets des croupes tandis que sur les sommets des croupes tandis que sur les versants de ces dernières on aura le type ferrisol humifère argileux profond (Yg).

(1) Cette classification tirée du livre: Prospection des terroirs théicoles du Rwanda op.cit. appartient à la F.A.O.

Certaines roches-mères ont subi une plus importante altération créant ainsi des sols de type ferralsol. Les matériaux ferralsoliques dérivés du complexe quartzito-métamorphique se divisent en trois catégories.

- Les ferralsols humifères argileux ocre-jaune (Yk) dont l'horizon humifère est instable à cause de l'abondance d'éléments grossiers.

- Les ferralsols humifères argileux ocre-jaune minces (qk) qui se localisent sur les sommets aigus influencés par les quartzites.

- Les ferralsols humifères argilo-sablonneux ocres (CB) situés sur certains versants sous les sommets occupés par les ferralsols humifères argileux ocre-jaune minces (qk).

A côté de ces sols propres aux régions de climat tropical, on a des sols appelés complexes, qui sont de deux types: complexe des sols de dépressions dans les incisions influencées par les roches basiques et le complexe des sols des dépressions à engorgement temporaire de surface.

Parmi les sols de bonne valeur agricole, nous citerons les ferrisols influencés par les roches basiques. Ce sont notamment les ferrisols humifères argileux lourds ocre-jaune (Bc). Ils sont localisés sur des versants concaves fortement redressés. L'horizon humifère post-forestier (1) y a été décapé et l'occupation culturelle par l'homme a été à la base de l'apparition d'un nouvel horizon de surface anthropique constitué de polyèdres moyens stables peu colorés.

Malgré la disparition complète de la forêt naturelle à Kitabi, certains endroits ont maintenu le type de sol forestier avec son horizon humifère épais, saturé et caractérisé par la richesse de la flore. (Voir le profil du sol forestier(Fig:11).

Dans l'ensemble, on rencontre dans la région de Kitabi des sols de bonne valeur agricole mais la topographie très tourmentée rend très difficile leur aménagement et les expose continuellement au ruissellement.

(1) La région de Kitabi se trouve dans une zone qui jusqu'à une époque récente, était occupée par la forêt naturelle de Nyungwe.

Les meilleurs sont occupés par des plantations de thé et les moins bons par les boisements d'Eucalyptus ou par des cultures vivrières.

Pour conclure sur cette présentation de la zone d'étude, la situation de Kitabi sur les hautes terres de la Crête, son relief fortement accidenté, son abondante pluviosité et un régime des vents assez caractéristique en font une des régions du pays où l'érosion est la plus menaçante. En effet d'après la classification de DELEPIERRE G, sur les douze régions agricoles du Rwanda, la Crête Zaïre-Nil se trouve dans les régions agricoles où l'érosion est grave.(Fig:3)

" Erosion grave: Crête Zaïre-Nil, Hautes terres du Buberuka, Dorsale granitique.

Erosion moyenne: Bordure du lac Kivu, Plateau Central, Impara, Mayaga, Plateau de l'Est.

Erosion faible: Le Bugesera, l'Imbo, Savane de l'Est.

Erosion très faible: terres de laves.

(1) DELEPIERRE, G: "Les régions agro-climatiques en relation avec l'intensité de l'érosion du sol"
in Bulletin Agricole du Rwanda , n° 2 avril
1982, p 87 - 95.

2. LA REACTION DE LA STRATE HERBACEE SOUS BOISEMENT D'EUCALYPTUS EN FONCTION DES DIFFERENTES VARIABLES INDEPENDANTES

Au cours de nos premiers paragraphes nous avons donné quelques hypothèses par lesquelles nous nous proposons d'aborder cette étude et qui allaient ouvrir la voie à d'autres hypothèses. Toutes ces hypothèses se résument à vouloir démontrer qu'il y a une certaine réaction de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus. Les mesures de la biomasse dans un endroit boisé et à sa périphérie nous ont montré qu'en réalité la strate herbacée disparaît progressivement sous boisement d'Eucalyptus alors qu'elle se maintient et se développe normalement dans un endroit non boisé.

N.B. Les prélèvements se sont effectués dans les boisements de Kintobo, Kabutembo, Cy'Umushyika et Cyuruwaha, car ces collines présentent, contrairement à plusieurs autres, une vaste périphérie non boisée.

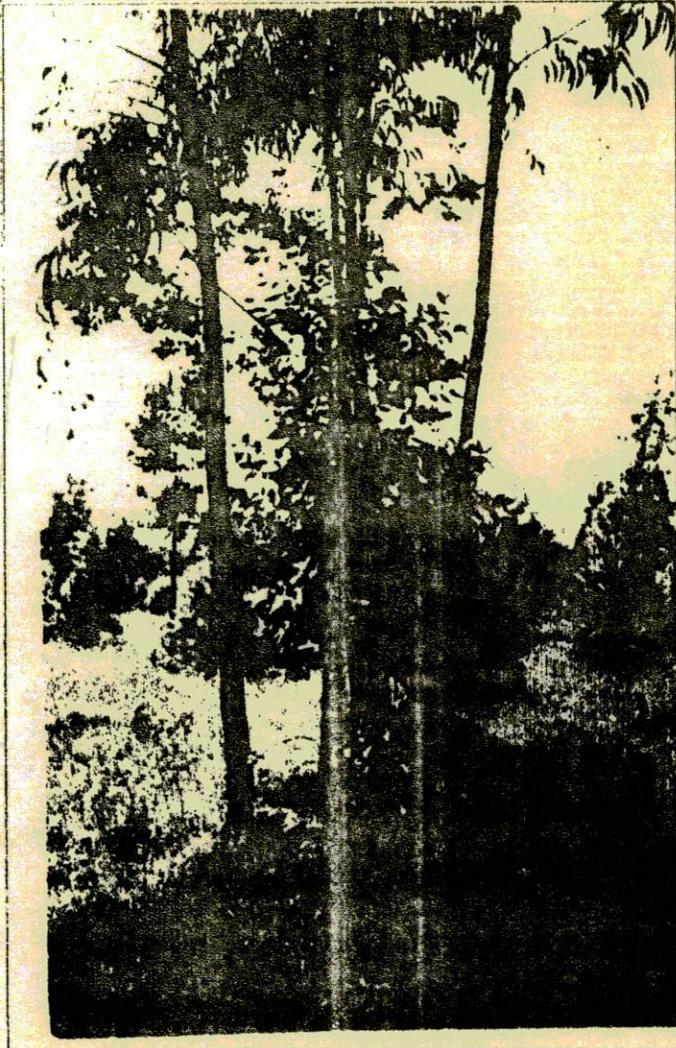
Il est évident que pour une colline donnée, à part la présence des arbres dans un secteur boisé, toutes les autres conditions sont identiques sous boisement comme à la périphérie (sol, pentes, orientation, exposition,...) L'ordre 1er, 2e, 3e, 4e, ... boisement correspond à l'ordre d'enquête dans les boisements pour chaque colline. Ainsi les collines que nous venons de nommer avaient un peu plus de 4 boisements chacune.

Pour simplifier le tableau tout en gardant les mêmes proportions, les résultats des boisements de même numéro d'ordre étaient mis ensemble pour donner un seul chiffre: la moyenne.

Cette moyenne est alors transcrite dans la colonne correspondant au numéro d'ordre.

Le tableau ci-après compare la strate herbacée sous boisements d'Eucalyptus et sur la périphérie non boisée.

TABLEAU VII: Les mesures de la biomasse dans un endroit boisé et sur la périphérie non boisée.



B

L'Eucalyptus est une essence qui rejette facilement de souche. Elle est une source perpétuelle de bois.

C'est pourquoi l'Eucalyptus occupe une place prépondérante dans les boisements au Rwanda.



Cesont des boisements routiers.

Les Eucalyptus inhibent le développement de la strate herbeuse sur les routes et empêchent le glissement de terrain.

Boisements	Sous boisement boisé (gr/m ²)	Périphérie non boisée gr/m ²
1°boisement	530	1.040
2°boisement	510	985
3°boisement	495	792,5
4°boisement	557,5	1.015
Total	2.092,5	3.832,5

A partir de ce tableau nous constaterons que d'une manière générale (bien que tous les boisements de notre zone d'étude ne soient pas concernés pour donner des mesures plus statistiquement représentatives), le développement de la strate herbacée subit une influence inhibitrice sous boisement d'Eucalyptus. En effet on constate une diminution sous couvert de 35 à 40% par rapport aux zones situées à l'air libre. Ce tableau ne cherche pas cependant à montrer précisément le degré de diminution de la strate herbacée sous couvert par rapport aux zones situées à découvert. Cela demanderait l'intervention d'autres facteurs tel que l'âge. Ce tableau ne fait que confirmer l'hypothèse selon laquelle la strate herbacée diminue sous couvert d'Eucalyptus.

La confirmation de cette hypothèse nous a amené à nous poser la question de savoir pourquoi les boisements d'Eucalyptus exercent-ils une influence inhibitrice à l'égard de son sous-bois. A cette première question, s'est ajoutée une autre: exercent-ils (les boisements d'Eucalyptus) cette influence inhibitrice de la même manière partout?

La simple observation montre que la diminution ou la disparition de la strate herbacée ne se fait pas toujours au même rythme. Comme nous le verrons, certains secteurs boisés gardent presque parfaitement le dynamisme de croissance de leur strate herbacée et buissonnante. D'autres, au contraire, n'ont de sous-bois herbeux que quelques lambeaux épars.

La réponse à ces deux questions tient à la fois à la nature de l'essence même avec ses particularités anatomiques et aux données propres au milieu naturel.

La réaction du sous-bois serait pour ainsi dire la résultante des composantes suivantes: exigence de la plante - état du milieu naturel. A deux milieux naturels différents, le même comportement de l'Eucalyptus occasionnera deux réactions différentes du sous-bois. C'est à l'intérieur des diverses variables du milieu géographique, confrontées aux exigences de l'Eucalyptus, que nous allons devoir étudier la réaction de la strate herbacée. Ces variables sont celles qui, généralement exercent un certain impact sur l'ensemble des végétaux - nous en verrons aussi de plus particuliers aux boisements d'Eucalyptus.

Ce sont notamment: la valeur de la pente, le type de sol, la densité des plantations, l'âge des boisements, les variétés d'Eucalyptus, la localisation (ou le site) des boisements d'Eucalyptus et l'entretien des arbres.

De leur côté les exigences de l'Eucalyptus, découlant de ses particularités anatomiques et en rapport avec lesquelles les variables du milieu vont agir sur le sous-bois, doivent être tenues en compte. Il s'agit principalement des exigences en eau: L'Eucalyptus est une essence qui consomme des quantités considérables d'eau. L'Eucalyptus est aussi connu pour son allélopathie. Les substances chimiques qu'il sécrète inhibent le développement des autres plantes.

Pour les espèces de plantes qui aiment la lumière, le houppier des Eucalyptus constitue une barrière anti-lumière importante.

N.B. L'ordre suivi pour traiter de ces variables n'est pas en fonction de leur importance mais celui que nous avons suivi dans le prélèvement des échantillons. Nous donnerons au fur et à mesure le degré d'importance que nous accordons à chacune des variables.

La localisation (ou site) des boisements d'Eucalyptus a une certaine influence sur le développement de ceux-ci mais aussi et plus sur la strate herbacée. Nous allons voir dans quelle mesure cette affirmation peut-elle se justifier.

2.1. INFLUENCE DE LA LOCALISATION DES BOISEMENTS.

Par localisation il faut entendre pour les collines boisées le sommet, le versant et le bas-fond (ou vallée). La région de Kitabi faite d'une succession de croupes arrondies offre un paysage caractéristique de discontinuité ou les cimes des boisements, qui épousent les formes du relief, permettent par la nuance des couleurs de juger de l'influence de la localisation sur les boisements d'Eucalyptus et par ces derniers sur la strate herbacée. On peut remarquer, en effet, en observant la cime des arbres une légère modification dans les nuances de couleur des feuilles d'Eucalyptus du haut de la colline vers le bas et une reprise des nuances premières quand on arrive dans la vallée.

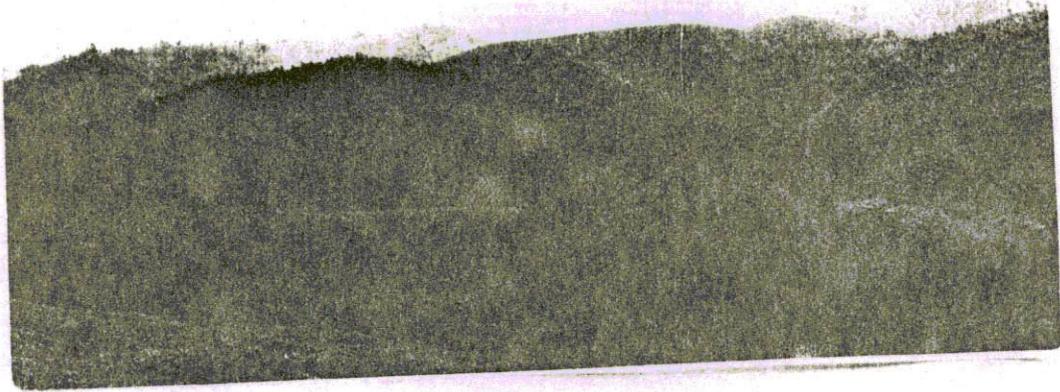
Au sommet de la colline où les conditions de croissance sont les meilleures, les arbres ont un vert plus foncé que sur les versants où les feuilles par manque d'eau suffisante tournent au jaune.

D'autre part, à défaut de cette variation dans les nuances du vert (soit qu'elle n'existe pas ou qu'elle ne soit pas directement discernable à l'oeil nu), on remarque une sensible diminution de la densité du houppier au fur et à mesure que l'on évolue entre le sommet de la colline et la vallée.

Ce qui est vrai pour l'Eucalyptus l'est aussi pour le sous-bois. Celui-ci diminue de densité et de vigueur quand on quitte le sommet de la colline vers le bas du versant. Le tableau suivant montre la répartition de la strate herbacée du sommet à la vallée en passant par le versant.

N.B. Les prélèvements se sont effectués sur les collines boisées de Kabutembo, Gikonki et Busenyi.

Ces prélèvements se sont faits sur des boisements de même âge, de même écartement ainsi que de même variété d'Eucalyptus (maideni).



Sis sur les premiers contreforts de la Crête Zaïre-Nil, Ritabi est caractérisée par une haute altitude, un milieu humide et une riche végétation climacique.

B



Le paysage de Ritabi est constitué par une succession de collines arrondies localement surmontées de petits sommets en forme de "pain de sucre".

TABLEAU VIII: Répartition de la biomasse du sommet de la colline vers la vallée en gr/m²

Localisation	Sommet	Versant	Vallée.
1° boisement	640	360	656
2° boisement	595	415	592
3° boisement	462	320	562
4° boisement	608	456	683
TOTAL	2.305	1.541	2493

Sur terrain découvert la biomasse au sommet était: 810 gr/m².

Si entre le sommet de la colline et la vallée, la différence n'est pas significative, il n'en est pas de même ces deux localisations et le versant où le rapport de diminution est compris entre 25 et 40%.

Nous avons évoqué le manque d'eau suffisante sur les versants - soit qu'à cause de la pente elle ruisselle plus qu'elle ne percole, soit que le sol y est moins épais et retient peu d'eau - pour expliquer la faible densité du houppier et le jaune des feuilles traduisant ainsi la mauvaise croissance des arbres. Est-ce la même raison qui conduit au mauvais développement de la strate herbacée?

Nous avons conclu que non car sur les mêmes collines, à la périphérie des boisements, il n'y avait pas de différence remarquable entre la biomasse du sommet (810) de la colline et celle de versant (795). Il faut chercher la raison de ce faible dynamisme dans l'influence des boisements d'Eucalyptus. Ici, encore, la meilleure démarche pour arriver à une réponse acceptable est celle qui part des hypothèses de travail.

Le rapport de diminution de la strate herbacée de versant sur celle de sommet et de bas de pente est plus élevée sous boisement d'Eucalyptus qu'à la périphérie non boisée pour la ou les raisons suivantes relatives à la nature même de l'Eucalyptus.

- L'Eucalyptus exerce une concurrence pour l'eau plus grande sur le versant que sur le sommet de colline.
- L'ombre créée par les boisements d'Eucalyptus est plus importante sur versant qu'au sommet et dans la vallée de la colline.
- Le développement des racines traçantes rend le sol peu épais sur les versants, provoquant ainsi une faible croissance de la strate herbacée.

La première hypothèse selon laquelle la concurrence de l'eau de l'Eucalyptus sur la strate herbacée est plus forte sur le versant que sur le sommet de la colline ou dans la vallée se justifie dans bien des cas. En effet sur la pente l'eau coule et n'a pas le temps de se fixer dans le sol. Le peu d'eau qui s'infiltré dans le sol est assimilé par l'Eucalyptus laissant ainsi l'herbe déshydratée se dessécher et disparaître ou se développer mal.

Si cette hypothèse est valable pour des terrains où le sol est dégradé et où le besoin en eau est réel, il n'en est pas de même pour la région de Kitabi où presque continuellement les terres regorgent d'eau de pluie. Autrement dit, en ce qui concerne la région de Kitabi - nous verrons que c'est différent dans d'autres régions - l'inhibition de la strate herbacée par les Eucalyptus n'est pas la concurrence de l'eau exercée sur elle par ces derniers.

L'hypothèse de la pression des racines latérales sur le sol plus sentie sur les versants (pentes) qu'ailleurs qui rend le sol peu épais est aussi valable dans la mesure où le terrain boisé n'est pas profond. Les données pédologiques de la région de Kitabi (Fig:14) nous montrent un sol suffisamment profond pour que l'action des racines dans ce sens soit vraiment négligeable.

Enfin, nous avons retenu l'hypothèse de l'inégale pénétration de la lumière. A la simple observation, on peut en effet remarquer que par rapport au sommet et un peu moins à la vallée, le sous-bois des boisements de versant baigne dans une ombre presque permanente. La raison d'être de cette ombre se trouve dans la combinaison des données du milieu physique avec la nature de l'Eucalyptus. C'est-à-dire que la très faible insolation qui, comme nous allons le voir, caractérise les flancs des collines de Kitabi est accentuée par la présence d'un dense houppier des Eucalyptus.

- Les données du milieu physique.

En ce qui est des effets du climat principalement, dans la région de Kitabi autant que dans tout ce contrefort de la Crête Zaïre-Nil, la forte humidité liée à la fréquente condensation des vapeurs d'eau en haute altitude est à la base de la formation de nombreux brouillards. Ceux-ci se manifestent pendant les premières heures de la journée.

Ces brouillards se localisent surtout le long des versants, voici pourquoi. La forte humidité des vallées crée pendant la nuit une condensation. Le brouillard couvre alors la vallée et les bas de pente. Au début du jour, avec le changement de température s'exerce un mouvement ascendant qui fixe le brouillard sur les versants jusqu'à leur disparition autour de dix heures.

Par effet de serre, le brouillard renvoie les rayons solaires plus qu'il ne les laisse pénétrer. Pendant une longue partie de l'avant-midi le sol des versants ainsi que les petites plantes sont privés de la lumière. Les grands arbres, eux, avec leur partie supérieure qui émerge du brouillard, reçoivent de la lumière.

La topographie elle-même a quelque influence sur l'inégale pénétration de la lumière sur versants et sur sommets et vallées des collines de Kitabi.

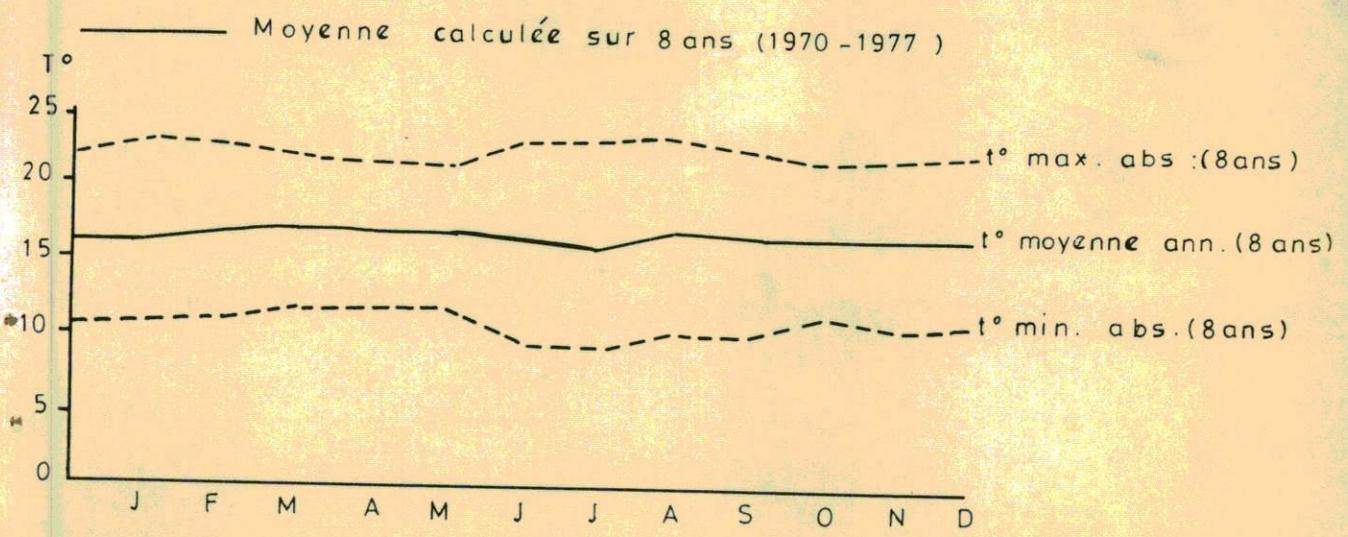
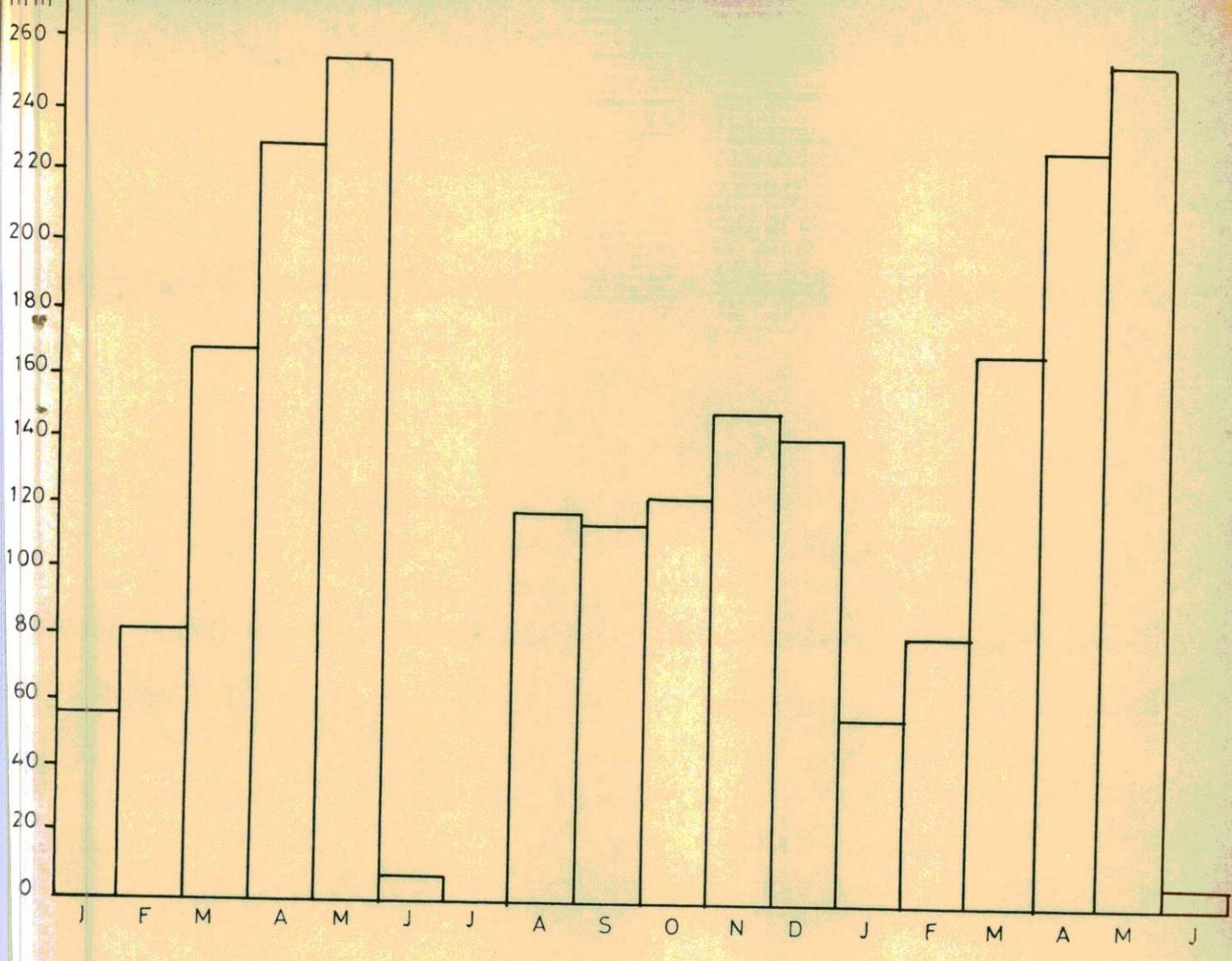
En effet, la succession des collines constituent une certaine barrière contre la lumière, les unes pour les autres. Pendant les premières heures de la journée, les versants tournés vers l'Est reçoivent l'ombre des collines orientales; c'est l'inverse pendant l'après-midi.

N.B. Cette action des données topographiques s'exerce aussi dans les vallées, mais beaucoup d'autres facteurs maintiennent une strate herbacée abondante (nous le verrons dans les chapitres suivants).

- L'influence des Eucalyptus

L'ailure générale des boisements de Kitabi, qui couvrent entièrement une colline, favorise un système d'ombrage généralisé qui est surtout ressenti au niveau des boisements de pente. A l'ombre créée par les boisements de pente eux-mêmes s'ajoute l'ombre portée des sommets.

P/ Fig. 9 PRECIPITATIONS ET TEMPERATURE : KITABI



D'après le service météorologique de KITABI

A la périphérie non boisée, le brouillard se dissipe beaucoup plus vite car les rayons solaires l'atteignent plus directement.

Dans les boisements, le brouillard s'y maintient plus longtemps; quelquefois une ou deux heures après que celui de la périphérie soit dissipé. L'insolation y est fortement arrêtée par la voûte des arbres.

Ceci a une grande importance sur la décroissance de la strate herbacée. La lumière y étant très faible, les espèces scia-phytes s'y développent mal.

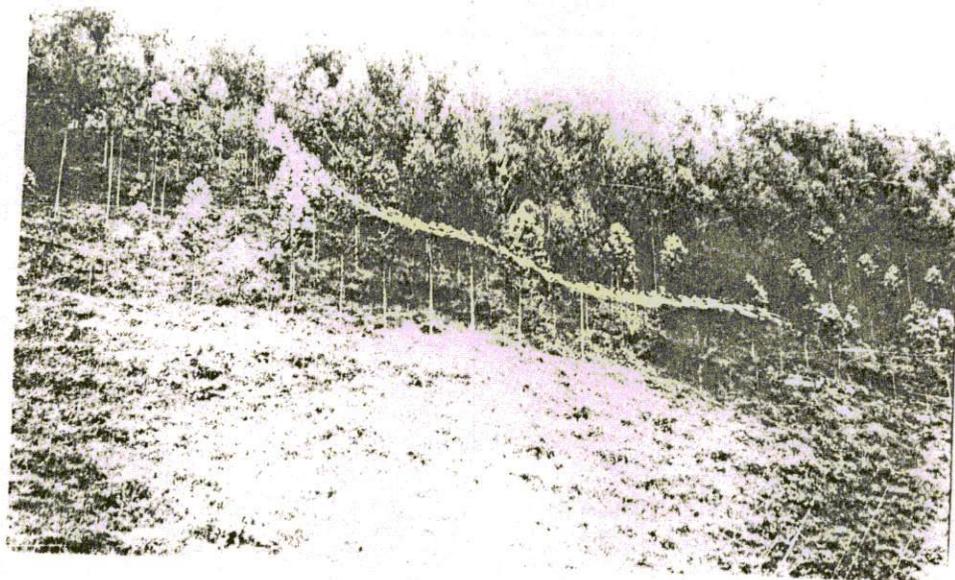
On y remarque cependant une grande prolifération des espèces hygrophiles. C'est le cas de quelques strates buissonnantes appelées par les indigènes: "intomvu", "umushyika", "umufumba", "umusalenda", etc... ainsi que des arbrisseaux tels que "igishihe", "imikeli", etc... (1)

En conclusion, le site (localisation) du boisement est un facteur important pour le développement du sous-bois. Dans la zone d'étude qui nous concerne (Kitabi), c'est l'élément "lumière" qui, faisant défaut, occasionne une diminution (voire une disparition dans certains secteurs) de la strate herbacée.

La concurrence de l'eau et la faible épaisseur du sol sont, certes, des facteurs d'inhibition du sous-bois — nous verrons d'ailleurs qu'ils sont déterminants dans certains endroits; leur influence est cependant minime en ce qui concerne les boisements de versants de la zone d'étude.

N.B. Quand nous parlerons de l'influence de la valeur de la pente, nous verrons qu'il y a des différences entre les versants eux-mêmes en ce qui regarde l'importance de la strate herbacée.

(1) Voir en annexe le nom scientifique.



La strate herbacée est plus abondante
à la périphérie non boisée qu'à
l'intérieur des boisements.

Sur la photo: jeunes plants d'Eucalyptus
dans une plantation de
Nyakiliba.

B



La biomasse de la strate herbacée est plus
importante au sommet de la colline que
sur le versant.

Photo: Les eaux de ruissellement se sont créés
par endroits des voies de passage.

2.2. L'ÂGE ET L'ENTRETIEN DES BOISEMENTS.

2.2.1. L'âge des boisements

Quand on constate qu'il y a effectivement une progressive diminution de la strate herbacée, on ne peut ne pas se poser la question de savoir quand disparaîtra-t-elle complètement. Quand on se retrouve devant un boisement où le terrain sous-jacent est presque entièrement dépourvu de couverture herbeuse, il y a lieu de se demander combien de temps a-t-elle mis pour disparaître. C'est un repère intéressant - s'il était cernable - duquel les sylviculteurs pourraient tenir compte en vue d'une lutte anti-érosive plus effective.

Pour ce qui est du temps nécessaire à l'élimination de la strate herbacée, comme pour tous les agents favorables à l'érosion, il faut tenir compte des différentes interactions qui existent entre toutes les variables indépendantes.

La vitesse de diminution de la strate herbacée dépendra de la plus ou moins grande combinaison des facteurs favorables à sa disparition. La question de savoir le rythme de diminution de la strate herbacée exige une connaissance détaillée de tous les facteurs inhibiteurs de celle-ci. Là encore, chaque milieu écologique, chaque espèce herbeuse apportent des nuances telles que les seules recherches d'une année ne pouvaient donner que des résultats précaires et absolument incertains.

La deuxième question fut de savoir si l'âge des boisements a quelque influence sur la strate herbacée.

Il ne s'agit pas de savoir si la diminution du sous-bois est proportionnelle à l'espace de temps qu'il passe sous l'influence des Eucalyptus. Cela va de soi. Il s'agit plutôt de cerner l'impact exercé par deux boisements d'âge différent sur un sous-bois de même âge, pour ainsi dire.

En d'autres termes, c'est poser la question de l'allélopathie des Eucalyptus dans son rapport avec la croissance des arbres.

C'est une curiosité qui nous est venue quand nous avons appris que dans certains boisements de sommet de collines ou d'autres endroits où la strate herbacée est particulièrement abondante on coupe périodiquement de l'herbe sous les plants pour leur permettre une meilleure croissance.

N.B. Les prélèvements des échantillons se sont effectués autour des arbres choisis au hasard (voir Prélèvement des échantillons) dans les boisements d'âge différent mais de même rythme d'entretien, dans un quadrillage de 4 m².

Le tableau ci-après montre qu'en effet plus un arbre est âgé, plus fort est son caractère allélopathique. Certaines essences se montrent moins exigeantes une fois bien fixés dans le sol. C'est le cas notamment de certaines euphorbes ("Umuyenzi" dans notre langue).

TABLEAU IX : Relation âge du boisement et importance de la strate herbacée. (gr/m²)

Année de boisement	1971	1972	1973	1975	1978
1 ^o boisement	225	557,5	660	655	705
2 ^o boisement	190	465	580	607,5	657,5
3 ^o boisement	187,5	417,5	532,5	585	635
4 ^o boisement	160	485	537,5	590	705
TOTAL	837,5	1925	2310	2437,5	2702,5
Sur terrain découvert					1240

A côté de ces apparentes constatations sur l'influence de l'âge, quelles sont les hypothèses possibles pour expliquer ce phénomène? Il faut rappeler que ces boisements sont identiques en tout sauf en âge.

- Plus l'Eucalyptus devient adulte, plus la quantité de terpène augmente et détruit encore plus vite les autres plantes.
- Avec l'âge, le houppier des Eucalyptus devient plus épais et plus impénétrable pour la lumière.
- L'Eucalyptus devenant plus grand consomme encore plus d'eau et le sous-bois se développe mal dans un milieu déshydraté.
- Les racines d'un grand arbre, devenues plus grosses et tout le réseau racinaire plus dense, rendent la couche superficielle du sol peu épaisse et par conséquent incapable de fixer la strate

herbacée.

Toutes ces hypothèses interviennent, certainement, à des niveaux différents dans la disparition de la strate herbacée. De toute manière, dans un boisement déterminé, sur un substratum et des conditions bio-climatiques donnés, il y a lieu de déceler une variable indépendante prédominante.

On ne peut nier l'action inhibitrice de la terpène et son abondance au fur et à mesure que l'arbre grandit. Cependant quand on y regarde de près, les jeunes plants avec leurs feuilles et leurs branches presque continuellement en contact avec la strate herbacée (on se rappellera que c'est dans les feuilles où se trouve la plus grande concentration de terpène) devraient constituer plus de danger d'inhibition pour cette dernière.

Il en est de même pour l'hypothèse selon laquelle le houppier des vieux Eucalyptus étant plus épais arrête avec plus d'opacité la lumière. Nous avons évité exprès de parler de "houppier dense", car si celui des grands arbres est plus épais, il n'est pas toujours plus dense (dans le sens de quantité de feuilles par rapport à tout le volume du houppier). D'autre part, le houppier des jeunes arbres, parce que plus proche, couvre encore davantage la strate herbacée que dans le cas de grands arbres où la longueur des fûts laisse un grand espace où les rayons obliques du soleil peuvent toucher le sou-bois.

Le facteur "lumière" ne peut, à notre avis se justifier dans le cas des relations d'âge des différents boisements.

Nous n'avons pas non plus retenu le facteur "eau" car, comme cela a été précisé plus haut, la région est si humide que la concurrence de l'eau de l'Eucalyptus joue un rôle insignifiant.

Le facteur "sol" que nous privilégions comme étant celui qui intervient dans la relation "âge des boisements" semble plus déterminant.

On se rend compte de la pauvreté et de la faible profondeur du sol à proximité de l'arbre. La pression exercée par la souche (partie basse de l'arbre) et surtout par les racines traçantes adjacentes à celle-ci amincit le sol et elle le rend inapte à recevoir d'autres plantes.

La simple observation montre que rares sont les arbrisseaux et les strates buissonnantes qui poussent et se développent directement sous l'arbre. Puisque normalement leur taille les met à l'abri de bien d'autres formes d'inhibitions (ombre, substances chimiques inhibitrices, concurrence pour l'eau...), le motif de leur absence se trouve dans la faible couche superficielle du sol. La souche de l'arbre et les racines traçantes occupent une grande partie du sol.

En résumé, l'âge des boisements joue un grand rôle dans la disparition de la strate herbacée car l'épaisseur du sol est inversement proportionnelle à la densité du réseau racinaire, du volume des racines et au degré de développement de la souche.

2.2.2. L'entretien des boisements.

Le mode d'entretien des boisements est un paramètre non négligeable dans l'évolution de la couverture herbacée.

A Kitabi, comme dans toutes les stations théicoles du pays qui doivent disposer d'assez de bois pour leurs installations, les boisements sont très bien entretenus. Cet entretien, nous avouait-on à Kitabi, vise un double but: d'une part la bonne croissance des Eucalyptus, d'autre part la protection du sol.

En effet, en coupant les arbres qui ont un certain âge, en élagant certaines branches qui gênent la croissance des arbres voisins, cela permet aux espèces héliophiles de grandir et de constituer une bonne couverture herbeuse. Il ne faut cependant pas attendre que le sol soit complètement nu pour pratiquer ce genre d'entretien comme c'est le cas dans un des boisements de la colline de Kintobo. Le sol ayant perdu la protection de la strate herbacée à cause du boisement d'Eucalyptus et n'étant plus suffisamment protégé par le houppier des arbres s'est trouvé à la merci des eaux de pluie et on remarque par endroits les traces d'une érosion importante.

NAHAL Ibrahim nous dit comment selon lui on doit mener une exploitation rationnelle de la forêt dans le cadre d'un plan d'aménagement qui a pour but de concilier sagement les objectifs économiques de production et les objectifs de conservation du sol.

"Le forestier ne doit couper que le volume de bois correspondant à son accroissement. Si une station donne m^3 par hectare et par an, la coupe de bois doit prélever ce volume seulement. Si on passe une fois tous les dix ans dans cette station pour faire des coupes, on doit prélever à chaque passage $n \times 10 m^3$ par hectare. Dépasser l'accroissement annuel, c'est appauvrir la forêt et provoquer une diminution de la fertilité de la station qui se répercute sur l'état général de la forêt et, par conséquent, sur son effet protecteur." (1)

La première préoccupation de la station théicole de Kitabi (comme de partout ailleurs) est d'avoir assez de bois pour les besoins de l'usine c'est-à-dire pour le séchage du thé. C'est pourquoi tout en cherchant à satisfaire la politique anti-érosive du pays les théiculteurs et les responsables de l'usine privilégient la première, péchant souvent contre l'autre. C'est ainsi que dans un boisement donné, qui a atteint le temps limite (10 ans), ils pratiquent des coupes blanches au lieu de coupes sélectives réglementaires pour la protection des sols. S'il est vrai que les Eucalyptus rejettent facilement de souche et que souvent la strate herbacée est meilleure conservatrice du sol, il n'est pas moins vrai que dans un bois où l'herbe est quasiment dégradée les coupes blanches laissent le sol à nu pendant un certain temps. Pis encore, on remarque que c'est pendant les périodes où le sol a le plus besoin de protection que celui-ci est laissé à nu par la pratique des coupes totales.

N.B. Il est vrai aussi que pendant ces périodes que les installations de l'usine et le chauffage du thé ont le plus besoin de bois.

Le tableau ci-après montre que c'est durant les mois les plus pluvieux que l'on pratique le plus de prélèvements dans les boisements de Kitabi. Ceci a pour conséquence que les précipitations les plus abondantes et les plus agressives (d'avril et de mai) rencontrent un sol peu protégé. La couverture herbeuse en voie de disparition sous l'influence des boisements d'Eucalyptus est très vite éliminée quand elle se trouve soudain au contact direct des gouttes de pluie après les coupes des arbres. Le phénomène est plus observable sur les versants des collines.

(1) NAHAL, Ibrahim, Principes de conservation du sol, Masson 1975

TABLEAU X : Les coupes de bois en rapport avec les périodes pluviieuses (1981). (1)

Les mois(1981)	Coupes:moyennes mensuelles(Kg)	Précipitations, en mm.
Janvier	103.332	57,7
Février	123.809	82,5
Mars	110.391	168,6
Avril	131.451	230,3
Mai	119.584	257,3
Juin	85.0001	8,4
Juillet	56.955	0,3
Août	39.682	119,7
Septembre	42.067	115,7
Octobre	60.545	123,1
Novembre	80.566	151,4
Décembre	66.722	142,3

N.B Le personnel de la station théicole de Kitabi nous a assuré que c'est dans les mêmes proportions que les coupes de bois se font tous les ans.

(1) Ces chiffres nous ont été fournis par le comptable de l'usine.

Ces coupes de bois considérables pendant la saison pluvieuse correspondent évidemment à l'importante récolte de thé pendant cette période; mais nous le précise NAHAL I, il faut suivre une méthode qui permette à la fois une bonne production et une forte protection.

"La méthode idéale de coupe pour les forêts de protection, lorsque la nature de la forêt et les conditions de sylviculture le permettent est celle des coupes sélectives et successives qui consistent à supprimer à intervalles fréquents et réguliers, certains arbres choisis parce qu'ils ont atteint leur maximum de rendement, et d'autres arbres mal formés ou dominés qui doivent être coupés pour améliorer la forêt ou l'éclaircir.

Au point de vue de la conservation du sol, la méthode des coupes successives n'altère pas beaucoup la voûte de la forêt et ne provoque donc pas de grands changements dans le milieu intérieur de la forêt (facteurs lumière et température notamment); la transformation de la matière organique demeure graduelle, ce qui maintient l'humus en bon état.

En outre, les dégâts dus au ruissellement sont également très négligeables." (1)

En conclusion, le bon entretien des boisements d'Eucalyptus est indispensable pour la meilleure protection du sol.

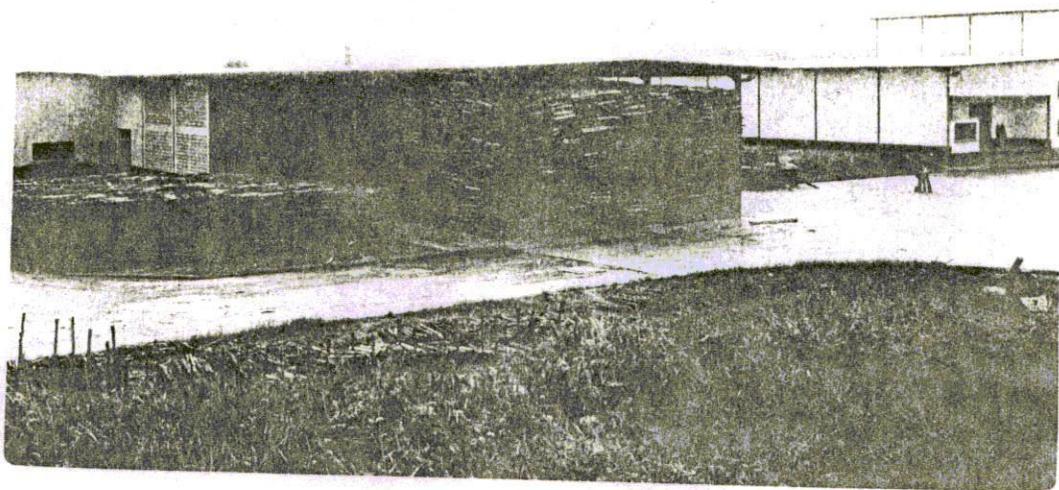
Il faut, non seulement pratiquer des coupes de bois réglementaires, mais aussi se rendre compte des secteurs plus menacés d'érosion pour y apporter la forme de protection qui convient.

(1) NAHAL, I : op.cit. p.15



Le degré de diminution de la strate herbacée est fonction de l'âge des boisements d'Eucalyptus.

Photo: Les jeunes plants d'Eucalyptus (Cymushyika) ont une faible influence inhibitrice sur la strate herbacée. B



Plus que pour la lutte anti-érosive, les boisements d'Eucalyptus du bloc théicole de Kitabi servent à fournir le bois de chauffage pour les besoins de l'usine

Photo: stockage de bois pour le séchage du thé.

2.3 LA DENSITE DES BOISEMENTS D'EUCALYPTUS

La densité d'un boisement est définie par le nombre de plants par unité de surface exprimée généralement en hectare. Dans ce chapitre, nous avons essayé d'étudier dans quelle mesure les écartements qu'on pratique dans les boisements d'Eucalyptus exercent-ils une influence sur la strate herbacée.

2.3.1 Les écartements pratiqués au Rwanda

Dans l'ensemble, les boisements plantés au Rwanda, à l'exception de quelques unités modèles ou d'expérimentation, ne montrent aucune rigueur dans les écartements. Ceci est vrai surtout pour les boisements communaux et individuels qui représentent successivement 88% et 6% des boisements faits au Rwanda. (1)

La recherche du plus grand rendement a éclipsé le souci de la lutte anti-érosive et si celle-ci s'impose dans des terroirs fort menacés comme nous le verrons dans notre ~~troisième~~ partie c'est sans aucun ordre préétabli que les arbres sont plantés souvent au gré des accidents de terrain.

Dans les boisements individuels, la rareté des plants autant qu'une occupation non rationnelle du sol a imposé des écartements démesurés. Dans le souci de voir occupée par des Eucalyptus la partie de sa propriété qu'il n'a pas pu cultiver, le paysan avec le peu de plants qu'il a, la reboise toute, c'est-à-dire qu'il pratique des écartements qui sont très variables allant souvent de 5 à 10m (Fubo).

2.3.2 Les types d'écartements pratiqués à Kitabi

Pendant cette dernière décennie, avec la vulgarisation et l'intensification des boisements, un certain écartement a été imposé du moins dans les boisements domaniaux ou appartenant à des centres de recherches ou des blocs industriels. Ainsi, à Kitabi, tous les 368,49 Ha sont soumis à des écartements qui ont été modifiés de 1971 à nos jours. On remarque actuellement une tendance générale vers les grands écartements.

(1) Ces chiffres ont été pris dans le bureau de l'agronome de Kitabi.

En effet, pendant la période qui va de 1971 (début des boisements à Kitabi) à 1974, l'écartement était de 2m x 1,5 dans tous les boisements. De 1974 à 1976, les boisements effectués étaient pratiqués avec des écartements de 3m x 1,5. De 1977 à nos jours, tous les boisements se font avec un écartement de 3m x 2.

Les plus grandes superficies de plantations d'Eucalyptus de Kitabi sont occupées de boisements à grand écartement (3m x 2). Sur les 368,49 Ha constitués de boisements, 73,33 Ha ont un écartement de 3m x 1,5 ; 57,95 Ha qui restent ont un écartement de 3m x 2. (1)

Le tableau suivant montre la modification des écartements au cours des années.

TABLEAU XI : Evolution de la densité de plantation dans le temps (les données sont exprimées en Ha correspondant aux superficies plantées).

Années	71-72	-72	73	74	75	77	78	79	80	81
2m x 1,5	32,42	24,78	16,13							
3m x 1,5				14,13	33,82					
3m x 2						29,54	55,99	42,40	36	83,23

TOTAL : 2m x 1,5 = 73,33;
 3m x 1,5 = 57,95 Ha
 3m x 2 = 247,21 ha

Cette recherche de plus grands écartements obéit à deux impératifs. Le premier est toujours la recherche de plus grands rendements en bois. Les plus grands écartements, maintenus dans certaines limites, entres les arbres favorisent le rendement de ces derniers. En effet, un boisement de 1974 de Kabutembo à 3m x 1,5 d'écartement montre sur un même type de sol et dans les mêmes conditions de localisation et d'exposition de plus gros arbres avec de meilleures futaies que celui de 1972 où l'écartement n'était que de 2m x 1,5.

Le calcul de la surface terrière, qui consiste à mesurer le diamètre des arbres à une hauteur donnée du sol (1m30) et de rapporter les surfaces des sections à la superficie d'un boisement à étudier, a été probant. Il s'agit d'un des boisements de Kabutembo qui présentait des arbres plantés en 1973 et dont l'écartement est de 2m x 1,5 et ceux de 1974 à 3m x 1,5 d'écartement. Sur un hectare boisé, l'écartement de 2m x 1,5 donne 3.500 arbres. Celui de 3m x 1,5 en donne 2.450.

Le diamètre moyen des Eucalyptus de 1973 était de 20 cm.

$3.500 \text{ arbres} \times (0,1 \text{ m} \times 10 \times 3,14) = 109,95 \text{ m}^2/\text{ha}.$

Le diamètre moyen des Eucalyptus de 1974 (c'eut été un peu plus si le boisement avait été de 1973) était de 25 cm.

$2.450 \text{ arbres} \times (0,125 \times 12,5 \times 3,14) = 111,50 \text{ m}^2/\text{ha}.$

Ces chiffres nous ont intéressé dans la mesure où nous voulions démontrer que l'écartement des arbres a quelque influence sur leur croissance. Il nous importe plus précisément de montrer son influence sur la strate herbacée.

2.3.3. Les écartements pratiqués et leur influence sur la strate herbacée.

Les grands écartements favorisent non seulement un plus grand rendement des boisements quand ils ne sont pas exagérés (3m x 2 est une bonne limite) mais aussi un meilleur développement de la strate herbacée et partant une plus efficace lutte anti-érosive - le problème se pose différemment quand le sol est complètement nu, comme nous le verrons dans notre dernière partie. Le tableau ci-après montre une importance plus grande de la strate herbacée dans les boisements aux écartements de 3m x 2 par rapport aux boisements aux écartements plus réduits.

N.B. Ne pouvant disposer des boisements de même âge avec des écartements différents, nous avons choisi ceux ayant moins d'une année de différence mais dont l'entretien se fait aux mêmes périodes.

Il s'agit des boisements de Kabutembo de 1974 et 1973.

TABLEAU XII. Importance de la biomasse de la strate herbacée en fonction de l'écartement dans les boisements d'Eucalyptus: en gr/m²

Ecartement	2m x 1,5	3m x 1,5	3m x 2
1°boisement	487,5	537,5	557,5
2°boisement	457,5	512,5	537,5
3°boisement	480	530	535
4°boisement	412,5	435	465
TOTAL	1837,5	2015	2095

L'analyse des chiffres montre effectivement qu'il existe une relation entre l'écartement de plantation et la densité de la strate herbacée. La question qui se pose est de savoir pourquoi la strate herbacée augmente avec de plus grands écartements. Ici encore plusieurs hypothèses peuvent être avancées. La première tient à la nature même de l'Eucalyptus. Celui-ci est constitué d'une racine principale qui plonge verticalement dans le sol, mais à côté d'elle il développe toute une série de racines secondaires à formation latérale. Ces dernières peuvent sous l'effet de l'érosion apparaître à la surface: ceci est plus remarquable dans les boisements de versant. Quand elles sont nombreuses, elles empêchent la croissance des herbes qui poussent entre les arbres. C'est ce qui arrive quand les arbres sont très rapprochés (petits écartements). Leurs racines latérales s'entre-croisent et réduisent l'espace et l'épaisseur du sol colonisable par la strate herbacée.

Cette hypothèse peut se justifier et ce que nous venons d'en dire est valable dans la plupart des boisements d'Eucalyptus. Mais est-elle réellement déterminante pour le milieu qui nous concerne, la région de Kitabi? Nous tenons à rappeler qu'ici le sol est suffisamment profond. Toutes les racines de l'Eucalyptus sont à une profondeur telle que la strate herbacée n'est pas inhibée dans son développement par le phénomène cité ci-dessus.

54

L'importance des écartements semble jouer surtout sur la quantité de lumière susceptible de pénétrer à l'intérieur du boisement, les grands écartements permettant au sous-bois d'échapper aux effets néfastes de l'ombrage.

L'écartement de 3 m x 2 qu'on a commencé à pratiquer dans les boisements du bloc industriel à partir de 1977 est le plus employé. Il est pratiqué dans plus de 65% des boisements (247,21 ha sur un total de 368,49 ha). Est-il donc une limite à laquelle tous les sylviculteurs devraient se tenir?

Dans les boisements où on recherche principalement un grand rendement, il faut des écartements qui permettent de planter le plus d'arbres possible et donner de meilleurs rendements.

Dans cette optique, l'écartement de 3m x 2 semble dans notre secteur l'écartement optimal requis pour les boisements d'Eucalyptus. Pour ce qui est de la lutte anti-érosive, cet écartement se justifie dans les boisements de la station théicole de Kitabi qui dépassent rarement les dix ans, période à laquelle la voûte des arbres n'est pas encore dense au point de couvrir et de créer de l'ombre sur tout le sol du boisement.

L'écartement entre les arbres a une grande importance dans la protection des sols.

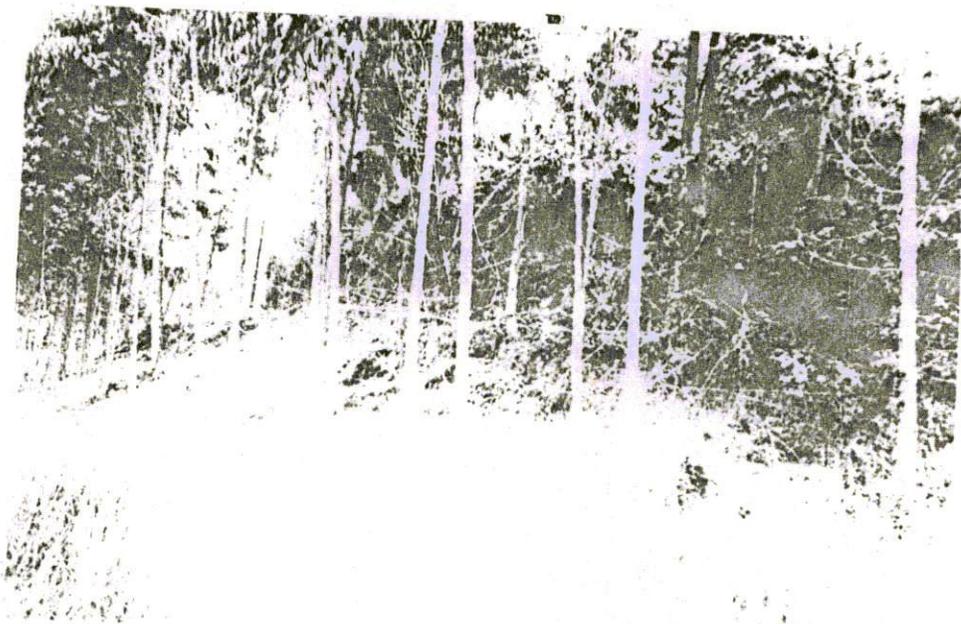
Avec les grands écartements, non seulement la pénétration de la lumière se fait facilement, mais aussi la faible densité du réseau racinaire des arbres permet une meilleure croissance des arbres.

L'écartement des 3m x 2 semble être une mesure optimale pour une politique de production de bois.

Il est aussi un minimum requis pour la protection du sol des boisements.



Les petits écartements ne permettent pas la pénétration de la lumière nécessaire pour le développement de la strate herbacée.



L'écartement des 3 m x 2 semble permettre une bonne aération des boisements ainsi qu'un meilleur rendement en bois.

Photo: un boisement de la colline de Nyakiliba où le sous-bois est assez riche.

2.4. COMPORTEMENT DE LA STRATE HERBACEE VIS-A-VIS DES
VARIETES D'EUCALYPTUS

Dans notre étude sur l'Eucalyptus (plante, son origine et ses exigences), nous avons donné les caractéristiques de certaines variétés les plus connues au Rwanda.

Le choix des variétés à introduire et dont il faut intensifier la culture a été dicté par la volonté d'avoir du bois de chauffage et du bois de service en peu de temps et en quantité suffisante. Certaines variétés ont été retenues car elles répondaient avec plus de satisfaction aux différents besoins de la vie quotidienne.

Dans le même ordre d'idées, deux questions se posent. Dans la lutte anti-érosive, y a-t-il des variétés plus propices que d'autres?

Quelle est la part des variétés les plus répandues au Rwanda dans la lutte anti-érosive?

Il existe de part le monde plusieurs centaines de variétés d'Eucalyptus si bien que pour répondre à la première question il faudrait les cataloguer toutes. Nous avons mis en annexe toute une série de variétés d'Eucalyptus ainsi que leurs différentes caractéristiques. Ces variétés et leurs caractéristiques ne peuvent nous renseigner pleinement sur leur capacité anti-érosive. Nous n'y lisons que leur caractère physique.

Les boisements d'Eucalyptus n'inhibent pas le développement de la strate herbacée uniquement dans leur action physique (le houppier qui bloque la lumière, le réseau racinaire qui empêche le développement du sous-bois,....). Ce sont surtout les substances chimiques que l'Eucalyptus libère qui font de lui une essence allélopathique par excellence.

N.B. L'allélopathie est le caractère de certaines plantes à ne pas supporter la présence d'autres plantes.

Nous n'avons pas pu disposer de données sur la constitution chimique des variétés étudiées. Nous nous contenterons d'exposer nos constatations sur la réaction de la strate herbacée sous les variétés rencontrées

2.4.1. Les variétés d'Eucalyptus de Kitabi.

Dans les boisements de Kitabi on ne rencontre presque exclusivement que les Eucalyptus suivants: E.grandis, E.maideni et E.saligna. Ces variétés ont été choisies à Kitabi comme partout ailleurs pour leur croissance rapide (susceptible de donner du bois de chauffage en un temps relativement court) ainsi que leur durabilité dans la conservation.

L'Eucalyptus grandis (1) est un arbre qui peut atteindre 65 m de hauteur, qui donne de très belles futaiés. Il a une croissance satisfaisante d'une cinquantaine de mètres cubes par an et par hectare. Le bois de couleur rouge est assez dur. Il est plus léger et plus fissible que la majorité des autres Eucalyptus. La durabilité du bois est parfaite. Elle est de 3-5 ans dans le sol, de 8-10 ans exposé aux intempéries. A l'intérieur, la durabilité est indéfinie si le bois est gardé sec en permanence et toujours protégé contre les termites.

L'Eucalyptus saligna est comparable à l'Eucalyptus grandis. Ils se confondent d'ailleurs souvent. L'Eucalyptus saligna est cependant moins durable.

L'Eucalyptus maideni F.V.M. est un arbre pouvant atteindre une hauteur de 45 m et quelquefois 60 m sur des sites favorables. Il a une croissance de 30 m³ par an et par hectare. Sa durabilité est de 5-10 ans dans le sol, 10-25 ans exposé aux intempéries, à l'intérieur la durabilité est indéfinie si le bois est gardé sec en permanence et toujours protégé contre les termites.

Dans les boisements de Kitabi, l'Eucalyptus maideni est plus abondant que les autres essences.

A l'aide de certaines observations et à partir des expériences des autres, nous allons essayer de voir le comportement de la strate herbacée face aux différentes variétés d'Eucalyptus.

(1) Les données chiffrées viennent de l'ouvrage de Iyamuremye E.F; Note sur les propriétés physiques et mécaniques de quelques espèces d'Eucalyptus introduites au Rwanda; retirée de quelques ouvrages des bibliothèques du P.P.F. et de l'I.S.A.R., P.P.F. Kibuye, Rwanda 1977

2.4.2. Le comportement de la strate herbacée face aux différentes variétés d'Eucalyptus.

Certaines variétés d'Eucalyptus sont plus allélopathiques et plus téléttoxiques que d'autres. Ainsi par exemple sur les trois variétés qu'on rencontre à Kitabi (E.grandis, E.maideni, E.saligna) l'Eucalyptus maideni est plus allélopathique que les deux autres. C'est la constatation même de MUNYARUGERERO Gédéon dans les boisements de l'Arboretum de Ruhande quand il écrit:

"Quand il est possible de faire une comparaison, dans des conditions supposées similaires, la couverture herbacée est plus dense sous Eucalyptus tereticornis Sm, Eucalyptus saligna Sm. vient en second lieu et Eucalyptus maideni F.V.M en dernier lieu"(1)

N.B. L'Eucalyptus grandis qui n'est pas mentionné ici et que l'on rencontre dans beaucoup de boisements de Kitabi a les mêmes propriétés que l'Eucalyptus saligna, comme nous l'avons précisé plus haut, et par conséquent se trouve moins allélopathique que l'Eucalyptus maideni F.V.M.

Ainsi l'Eucalyptus maideni F.V.M. est porteur d'une quantité importante de terpène: cette substance que sécrètent les Eucalyptus et qui bloque la germination et le développement de la strate herbacée ou d'autres cultures en complantations.

Cette substance se trouve dans toutes les parties de l'arbre des racines jusqu'aux feuilles de la cime. La téléttoxie se fait soit par contact direct, c'est-à-dire que les feuilles, les branches ou le tronc tombent et transmettent cette terpène aux cultures qu'ils rencontrent; soit par contact indirect par un agent extérieur. Il s'agit plus particulièrement de l'eau qui en ruisselant sur les feuilles, les branches et les troncs emporte avec elle une certaine quantité de terpènes qu'elle dépose sur tout corps qu'elle rencontre. C'est ce phénomène qu'on appelle "allélopathie".

(1) MUNYARUGERERO Gédéon, op.cit., p.13

Il semble, d'après les recherches de Del Moral et Muller de l'Université de Californie sous les arbres isolés et dans les bosquets d'Eucalyptus, que l'effet allélopathique des Eucalyptus est le plus influent. Nous n'avons pas pu faire les mêmes expériences dans notre zone d'étude mais la micro-désertification constatée autour des Eucalyptus est due plus particulièrement au phénomène allélopathique.

C'est dans les feuilles que se trouve la plus grande proportion de terpènes, et c'est l'un des éléments qui donnent à l'Eucalyptus maideni F.V.M. (et l'Eucalyptus Camaldulensis là où il se trouve) un caractère plus allélopathique que les autres variétés.

Dès son plus jeune âge, l'Eucalyptus maideni F.V.M. est pourvu d'une grande quantité de feuilles. Les feuilles d'un Eucalyptus maideni F.V.M. jeune sont blanchâtres et fragiles et au fur et à mesure que l'arbre devient adulte, elles donnent place aux feuilles vertes et foncées des autres Eucalyptus.

C'est cette importante chute de feuilles, surtout les premières années de développement de l'Eucalyptus maideni F.V.M., qui est à la base d'une micro-désertification plus prononcée dans les boisements faits de cette variété en particulier. D'autre part, l'eau de pluie qui coule sur cette quantité importante de feuilles entraîne encore plus de terpènes qui vont inhiber la couverture herbacée.

L'allélopathie de l'Eucalyptus lui vient aussi du fait que ses feuilles ne donnent pas lieu à la formation de l'humus. Elles constituent là où elles tombent une couverture constante qui, au lieu de se désintégrer, s'enrichit de nouvelles chutes de feuilles. Ce sont les phénomènes micro-biologiques qui en expliquent la minéralisation accélérée.

"Pochon (suite à une intervention de Duchauffour au premier colloque de la société botanique de France en 1969) fait remarquer que, sous implantation d'Eucalyptus, l'analyse micro-biologique a montré une très grande activité des bactéries cellulolytiques (cytophaga) et l'absence de fixateurs d'azote (azobacter). Ce dernier fait serait-il en rapport avec l'action anti-biotique de très nombreux actinomyètes. Ces interactions particulières semblent entrer pour une large part dans la genèse de phénomènes de dégradation pédologique." (1)

(1) WASSMER Patrick, Recherches géomorphologiques au Rwanda: Etude de l'érosion des sols et de ses conséquences dans la préfecture de Kibuye. Thèse de 3^e cycle. Strasbourg octobre 1981 151 p.

Cette litière de feuilles d'une très lente décomposition étouffe la couverture herbacée, ajoutant au néfaste effet de ses substances toxiques l'état d'écran toujours plus opaque contre la lumière.

Toujours est-il que cette importante quantité de litières de feuilles d'Eucalyptus qui ne se décompose pas est un élément ant-érosif dans le cas, comme nous le verrons, de boisement sur un sol complètement nu. En ce qui concerne les boisements sur un riche couvert herbacé, la présence de feuilles est nuisible pour ce dernier.

2,4,3. Autres différences sur les propriétés physiques et leur influence sur la strate herbacée.

Certains Eucalyptus, surtout quand ils sont jeunes, comme l'Eucalyptus maideni F.V.M., ont une constitution plus ramassée en forme de buisson, d'autres, comme l'Eucalyptus saligna, sont plus élancés. Ceci a pour conséquence que la pénétration de la lumière dans un boisement d'espèces ramassées sera plus faible que dans celui à espèces plus élancées, plus dégagées où la superficie de l'ombre portée du houppier est plus petite. Une autre différence non moins importante réside dans la constitution des racines. Il va sans dire que les variétés à formation importante de racines latérales vont s'avérer plus nuisibles que celles où les racines secondaires comme la racine principale ont plutôt une formation verticale. (1)

Les Eucalyptus à feuillage dense (Eucalyptus maideni F.V.M.) apporteront à cause de l'ombrage et d'une plus grande quantité de terpènes un effet plus inhibiteur que les Eucalyptus à feuillage léger. Le feuillage continu donne au houppier un aspect plus compact et opaque que le feuillage discontinu, ce qui influe beaucoup sur la pénétration de la lumière.

(1) Nous n'avons pas pu étayer nos affirmations par des exemples concrets des boisements étudiés. Les idées divergent quant à la formation des racines des variétés qu'on y rencontre. A notre avis toutes les variétés d'Eucalyptus de Kitabi ont une formation radriculaire similaire.

En ce qui concerne la forme de la cime, beaucoup de différences existent ~~entre les variétés d'Eucalyptus~~ ^{entre les variétés d'Eucalyptus}. L'Arboretum de Ruhande est l'endroit le mieux indiqué ici pour montrer à quel point ces différences dans la constitution même de l'arbre apportent des nuances dans l'évolution de la strate herbacée, ne fût ^{ce} ^{par} que la forme de la cime. (1)

La cime "globuleuse" qui est en forme de globe ou de boule est plus opaque car plus ramassée mais en revanche jettera au sol une ombre assez réduite.

La cime "fusiforme" qui est plus allongée que ramassée exercera une faible influence sur la couverture herbacée car elle jettera une ombre encore plus petite.

Les cimes "tabulaire" et "étagées" par leur forme en plan et en petits massifs donnent une ombre plus étendue mais traversée de plusieurs rais de lumière qui a pénétré dans leur feuillage généralement peu dense.

Les cimes "ramifiées", "en parasol", en "chou-fleur" et en "candélabre" sont des formes particulières et secondaires qui s'ajoutent aux premières et qui ne jouent sur la couverture herbacée que dans la mesure où elles portent des feuilles nombreuses et denses.

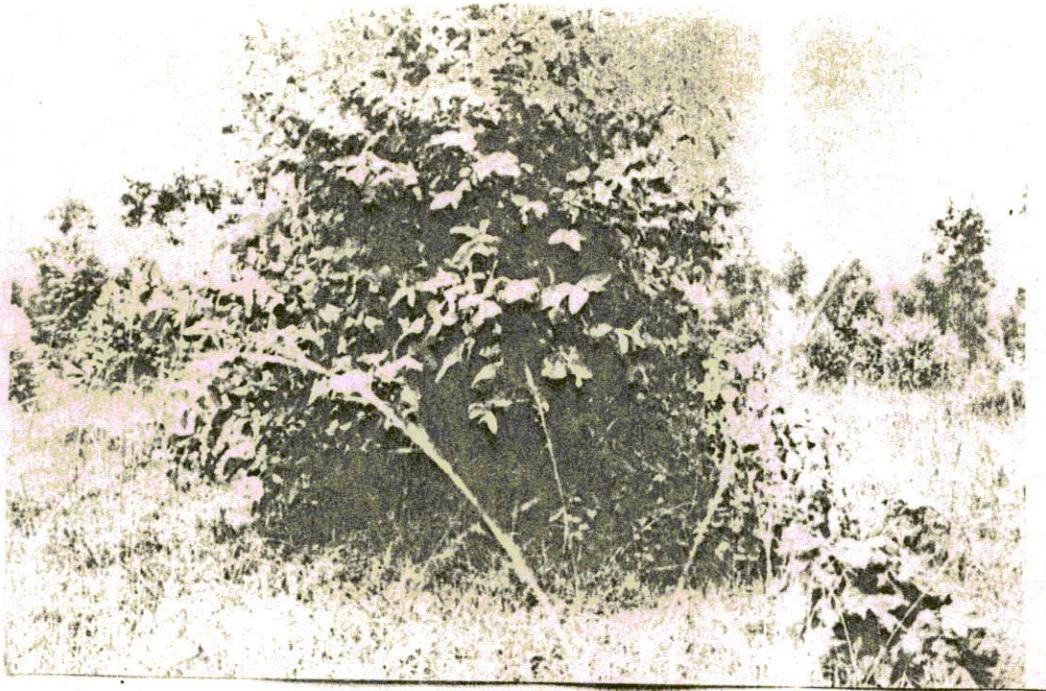
Il en est de même pour les types de branches.

Les branches "étalées" auront une plus grande influence inhibitrice que les branches "érigées".

Les branches "droites" créeront une ombre plus grande que les branches "pendantes" et "sinueuses" etc...

En conclusion sur ce chapitre, il y a certes des différences entre les variétés d'Eucalyptus et c'est peut-être une variable qui déroute le plus les recherches car on ne dispose pas de données suffisantes dans ce domaine. Dans tous les cas, en ce qui regarde la lutte anti-érosive et la part des Eucalyptus, il y a tellement de facteurs et de variables engagés que les différences entre les variétés ne sont pas très remarquable.

(1) Les précisions sur les cimes des arbres nous viennent de CCMBE Jean, Guide des principales essences de la forêt de montagne au Rwanda, P.P.F. Kibuye, Rwanda 1977



L'Eucalyptus maideni est estimé pour sa
bonne production de bois mais son
feuillage dense impénétrable pour la
lumière est à l'origine d'une mauvaise
croissance de la strate herbacée.

B



C'est dans les feuilles que
l'Eucalyptus contient la
plus grande quantité de ter-
pènes, substances chimiques
inhibitrices de la strate
herbacée.

2.5. INFLUENCE DE L'EXPOSITION

Sous ce titre nous entendons décrire l'évolution de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus selon que le versant est orienté soit vers l'occident soit vers l'orient. Nous avons été amené à traiter de ce phénomène car il est important dans notre zone d'étude; il n'est certes pas généralisé dans les boisements des autres régions du pays.

L'influence de l'exposition n'est pas seulement liée aux boisements d'Eucalyptus mais à l'ensemble de la végétation et du climat local en général.

Pourquoi avons-nous privilégié les versants oriental et occidental? L'élément qui nous a déterminé à étudier les deux versants réside dans la différence que les documents traitant de la station théicole de Kitabi mettent entre le versant oriental et le versant occidental. L'idée que l'exposition peut avoir une influence sur la végétation en général et sur la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus en particulier nous est surtout venue en dépouillant les données pluviométriques. On y lit en effet:

"Les 1.400 mm de pluie requis pour la culture du thé ne sont atteints qu'à partir de 2.100 m sur le flanc oriental alors qu'à 1650 m le flanc occidental reçoit le même volume "(1)

Par ailleurs, l'étude du régime des vents dans ces régions montre une prédominance Ouest-Est pour les vents les plus violents.

Enfin, l'observation de la végétation des collines montre une différence plus nette entre le versant oriental et le versant occidental qu'entre ce dernier et les deux autres (Sud et Nord).

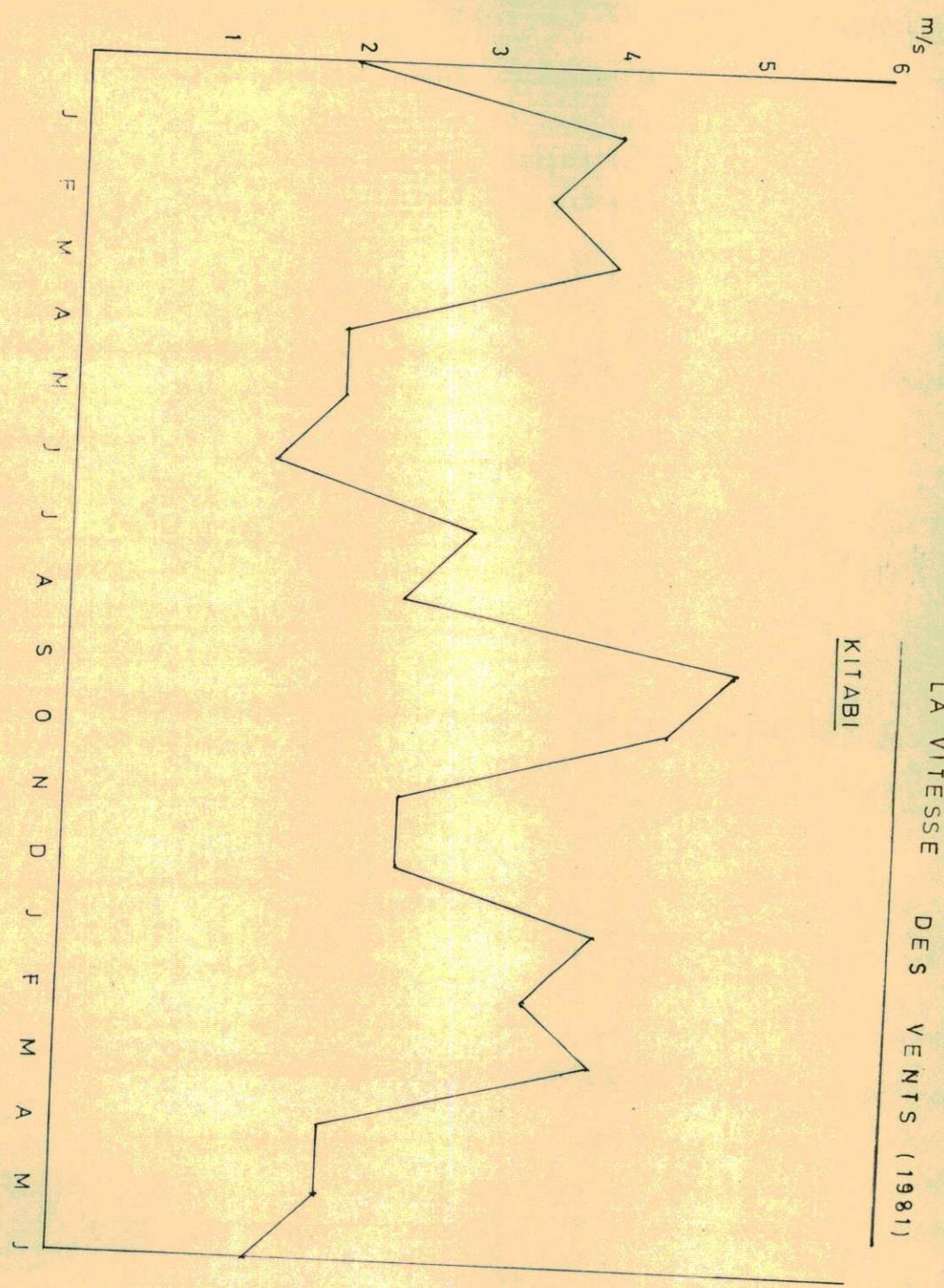
N.B. Ces différences sont encore plus marquées au niveau de la façade occidentale de la Crête Zaïre-Nil mais leurs effets sont aussi ressentis dans ce contrefort oriental.

(1) FRANKART R., et alii; op.cit. p.53

FIG. 10

LA VITESSE DES VENTS (1981)

KITABI



Source : Station météorologique de KITABI

2.5.1. Résultats des prélèvements de la biomasse.

Avant d'observer ce qui se passe sous boisement d'Eucalyptus, nous avons voulu voir s'il existait une différence dans le milieu non boisé des collines de Kintobo, Cyumushyika et Kabutembo où la plupart des terrains non boisés sont occupés par une grande quantité d'herbes. Le tableau ci-après compare la biomasse des deux versants sur terrains non boisés.

TABLEAU XIII: Mesure de la biomasse dans les versants orientaux et occidentaux.

Biomasse en gr/m ²	Versant oriental	Versant occidental
1 ^o colline (Kintobo)	782,5	1040
2 ^o colline (Cyumushyika)	610	792,5
3 ^o colline (Kabutembo)	510	985
TOTAL	1902,5	2817,5

La même différence entre les deux versants en ce qui regarde la biomasse se remarque dans les terrains boisés.

TABLEAU XIV: Mesure de la biomasse dans les boisements orientaux et occidentaux.

Biomasse en gr/m ²	Versant oriental	Versant occidental
1 ^o boisement	390	470
2 ^o boisement	370	450
3 ^o boisement	280	320
TOTAL	1040	1240

Sur terrain non boisé: 792,5

La comparaison de ces deux tableaux montre certes que sous-boisement d'Eucalyptus la strate herbacée est moins abondante. Si toutes les variables dont nous avons parlé plus haut interviennent dans cette disparition du sous-bois, nous ne pouvons nier l'influence de l'exposition. Le tableau de la biomasse des versants non boisés le montre clairement (TABLEAU XIII). Le chapitre suivant donne une explication à ce phénomène.

2.5.2. Les faits du climat qui expliquent la richesse de la strate herbacée sur le flanc occidental.

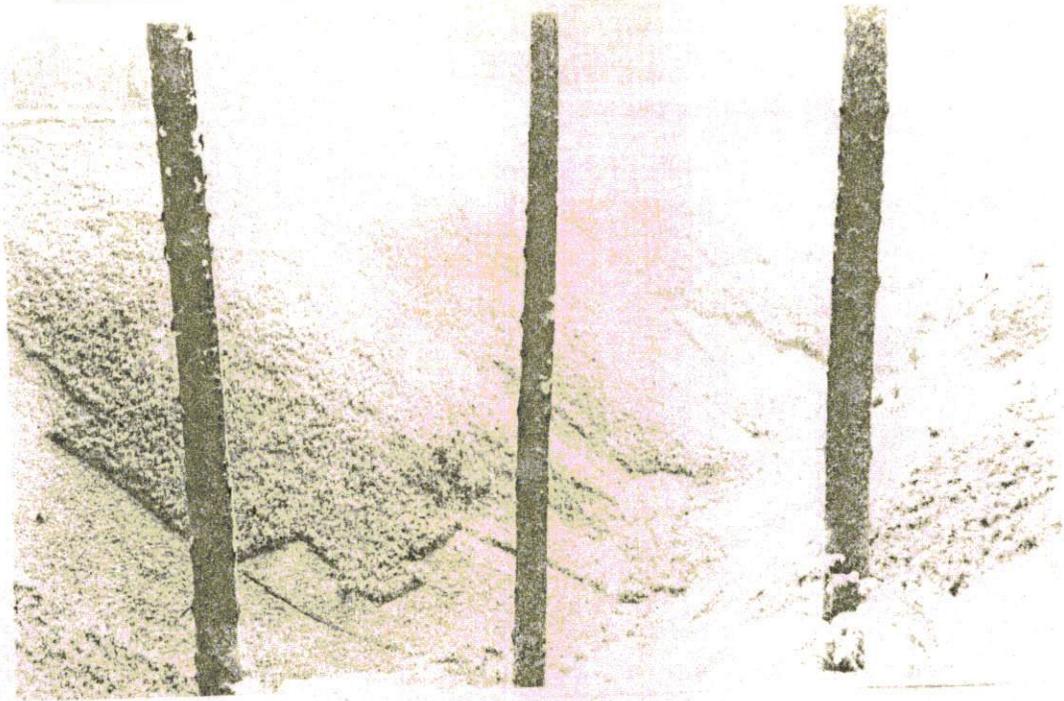
En ce qui concerne la pluviosité, on se rappelle qu'à même altitude les pluies sont plus abondantes sur le flanc occidental que sur le flanc oriental.

On ne peut affirmer que c'est la pluie qui soit responsable de la richesse de végétation sur les versants occidentaux car dans une région aussi arrosée que Kitabi ce n'est point une question de hauteur d'eau qui compte surtout pour une basse végétation comme la strate herbacée, objet de ce travail.

Ce qui peut paraître un élément d'explication c'est que l'abondance de l'eau donne aux arbres une meilleure croissance tout en permettant à la strate herbacée un développement normal.

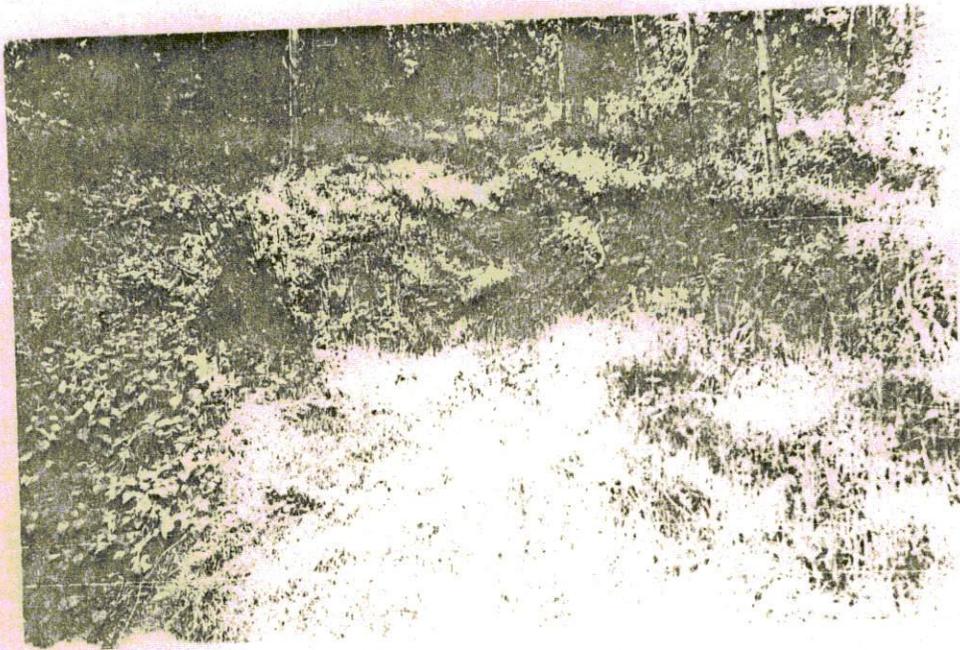
En d'autres termes, la concurrence pour l'eau de l'Eucalyptus est moins nuisible pour le sous-bois sur le flanc occidental que sur le flanc oriental. L'abondance des pluies, elle-seule, ne peut être concluante pour expliquer la différence entre les deux versants. Il faut la considérer en relation avec les autres facteurs.

L'humidité qui est quasiment constante dans ces régions de la Crête Zaïre-Nil se double sur le flanc occidental d'une plus importante chaleur. Nous avons tenu à préciser que dans cette région de hautes altitudes et de grande humidité, il y a formation, pendant les heures de l'avant-midi, de brouillard épais. C'est probablement un brouillard d'advection qui résulte du passage de l'air humide sur une surface froide - nous rappelons que dans ces régions la température descend jusqu'à Zéro degré centigrade.



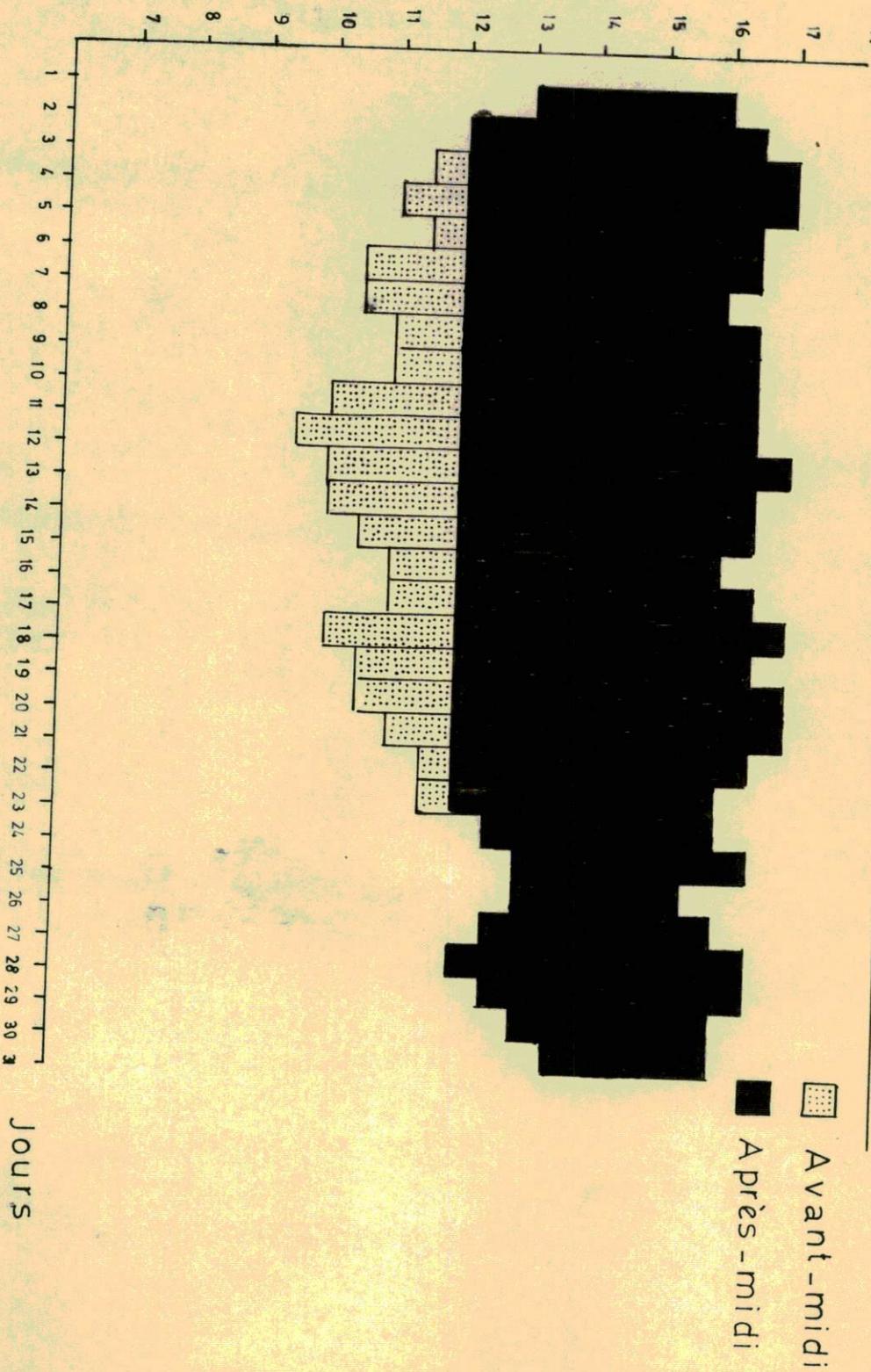
Dans la région de Kitabi, les versants tournés vers l'ouest reçoivent plus d'eau de pluie que les versants tournés vers l'est.

Par conséquent la végétation des versants occidentaux est plus abondante que celle des versants orientaux.



Sur les versants tournés vers l'ouest les conditions climatiques donnent lieu à une abondante végétation, même sous boisement d'Eucalyptus.

FIG.11 Les heures d'insolation pour le mois de juillet (1981)
Heures_e



C'est à cause de ce brouillard que la fraîcheur est maintenue assez longtemps de telle manière que même quand le soleil est haut dans le ciel, que les grands végétaux se réchauffent, le sol toujours couvert des dernières brumes met plus de temps à à recevoir les rayons solaires car le brouillard par effet de serre renvoie la lumière plus qu'il n'en laisse passer. La dissipation des brouillards est empêchée par une inversion de température qui bloque les ascendances.

Jusqu'autour de dix heures, la station théicole de Kitabi est baignée dans une sorte de pénombre nuageux et la végétation des versants tout orientaux qu'occidentaux est couverte de fines gouttelettes d'eau.

Pendant les dernières heures de la matinée, avec le soleil haut dans le ciel et par conséquent se trouvant verticalement au-dessus de la cime des arbres, la strate herbacée se retrouve dans l'ombre. C'est pendant les heures de l'après-midi que le sol peut réellement profiter des rayons solaires. A ce moment il n'y a plus de brouillard et la végétation s'est complètement dégagée des dernières gouttelettes d'eau (de la rosée). C'est ici alors où le versant occidental se différencie du versant oriental.

En effet, tandis que le versant oriental est dans l'ombre, le versant occidental est baigné de soleil et la vie végétative est ici plus dynamique.

D'autre part, la présence des vents - lesquels sont porteurs d'humidité - qui soufflent surtout de l'ouest vers l'est détermine une évapo-transpiration importante dans le secteur occidental. Cette évapo-transpiration qui se fait dans un secteur de grande pluviosité est bénéfique pour la végétation du flanc occidental tandis que sur le flanc oriental la végétation non suffisamment réchauffée transpire mal et se développe moins bien.

A l'intérieur des boisements comme à la périphérie l'évaporation s'équilibre avec l'abondance de l'eau: le mois le moins pluvieux étant en même temps le moins chaud (juillet: 0,3 mm et 15°97). Le diagramme (Fig:12) nous donne une idée de la mesure de l'évaporation à l'intérieur des boisements et à leur périphérie.

N.B. Nous avons choisi les données du mois le moins chaud et le moins pluvieux (juillet). C'est le mois au cours duquel nous avons effectué notre enquête (1982).

A partir de ce diagramme, il y a lieu de constater qu'avec un potentiel hydrique très élevé, une insolation satisfaisante et une évapo-transpiration acceptable, le flanc occidental présente les meilleures conditions de vie végétale. On remarque cependant que sous boisement d'Eucalyptus la richesse de la biomasse n'est pas aussi importante qu'on pourrait l'escompter sur le versant occidental (dans beaucoup de boisements). Un autre facteur non négligeable dans ces régions entre en jeu: le vent. La simple observation sur le terrain montre une chute importante de feuilles qui viennent gêner le développement normal de la strate herbacée. Cette importante chute de feuilles (boisement de Kabutembo) est fonction de la densité des houppiers des arbres sur le flanc occidental mais plus particulièrement du régime des vents qui, comme nous l'avons dit, soufflent le plus souvent d'ouest vers l'est, balayant ainsi les flancs occidentaux de la région.

Ce facteur peut sembler insignifiant mais dans certains boisements d'assez haute altitude (Busenyi, Kintobo) pour recevoir de front les vents d'ouest et les vents alizés qui, soufflant du sud-est, dirige ses courants sur les versants occidentaux en ayant emprunté le couloir formé par la dépression du lac Tanganyika et de la Rusizi, le phénomène joue un rôle important de défoliation. Le tableau suivant montre les mesures de poids de la litière sur les deux versants oriental et occidental.

N.B. Les prélèvements se sont faits de la même manière que pour les mesures de la biomasse. La litière morte concerne seulement les feuilles d'Eucalyptus. Nous avons effectué ces prélèvements dans les boisements des collines de Kintobo, Kabutembo et Busenyi.

C'est cette importante litière de feuilles d'Eucalyptus qui va inhiber une partie de la strate herbacée. C'est ainsi que le rapport de biomasse entre les versants oriental et occidental de la périphérie non boisée est plus grand que dans les boisements. (2/3 contre 4/5).

TABLEAU XV : Poids de la litière morte des versants orientaux et occidentaux.

Poids de la lit.gr/m ²	Versant oriental	Versant occidental
1° boisement	180	210
2° boisement	110	290
3° boisement	130	210
4° boisement	160	270
TOTAL	580	980

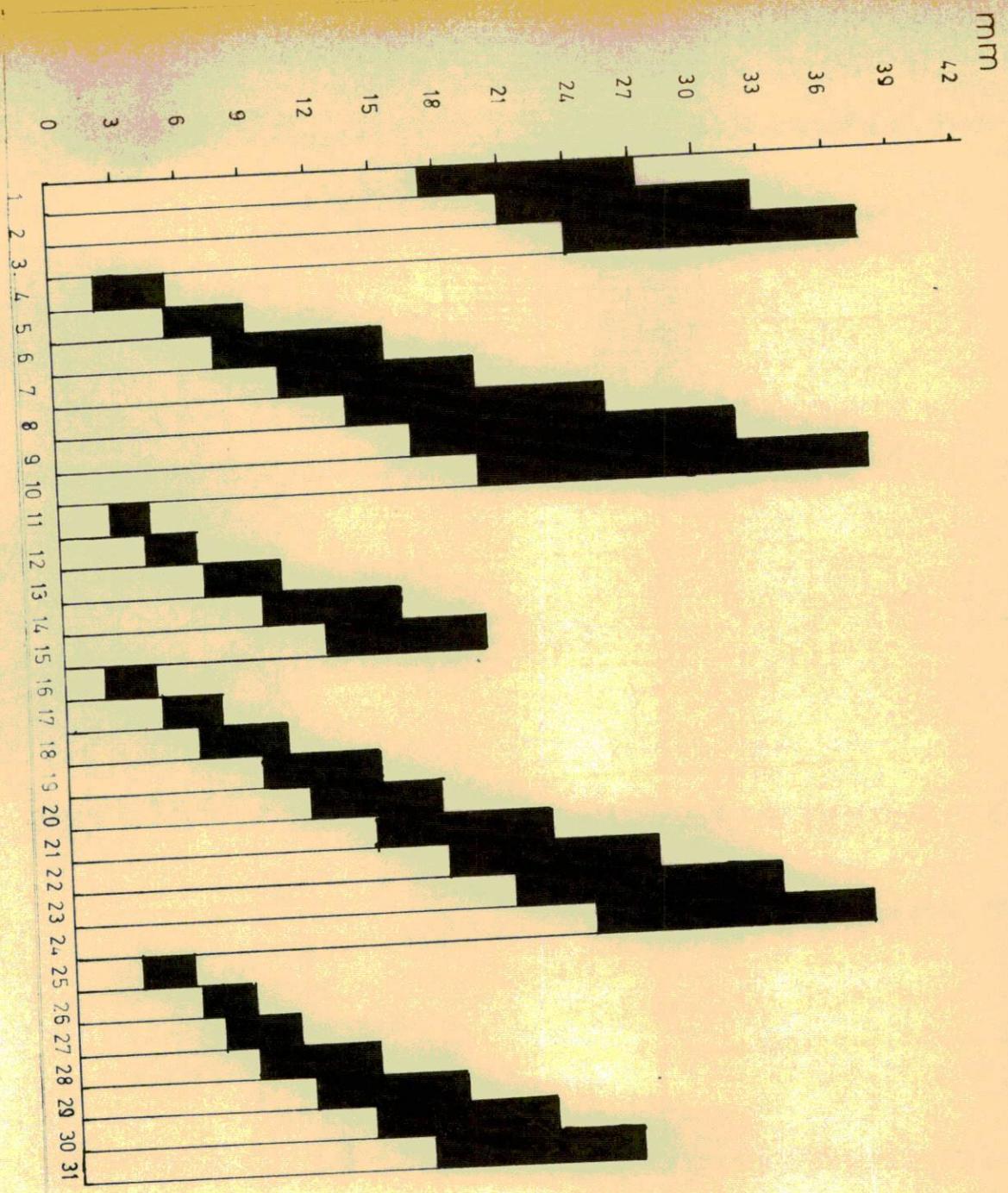
En conclusion, l'exposition des boisements est un **facteur** important pour l'évolution de la strate herbacée dans la région de la Crête Zaïre-Nil car la différence entre les versants oriental et **occidental** est réellement sensible du point de vue climatique.

FIG. 12 Evaporation sous boisement et à la périphérie non boisée de KITA BI (1981).

Juillet :

☐ Piche sous abri

◼ Piche extérieur.



2.6. LES TYPES DE SOL ET LEUR EFFET SUR L'EVOLUTION
DE LA STRATE HERBACEE SOUS BOISEMENT D'EUCALYPTUS

Parmi les variables existantes qui régissent la croissance de la strate herbacée et des végétaux en général le type de sol occupe une place de choix, bien que souvent soumis aux aléas du milieu climatique.

2.6.1 Généralités sur les types de sol.

La région de Kitabi, cette succession de croupes arrondies, est caractérisée par une suite discontinue de types de sols d'origine diverse. Les sommets des collines, les dépressions, etc... auront leur type de sol particulier. Cette diversité de sols est due d'abord à des roches-mères variées, aux conditions particulières des nombreux climats locaux et au mode de mise en valeur ensuite.

2.6.1.1. La roche-mère: élément de diversité des sols.

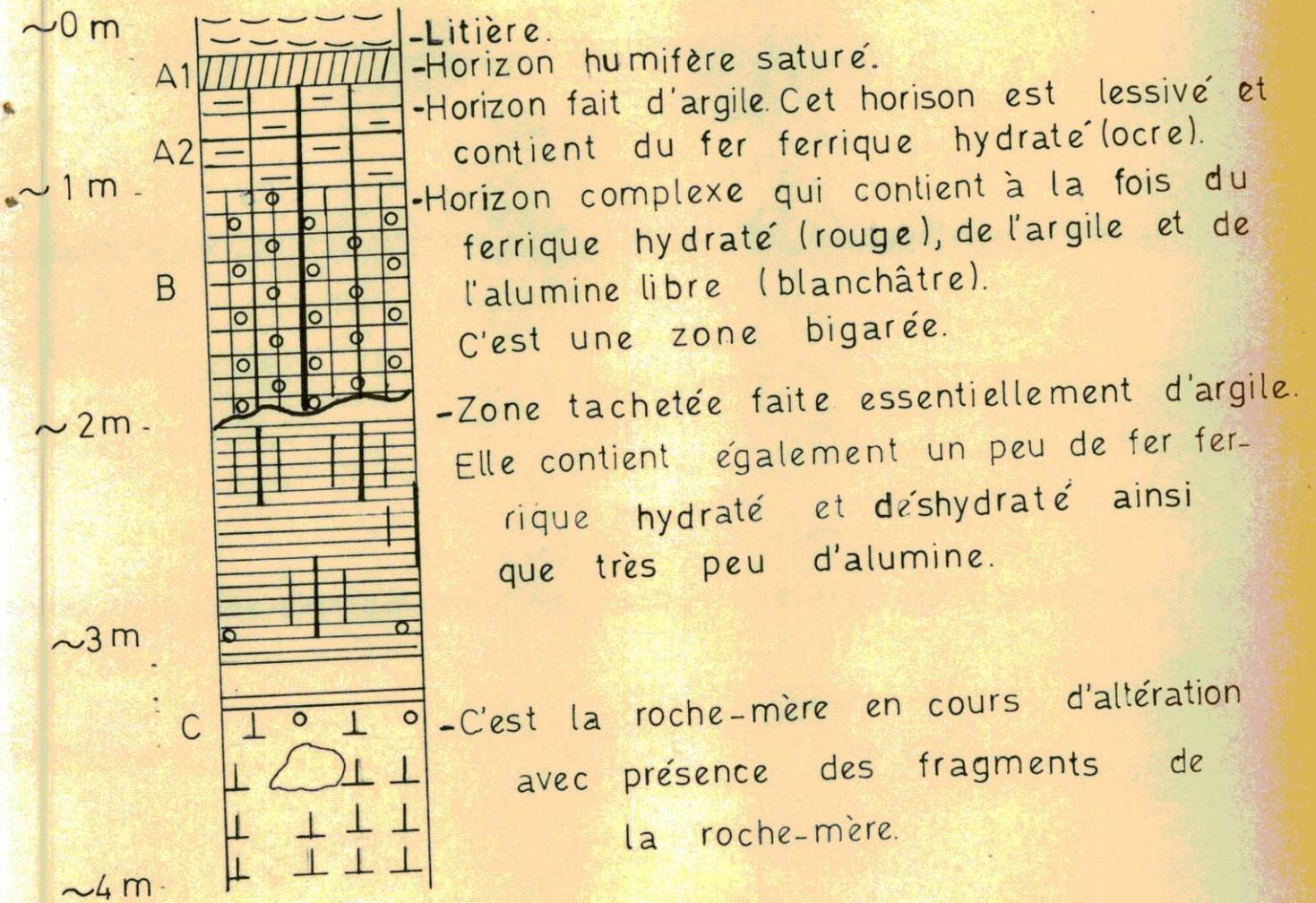
La région de Kitabi est du point de vue géologique partagée selon FRANKART R entre 4 principaux types de roches: la roche schisto-métamorphique, la roche basique, la roche quartzito-schisto-métamorphique et la roche appelée "complexe". Ces roches ont dû subir des transformations importantes et leur altération s'est faite différemment au cours des temps et en fonction de leur constitution physico-chimique.

C'est ainsi que le complexe schisto-métamorphique a donné naissance aux types de sols appelés ferrisols-régosols (Yq) sur les versants, ferrisols humifères argileux minces (Yt) sur les sommets des croupes et ferrisols humifères argileux profonds (Yg) localisés sur les versants dans les zones où les sommets sont rétrécis et dressés en "pain de sucre".

La roche basique a donné naissance à un type de sol de bonne valeur agricole appelé ferrisol humifère argileux lourd ocre-jaune (Bc) et localisé sur des versants concaves fortement redressés.

Le complexe quartzito-schisto-métamorphique a donné les ferralsols humifères argileux ocre-jaune (Yk) sur les dômes très évasés, les ferralsols humifères argileux ocre-jaune minces (qk) des sommets aigus influencés par les quartzites et les ferralsols humifères argilo-sablonneux ocres (cB) sur les versants situés sous

FIG. 13 LE SOL FORESTIER (1)



(1) DEMANGEOT, Jean, Les espaces naturels tropicaux, Masson, Paris 1976, pp 190

les sommets occupés par l'unité précédente.
Les roches complexes, enfin, ont donné naissance aux sols de dépressions dans les incisions influencées par les roches basiques (Bx) et le complexe des dépressions à engorgement temporaire de surface (F).

2.6.1.2 L'influence du milieu bio-climatique.

La région de Kitabi était, jusqu'à une époque récente, occupée comme tout le contrefort de la Crête Zaïre-Ni par une forêt naturelle. Le besoin de terres de culture par les populations limitrophes et plus récemment (1963) le bloc industriel théicole a conduit à la déforestation de sa partie orientale. L'existence de cette forêt naturelle avec tout ce qu'elle comporte comme particularités climatiques a dû modifier profondément le substratum en place.

Ce sol qui, soumis à des conditions particulières du milieu physique, sert de support à la forêt naturelle de Nyungwe, a été changé par elle au point de donner un autre type de sol. En effet, au niveau de la pédogenèse, le milieu forestier à cause d'une humidité permanente dans un milieu chaud (climat tropical) et pluvieux (+ 1400 mm) favorise une altération quasi-permanente de la roche-mère, créant ainsi un sol épais et dont tous les horizons sont en place.

Cette altération donne un type de sol appelé ferralisol suivant qu'elle a été complète ou ferrisol quand elle n'est pas achevée ou que la roche-mère en place ne donne pas lieu à une altération complète (c'est le cas par exemple du granite dont les cristaux de quartz sont inaltérables).

D'autre part l'important apport de litière que donne la forêt est un facteur non moins important de transformation du sol de la région. En effet, la présence permanente d'une riche litière dont le milieu bio-climatique favorise une minéralisation et surtout une humification quasi parfaite a donné au profil du sol un horizon humifère important qui est la caractéristique des sols d'un tel milieu.

Pour conclure, la forêt naturelle de Nyungwe a modifié les conditions de formation des sols de la région de Kitabi et de tout le contrefort de la Crête Zaïre-Nil qu'elle occupe.

Elle a créé un nouveau type de sol appelé communément sol forestier, (voir figure 11, le sol forestier).

2.6.1.3. L'intervention de l'homme et la modification des sols.

La forêt naturelle, comme on l'a dit, n'existe plus depuis un certain temps dans la région de Kitabi (dans notre zone d'étude). La déforestation d'abord, l'introduction d'un nouveau type de végétation ensuite ont dû certainement modifier le type de sol en place. La déforestation a retiré au milieu pédologique une humidité continuellement entretenue et surtout une riche litière appauvrissant ainsi l'horizon humifère. L'ancien "sol forestier" caractérisé par une grande immobilité et une grande stabilité est devenu depuis lors très instable sous le labour, le sarclage et d'autres techniques agricoles. Ces activités agricoles ont soumis l'ancien sol forestier à de nouvelles conditions écologiques dans un autre écosystème: ce qui a beaucoup perturbé sa constitution bio-chimique, sa texture et sa structure, donnant ainsi un nouveau type de sol qu'on appelle, à cause de ses nombreux éléments qui subsistent malgré tout du sol forestier, "sol post-forestier". Ce sol post forestier se divise en plusieurs types secondaires de sol. Les boisements d'Eucalyptus que nous avons visités se trouvent plantés sur principalement quatre de ces types de sol. Les agriculteurs de la région les ont classés suivant leur degré de valeur agronomique. Leur point de vue empirique correspond aux "Considérations agronomiques des sols de Kitabi d'A.HERBILLON et alii.

Ainsi on a dans les boisements étudiés les types de sol suivants:

- Le ferrisol argileux humifère (Yt), appelé dans la région "Umuyugu" et qui est de très bonne valeur agricole.
- Le ferralsol humifère argileux ocre-jaune (Yk), appelé par les habitants de la région "Ikigwagwa". Il est de bonne valeur agricole.
- Le ferrisol-régosol (Yq): "Inombe" qui est d'assez bonne valeur agricole.



Dans un boisement d'Eucalyptus,
la présence de belles futaies et
d'un sous-bois dense témoigne souvent
d'un sol riche et profond.
Le sol post-forestier de Kitabi est, en
moyenne, de bonne valeur agricole.

B



Les buissons, les arbustes ainsi les grandes
herbes poussent loin de l'Eucalyptus
sous lequel le sol est peu épais pour
leur croissance.

-"Umucanga", un sol de marais qu'on peut associer aux vertisols et qui a une grande teneur en eau. Sa valeur agronomique est faible.

Après cette étude sur les longs changements qu'ont dû subir les sols de Kitabi et dont l'évolution n'est peut-être pas terminée, voyons l'influence qu'ils peuvent avoir sur la croissance de la strate herbacée.

2.6.2. L'influence des sols sur la strate herbacée.

La différence de qualité (agronomique) du sol entraîne une différence dans la productivité des cultures ainsi que dans la croissance de la strate herbacée.

Dans ce paragraphe, il s'agit de voir dans quel rapport la strate herbacée diminue sous boisement d'Eucalyptus comparée avec la périphérie non boisée.

La question qui se pose est la suivante:

Comment réagit la strate herbacée dans un sol donné quand celui-ci est sous boisement d'Eucalyptus? On pose la question de savoir si dans un sol d'une qualité agronomique donnée, l'allélopathie de l'Eucalyptus à l'égard de la strate herbacée varie.

Le tableau ci-après montre la différence de biomasse selon les types de sol dans un endroit non boisé d'abord. C'est la comparaison des deux tableaux qui éclairera notre hypothèse.

TABLEAU XVI : La biomasse de la strate herbacée suivant les types de sol (périphérie non boisée).

Types de sol	Inombe	Ikigwagwa	Umuyugu.
1° colline	745	792,5	1065
2° colline	710	810	1160
3° colline	690	830	1047,5
4° colline	720	865	1020
TOTAL	2865	3297,5	4292,5

A partir de ce tableau, on peut constater que le rapport d'abondance de la biomasse entre le type de sol pauvre et le type de sol riche est de 2 à 3.

N.B. Est considéré comme sol pauvre ("inombe") celui dont la biomasse des végétaux ou la récolte des cultures est la plus faible; est considéré comme sol riche ("umuyugu") celui dont la productivité (biomasse et récolte) est la plus élevée. Nous n'avons pas fait des prélèvements sur le sol dit "umucanga" car sa localisation dans le marais échappe aux exigences d'échantillonnage qui consiste dans ce cas-ci à prendre des prélèvements dans les endroits qui ont des conditions similaires des données du milieu physique.

Le tableau suivant montre la différence de biomasse selon les mêmes types de sol sous boisement d'Eucalyptus.

TABLEAU XVII: La biomasse de la strate herbacée suivant les types de sol sous boisement d'Eucalyptus.

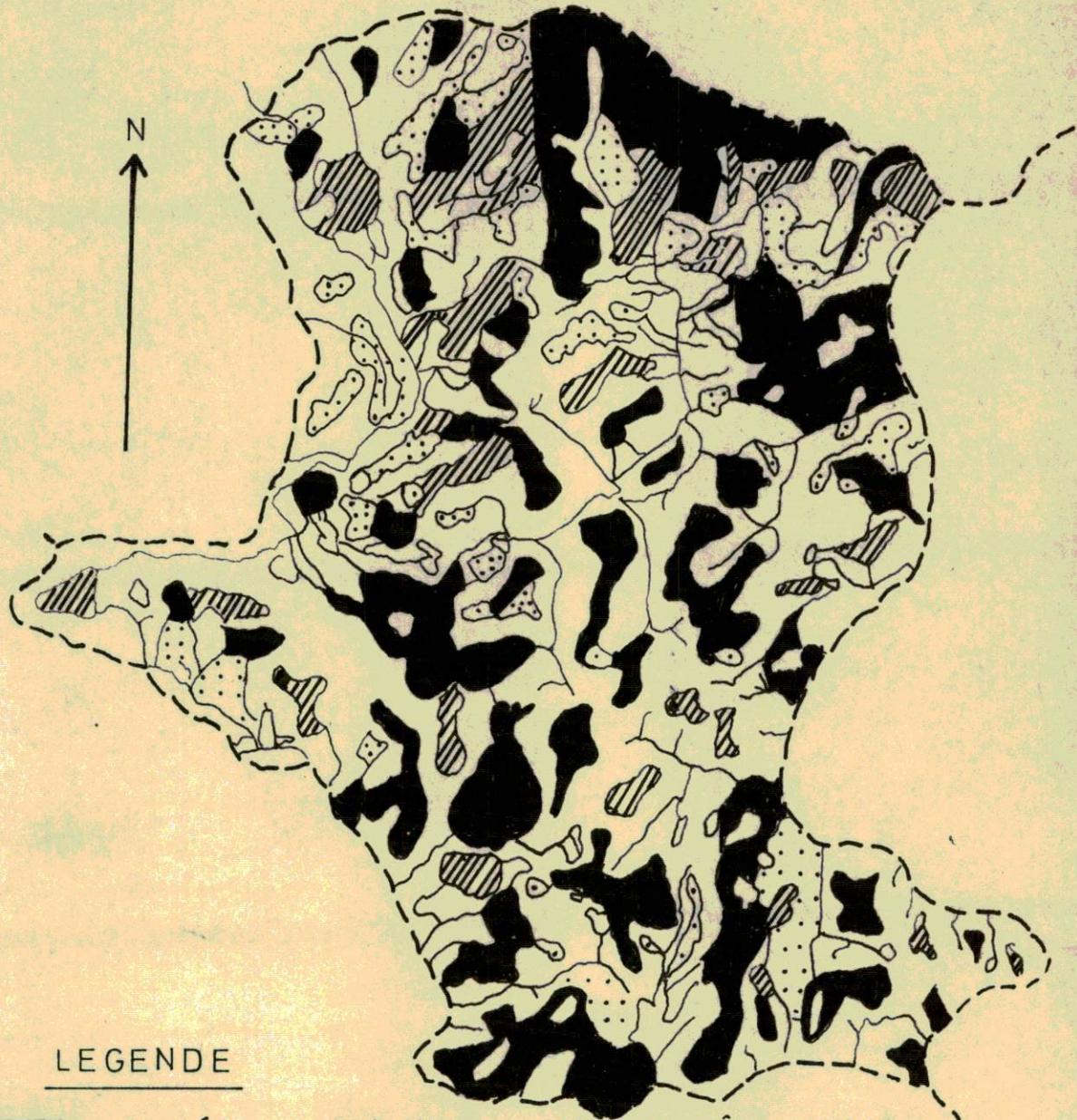
gr/m²

Types de sol	"Inombe	Ikigwagwa	Umuyugu.
1°boisement	272,5	327,5	680
2°boisement	235	320	545
3°boisement	217,5	335	627,5
4°boisement	247,5	427,5	732,5
TOTAL	971,5	1410	25 85,

Ce tableau montre que le rapport d'abondance de la biomasse entre le type de sol agronomiquement faible (inombe) et le type de sol riche (umuyugu) est de 1 à 3. Si le rapport à la périphérie non boisée est de 2 à 3 et que pour les mêmes types de sol le rapport devient de 1 à 3 dans les boisements, il est clair que les Eucalyptus se comportent différemment dans un sol pauvre et dans un sol riche. Il reviendrait

FIG. 14 KITABI : CARTE DES SOLS.

LEVÉE PAR A. HERBILLON



LEGENDE

-  Matériaux ferrisoliques schisto-métamorphiques.
-  " " " des roches basiques.
-  " " ferralsoliques.
-  Sols complexes.

ECHELLE: 1/60000

0 12 24 Km

à dire que l'action inhibitrice des Eucalyptus augmente avec la pauvreté du sol.

Le problème semble cependant, après observation des boisements sur sol dégradé (troisième partie), ne pas se poser au niveau des Eucalyptus. Ce n'est pas leur allélopathie qui augmente en face d'un sol dégradé mais c'est celui-ci qui, à un rythme encore plus accéléré, se dégrade davantage en présence d'un Eucalyptus. Le principe est le suivant: le sol qui est un milieu vivant change, évolue, s'adapte à un milieu donné et sa pauvreté ou sa richesse est moins un état statique qu'un processus de dégradation ou d'enrichissement continuel. Les facteurs qui font évoluer le sol (la litière, la température, l'environnement... tout cela harmonieusement combinés) continuant à agir, l'épuisement - nous supposons - dû à la présence de l'Eucalyptus est vite compensé presque dans les mêmes proportions.

Dans le cas contraire, les agents dégradants du sol (une mauvaise rétention d'eau, un déséquilibre dans l'écosystème,...) deviennent encore plus agissants et conduisent le sol jusqu'à l'épuisement et à la dégradation totale quand ils sont secondés par des plantes quelque peu exigeantes comme l'Eucalyptus dans certaines conditions.

Dans le cas qui nous concerne, l'"umuyugu" est un sol meuble, de très grande capacité de rétention d'eau, d'un labour facile. Sa structure et sa texture favorisent le va-et-vient des micro-organismes responsables de la minéralisation et de l'humification de la litière.

L'"inombe" est presque un ciment sur lequel l'eau glisse emportant les éléments indispensables à la pédogenèse (certains minéraux, des organismes vivant dans le sol,...).

La strate herbacée qui pouvait se maintenir sur l'"inombe" à l'air libre peut même disparaître complètement quand elle est complantée avec des plantes plus exigeantes.

L'"umuyugu" reste suffisamment riche pour permettre aux boisements d'Eucalyptus de développer leur sous-bois.

La pauvreté d'un sol est un facteur de diminution de la strate herbacée. Son appauvrissement progressif sous boisement d'Eucalyptus fait augmenter à un rythme plus accéléré le coefficient de diminution de la strate herbacée.

2.7. LA VALEUR DE LA PENTE ET SON INFLUENCE SUR LA STRATE HERBACÉE.

On ne peut ne pas se demander dans un milieu aussi accidenté que la région de Kitabi si les différentes valeurs et les formes de la pente n'ont pas une quelconque influence sur la strate herbacée.

Les travaux de Duley et Hays (1933), Neal (1938), Zingg (1940),

Borst et Woodburn (1949) ont montré que "les pertes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison de la pente (exposant voisin de 1,4) " (1)

Il s'agit bien entendu de terrains non boisés et sans couverture herbacée, des terrains sous cultures.

Une étude analogue se fera dans notre troisième partie quand on traitera de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus sur un terrain nu. Ici nous voulons seulement voir si la croissance de façon exponentielle des terres avec l'inclinaison de la pente est aussi valable en ce qui concerne la diminution de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus.

Comment réagit la strate herbacée au fur et à mesure que la pente devient plus importante? Quelle est la part des boisements d'Eucalyptus dans cette réaction de la strate herbacée vis-à-vis de la variation de l'inclinaison de la pente?

Loin, peut-être, d'avoir les valeurs exponentielles des pertes en terre sous cultures, dans tous les cas la valeur de la pente a une grande importance sur la biomasse des végétaux en général et de la strate herbacée en particulier.

Pour saisir l'influence des boisements d'Eucalyptus, il faut comme précédemment suivre l'évolution de la strate herbacée -et c'est ce que le tableau suivant va montrer - sur un terrain non boisé.

N.B. Trois collines ont pu fournir les valeurs de la pente allant de 0° au sommet à plus de 60° vers le bas de pente. Il s'agit de Busenyi, Kintobo et Nyakiliba.

(1) ROOSE, E, Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest: vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales
O.R.S.T.O.M. n° 78, 1977

TABLEAU XVIII: Disparition de la strate herbacée en fonction de la valeur de la pente (gr/m²)

Degré de p.	Sommet 0°	25-30°	30-40°	40-55°	60° et +
Busenyi	1020	980	920	890	670
Kintobo	980	990	930	710	590
Nyakiliba	1020	980	960	780	510
TOTAL	3020	2950	2810	2380	1670

Nous pouvons à partir de ce tableau conclure que la valeur de la pente exerce une certaine influence sur l'évolution de la strate herbacée. Nous sommes évidemment loin de la progression exponentielle des travaux de Fuley sur sol nu mais la diminution de la strate herbacée sur pentes raides est manifeste. Est-elle aussi manifeste sous boisement d'Eucalyptus? Quel est l'apport de ces derniers dans cette progression dans la disparition du sous-bois?

La première constatation est qu'en général les arbres deviennent plus chétifs au fur et à mesure que la pente devient plus raide. Le tableau suivant montre le niveau de diminution de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus.

TABLEAU XIX : Disparition de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus en fonction de la valeur de la pente.

Degré de p.	Sommet 0°	25-30°	30-40°	40-55°	60° et +
1°boisement	810	790	540	480	290
2°boisement	820	810	580	450	220
3°boisement	790	730	510	430	270
4°boisement	780	750	490	470	190
TOTAL	3200	3080	2120	1830	1970

Ce tableau montre à son tour que la diminution de la strate herbacée à cause des grandes valeurs de la pente est visible sous boisement d'Eucalyptus.

Quelles sont les raisons de cette diminution de la strate herbacée suivant la valeur de la pente en général et sous boisement d'Eucalyptus en particulier?

A la périphérie non boisée cette disparition est à mettre en relation avec le sol sous le sous-bois. Malgré la couverture du sol, la forte pente affaiblit la résistance du sol et une structure lâche favorise l'érosion entre les touffes.

Le sol devenant pauvre et décapé, la strate par voie de conséquence devient moins riche.

Sous boisement d'Eucalyptus, l'influence de la pente semble être encore plus forte qu'à la périphérie non boisée. En effet, les rapports de 1 à 2 et de 1 à 3 respectivement de la périphérie et des boisements sont un peu significatifs.

Plusieurs raisons vont expliquer ce phénomène mais le plus important à notre avis est celui qui a rapport à l'appauvrissement du sol, comme cela a été développé au chapitre précédent.

L'appauvrissement du sol des fortes pentes par les eaux de ruissellement, conduit les Eucalyptus à une plus grande concurrence de l'eau et d'autres éléments nutritifs des plantes. Le sol va progressivement vers l'épuisement total et la strate herbacée disparaît.

Une autre raison, non moins importante, c'est que sur les fortes pentes le système racinaire des Eucalyptus et des arbres en général devient nettement superficiel. Il arrive même que sur de fortes ruptures de pente, les racines soient complètement dégagées du sol.

Cet enchevêtrement et cet affleurement des racines secondaires empêchent le développement possible de toute strate herbacée.

Les fortes pentes ont une grande importance sur le développement de la strate herbacée aussi bien sous boisement d'Eucalyptus qu'à la périphérie non boisée.

CONCLUSION SUR LA DEUXIEME PARTIE

Nous avons traité dans cette première partie non pas directement de l'érosion ni du ruissellement car nous nous trouvons dans une zone où la protection du sol est presque parfaite. Nous n'avons pas non plus voulu parler directement des boisements d'Eucalyptus sur sol dénudé et dégradé car on aurait absolument oublié l'essentiel de l'action de l'Eucalyptus dans les différents niveaux des processus de l'érosion.

Pourquoi et comment la strate herbacée disparaît-elle sous boisement d'Eucalyptus? Telle était la question à laquelle nous avons tâché de donner réponse. Pour y arriver, les hypothèses préalables ont conduit à mettre en évidence une série de variables existantes qui, en effet, se sont révélées influencer plus ou moins fortement la couverture herbeuse sous boisement d'Eucalyptus. Ces variables sont, rappelons-le, la localisation des boisements, leur âge, la densité de plantation, la variété des Eucalyptus, l'exposition des versants, le type de sol et la valeur de la pente dans les boisements.

Il y a certainement plusieurs autres variables telles que le choix des jeunes plants avant de les planter, ... dont les modalités d'action sont plus difficiles à appréhender. Nous avons arrêté nos recherches à ce qui nous semblait être plus déterminant et plus facilement réalisable par la méthode expérimentale: l'étude n'a donc pas été exhaustive.

D'autre part bien que les variables soient étudiées séparément, elles agissent simultanément et la régression de la strate herbacée est souvent le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs.

Ainsi, par exemple, la localisation des boisements et le type de sol sont deux variables dépendantes l'une de l'autre car, comme on l'a vu, on rencontre certains types de sol à des endroits topographiques particuliers (sommet de croupe, concavité des versants, vallée, ...

Les sommets et les vallées auront un sol plus épais que les versants. L'âge des boisements donnera à la densité et à la variété de ces derniers une plus ou moins grande influence sur la strate herbacée.

La plus ou moins grande pénétration de la lumière dépendra quelquefois de la combinaison de plusieurs variables: la localisation, l'exposition, la densité, l'âge et la variété des boisements d'Eucalyptus.

Dans tous les cas, on ne peut nier l'influence de chacune des variables et dans les enquêtes nous avons essayé d'isoler chaque variable en particulier en prenant notamment des boisements dont tous les autres facteurs étaient similaires.

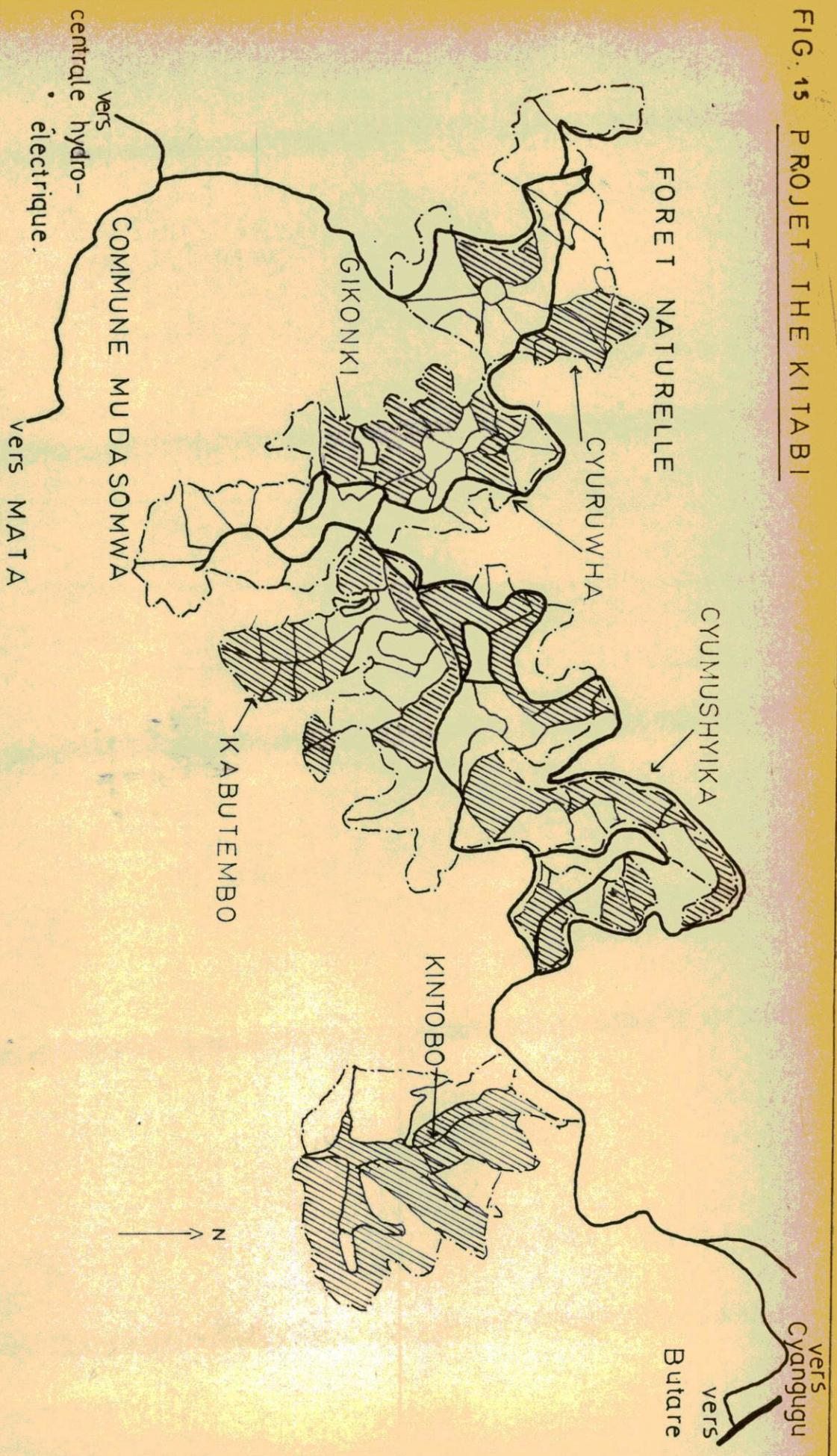
Les étaient satisfaisants pour la plupart d'entre elles, mais si nous privilégions la démarche de combinaison des facteurs, c'est pour avoir une vision globale et une unité d'interactions d'un milieu donné.

Une politique de lutte anti-érosive qui tiendrait compte de toutes les variables et de leur interaction arriverait à de meilleurs résultats, tout en sauvegardant une production de bois de chauffage et de bois d'oeuvre appréciable.

L'influence inhibitrice des Eucalyptus sur la strate herbacée est un fait incontestable mais on peut en limiter les dégâts en modifiant quelque peu les données des variables existantes. C'est ainsi par exemple qu'en agissant sur les écartements on pourrait arriver à diminuer voire éliminer les effets néfastes du manque de lumière.

Le problème se pose différemment quand il s'agit de boisements d'Eucalyptus sur un sol non protégé par une strate herbacée. Tel est le thème que nous allons développer au cours de la troisième partie de notre travail.

FIG. 15 PROJET THE KITABI



LEGENDE

Route principale

Route secondaire

Route intérieure

Boisements

ECHELLE 1/20000
 0 0,2 0,4 0,6 Km

TROISIEME PARTIE :

EVOLUTION DE L'EROSION SOUS

BOISEMENT D'EUCALYPTUS DANS

LESCOMMUNES DE NYARUHENGRI

ET MUGANZA

TROISIEME PARTIE: L'EVOLUTION DE L'EROSION SOUS
BOISEMENT D'EUCALYPTUS DANS LES
COMMUNES DE NYARUHENGARI ET
MUGANZA.

Nous avons traité dans la deuxième partie d'une forme particulière de l'érosion qu'on pourrait qualifier de phase préparatoire à l'érosion proprement dite: la diminution et la disparition de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus. Nous avons choisi pour cela une région où les boisements d'Eucalyptus ont une abondante strate herbacée et nous avons montré que l'Eucalyptus a une influence néfaste sur la couverture herbeuse.

Au cours de cette troisième partie, nous traiterons de l'érosion proprement dite qui consiste en une

"action destructrice des gouttes de pluie tombant sur un sol dont elles font jaillir les particules qui sont ensuite entraînées par le ruissellement." (1)

Il a fallu pour cela choisir des boisements sans sous-bois herbacé ou buissonnant, où les gouttes de pluie entrent directement en contact avec le sol.

Ces boisements se rencontrent dans la plupart des communes de la préfecture de Butare. Nous avons effectué notre étude sur les communes de Nyaruhengeri et de Muganza.

Ces deux communes présentent, certes, les mêmes caractères climatiques et pédologiques. Nous nous serions contentés d'étudier les boisements de la seule commune de Nyaruhengeri qui était plus proche de notre lieu de travail si certains phénomènes particuliers d'érosion de deux collines boisées de Muganza n'avaient attiré notre attention.

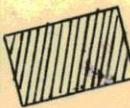
Cette troisième partie est aussi une affirmation concluante de la deuxième. En effet, si la deuxième partie a montré que la strate herbacée diminue et disparaît sous boisement d'Eucalyptus, cette troisième partie se propose de montrer que les boisements d'Eucalyptus sont aussi responsables de l'abla-

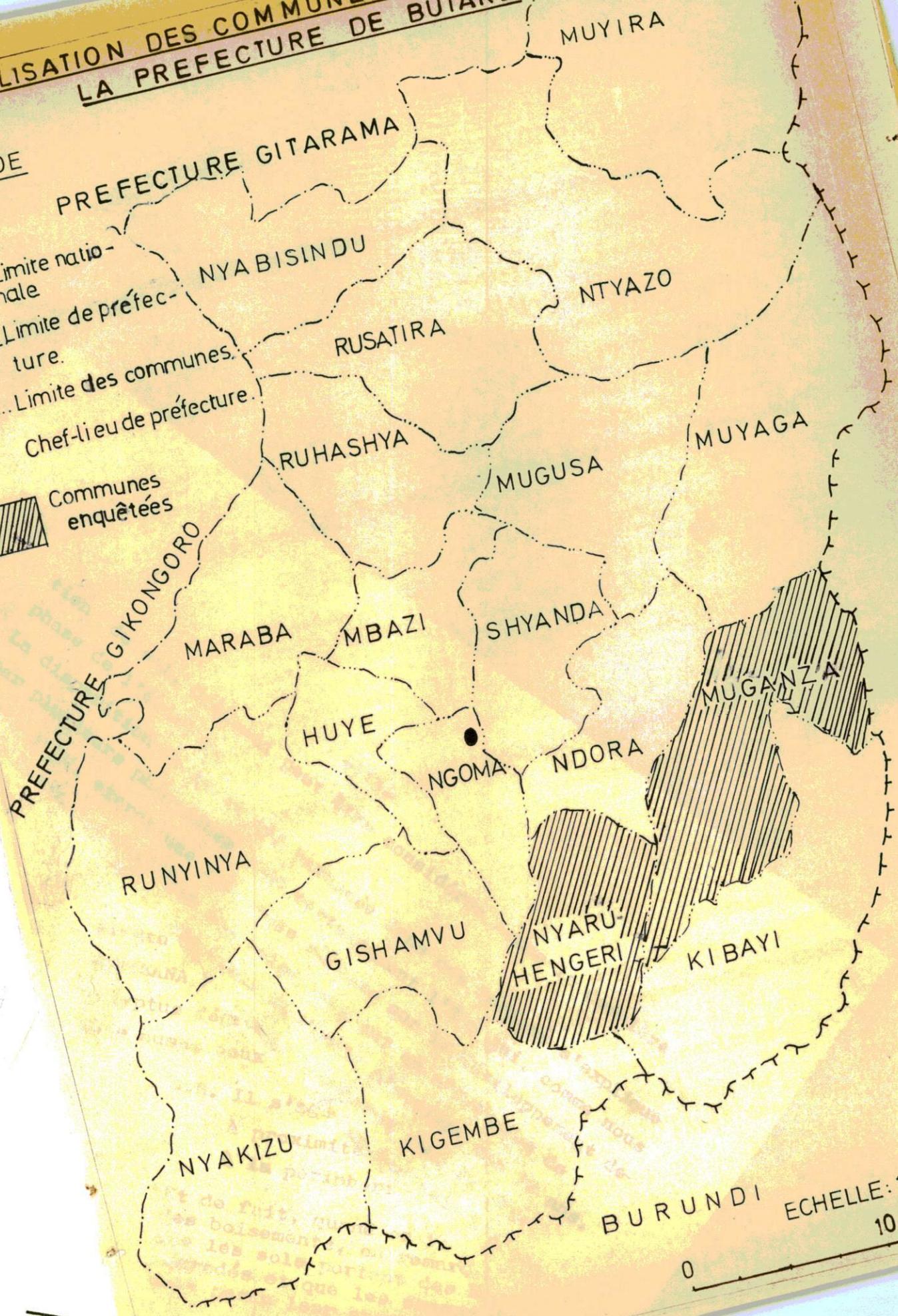
(1) ROOSE, E, op.cit.

110
LOCALISATION DES COMMUNES ENQUÊTÉES
LA PREFECTURE DE BUTARE

LEGENDE

- +---+--- Limite nationale
- - - - - Limite de préfecture
- · - · - · - Limite des communes
- Chef-lieu de préfecture

 Communes enquêtées



ECHELLE: 1/25000



- (1) MUKARA
- (2) HADIMBA

...c. p 4
 ... géographie de l'impact
 ... Influence socio-économique sur
 ... Nudasomwa et Nyamagabe. Ruhengeri, juin
 pp 167.

En d'autres termes, au dire de HABIMANA Pierre, le boisement d'Eucalyptus n'implé pas seulement la couverture herbacée par les variables existantes comme vu précédemment mais continue à dégrader plus sensiblement le sol. Ceci est, évidemment, dans une certaine mesure propre à toutes les cultures, mais plus particulièrement l'Eucalyptus, car même les terres périphériques souffrent de son impact.

Il revient à nier le rôle de protection des sols par les boisements d'Eucalyptus. Dans quelle mesure cette assertion peut-elle être acceptée? On préconise la plantation d'arbres sur les terres dégradées pour lutter contre l'érosion. Quelle est la part des boisements d'Eucalyptus dans cette lutte anti-érosive? Les terroirs sont appelés "terres à vocation forestière".

Sur quelles terres où les boisements d'Eucalyptus sont possibles au sol? Une série de questions auxquelles nous allons tâcher de répondre dans cette troisième partie qui concerne plus particulièrement la protection des sols dans un milieu dégradé ou plus dégradé.

En d'autres termes, au dire de HABIMANA Pierre, le boisement d'Eucalyptus n'inhibe pas seulement la couverture herbacée par les variables existantes comme vu précédemment mais continue à dégrader plus sensiblement le sol. Ceci est, évidemment, dans une certaine mesure propre à toutes les cultures, mais plus particulièrement l'Eucalyptus, car même les terres périphériques souffrent de son impact.

Ceci revient à nier le rôle de protection des sols par les boisements d'Eucalyptus. Dans quelle mesure cette assertion peut-elle être acceptée? On préconise la plantation d'arbres sur les versants pour lutter contre l'érosion. Quelle est la part des boisements d'Eucalyptus dans cette lutte anti-érosive? Certains terroirs sont appelés "terres à vocation forestière". Quelles sont les terres où les boisements d'Eucalyptus sont moins nuisibles au sol?

Telle est une série de questions auxquelles nous allons tâcher de répondre dans cette troisième partie qui concerne plus particulièrement la protection des sols dans un milieu dégradé ou plus ou moins dégradé.

LOCALISATION DES COMMUNES ENQUETÉES DANS LA PREFECTURE DE BUTARE FIG. 16

LEGENDE

- Limite nationale
- - - Limite de préfecture
- · · Limite des communes
- Chef-lieu de préfecture
- ▨ Communes enquêtées



ECHELLE: 1/250000

0 10 20Km

tion du sol. Celle-ci peut être considérée comme la dernière phase de l'érosion.

La disparition de la strate herbacée dans ces régions s'explique par plusieurs phénomènes dont certainement l'âge qui, comme nous l'avons vu, exerce une influence néfaste sur le développement de la strate herbacée. Tous ces boisements ont en effet plus de 30 ans, alors que les plus vieux de Kitabi n'avaient que 12 ans. D'autre part ces boisements, qui sont communaux pour la plupart, sont si mal entretenus que la couverture herbacée n'a pas pu être sauvegardée.

Ces boisements qui ont été laissés pour la plupart au prélèvement individuel des populations ne sont pas soumis à une exploitation rationnelle. Les coupes de bois se pratiquent sans qu'on tienne compte d'un tonnage requis par année et par hectare.

"Les boisements communaux, plus de 25.000 ha (réalisés surtout par les travaux communautaires de l'Umuganda), restent malgérés et fortement dégradés. 70% des productions sont distribués gratuitement à la population." (1)

Cette pratique non rationnelle a accéléré la disparition de la strate herbacée.

Ces grands arbres, après avoir inhibé la poussée de la strate herbacée, menacent dangereusement le sol sous-jacent. HABIMANA Pierre fait remarquer même que les boisements d'Eucalyptus dégradent non seulement les sols qui les portent mais aussi ceux des cultures périphériques.

N.B. Il s'agit des cultures qui sont pratiquées à proximité des boisements. Ceci est fréquent à la périphérie des boisements individuels.

"Et de fait, quand on fait une observation attentive des boisements, on remarque dans la plupart des cas, que les sols portant des Eucalyptus se sont nettement dégradés et que les champs d'alentour ont complètement perdu leur ancienne fertilité." (2)

(1) MUKARUKAKA, Léocadie, op.cit. p 4

(2) HABIMANA, Pierre, Etude géographique de l'impact de la forêt de Nyungwe. Influence socio-économique sur les communes Mudasonwa et Nyamagabe. Ruhengeri, juin 1982 pp 167.

RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA COMMUNE NYARUHENGERI FIG.17

LEGENDE

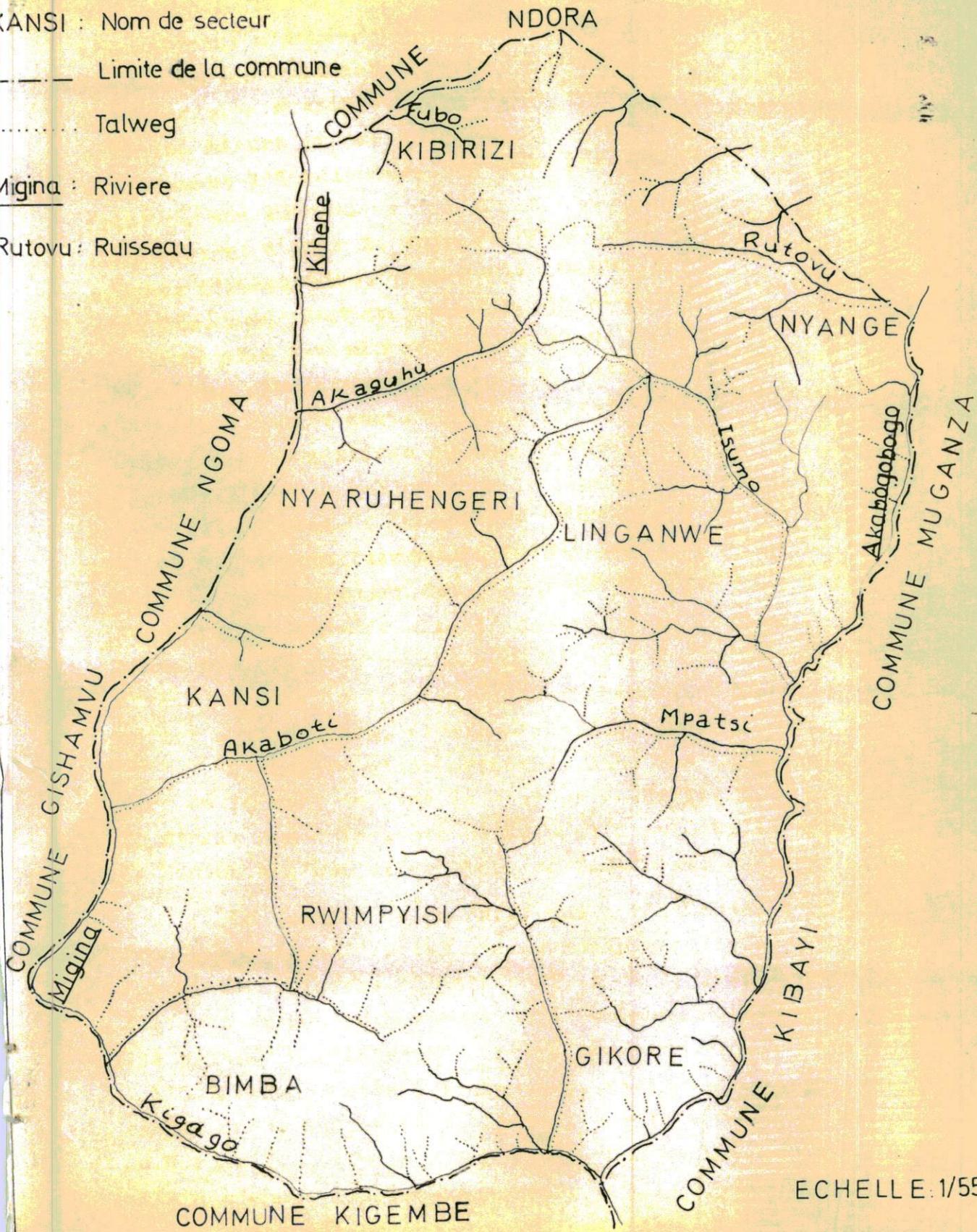
KANSI : Nom de secteur

----- Limite de la commune

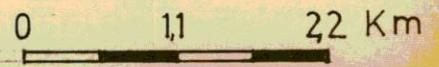
..... Talweg

Migina : Riviere

Rutovu : Ruisseau



ECHELLE: 1/55000



1. MILIEU PHYSIQUE.

1.1. Situation géographique.

La commune de Nyaruhengeri est située dans le sud du pays (Fig:5), à proximité de la frontière avec le Burundi. Elle fait partie des 20 communes de la préfecture de Butare. Cette commune qui couvre un peu plus de 70 Km² est située sur un interfluve entre deux des grandes artères hydrographiques de la région de Butare: la Migina à l'Ouest, l'Akabogobogo à l'Est. Ces deux rivières drainent toute une série de petits cours d'eau qui, pour la plupart, servent de limite de la commune de Nyaruhengeri avec les six autres communes voisines. (Fig:17)

Au Nord, la Fubo sépare la commune de Nyaruhengeri de la commune de Ndora, tandis que l'Akabogobogo la sépare de la commune de Muganza. A l'Ouest, la commune de Nyaruhengeri est séparée de la commune urbaine de Ngoma par la Buzana, tandis qu'au Sud-Ouest elle est séparée de la commune de Gishamvu par la rivière Migina. L'Akaboti sépare la commune de Nyaruhengeri de sa voisine méridionale la commune de Kigembe, pour se déverser dans l'Akanyaru tandis qu'au Sud-Est elle la sépare de la commune de Kibayi. L'avancée des deux communes de Kibayi et de Kigembe dans le marais empêche la commune de Nyaruhengeri d'avoir un accès immédiat à l'Akanyaru, rivière-frontière avec le Burundi.

L'enquête s'est effectuée dans les boisements situés au Nord de la commune dans le secteur de Kibirizi.

Il s'agit des boisements de Fubo et Kamuheshi au Nord du secteur, de Henene à l'Est et de Mbeho au Sud-Ouest.

La commune de Muganza, qui a fait aussi l'objet de notre étude, est l'une des 143 unités administratives du Rwanda et l'une des 20 subdivisions administratives de la préfecture de Butare. Elle est située au Nord-Est de la commune de Nyaruhengeri dont elle est séparée par la grande artère hydrographique: l'Akabogobogo. A l'Est, elle a accès à l'Akanyaru, rivière-frontière avec le Burundi, tandis qu'au Sud, elle est limitée par la commune de Kibayi. Au Nord, elle est voisine de la commune de Muyaga et à l'Ouest elle a commune limitrophe Ndora.

L'enquête s'est effectuée dans les boisements situés dans

Commune NYARUHENGERRI

LEGENDE

- Limite de commune
- - - Limite de secteur
- Route principale
- Route communale
- Bureau communal
- KIBIRIZI : Secteur
- Fubo : Boisement



0 12
ECHELLE

(1) BATTISTINI, R. "Problèmes morphologiques du Rwanda in

" au contact des formations géologiques différentes:

que selon L. MESSCHY,

Cette dissymétrie entre les versants occidental et oriental est

à de vastes vallées.

disséqué et est constitué d'amples collines qui se raccordent

hengeri. Vers la vallée de la Mitina, le relief est beaucoup moins

Le paysage de toute la portion orientale de la commune de Nyaru-

siste que sous forme de multiples collines convexes qui dominent

Gobogo à l'Est, la péninsule beaucoup plus fractionnée ne sub-

A mesure que l'on se rapproche de la vallée de l'Akabo-

"Ces surfaces planes s'expliquent par une faible
déformation qui, dans la région, affecte la pén-
saine qui constitue une grande partie du Plateau
Central et qui daterait du tertiaire." (1)

culatation de la région.

ments qu'empruntent les deux anciennes et grandes artères de cir-

collines à sommets plats et altitudes constantes. Ce sont ces som-

sages bien distincts. L'Ouest est un paysage de vastes et larges

croissante d'Ouest en Est. La courbe de 1.600 m délimite deux pay-

La commune a une orientation Nord-Sud avec une pente générale de-

dans le Nord du secteur Kibirizi.

entre 1.400 m et 1.800 m; le point culminant est à 1.761 m (Urunka)

sion de collines basses et allongées. Son altitude est comprise

La commune de Nyaruhengeri est constituée par une succes-

1.2. Relief et hydrographie.

à Remera et à Gatwara.

de Linda, nous ont servi pour compléter les recherches effectuées

D'autres petits boisements, comme ceux des collines de Mugombwa et

de l'occidentale.

et de cyprès, tandis que celle de Gatwara ne l'est que dans sa par-

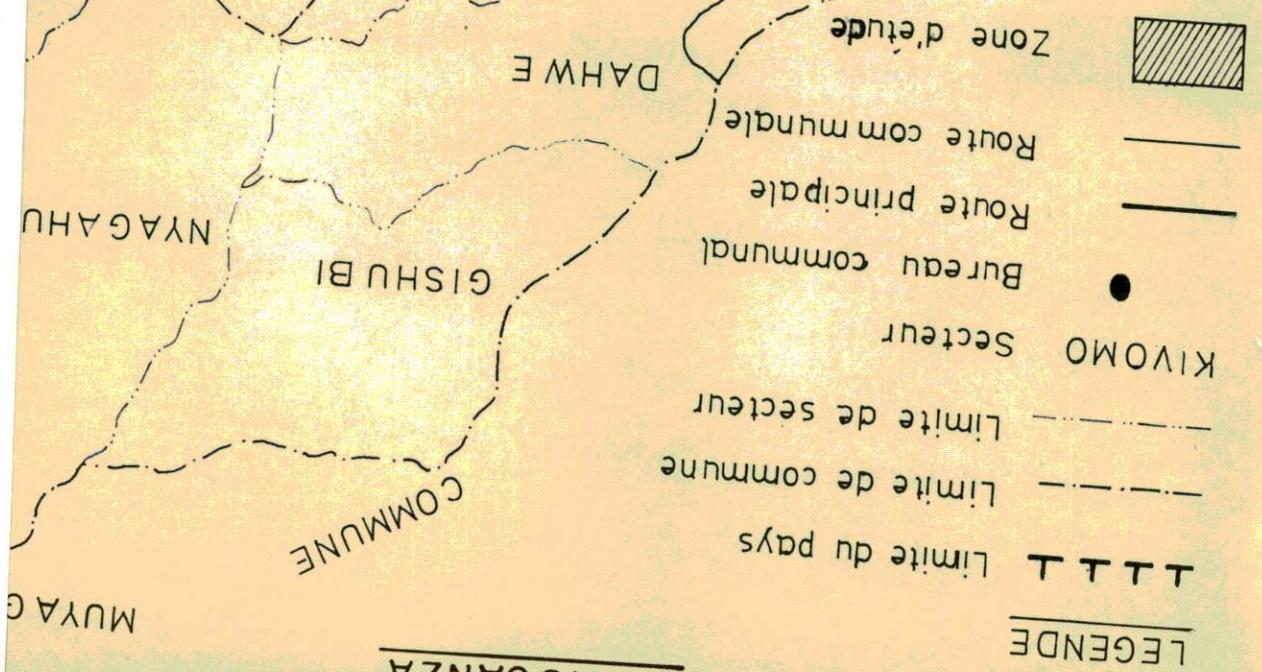
Remera est une colline presque complètement boisée d'Eucalyptus

et le deuxième sur la colline de Gatwara.

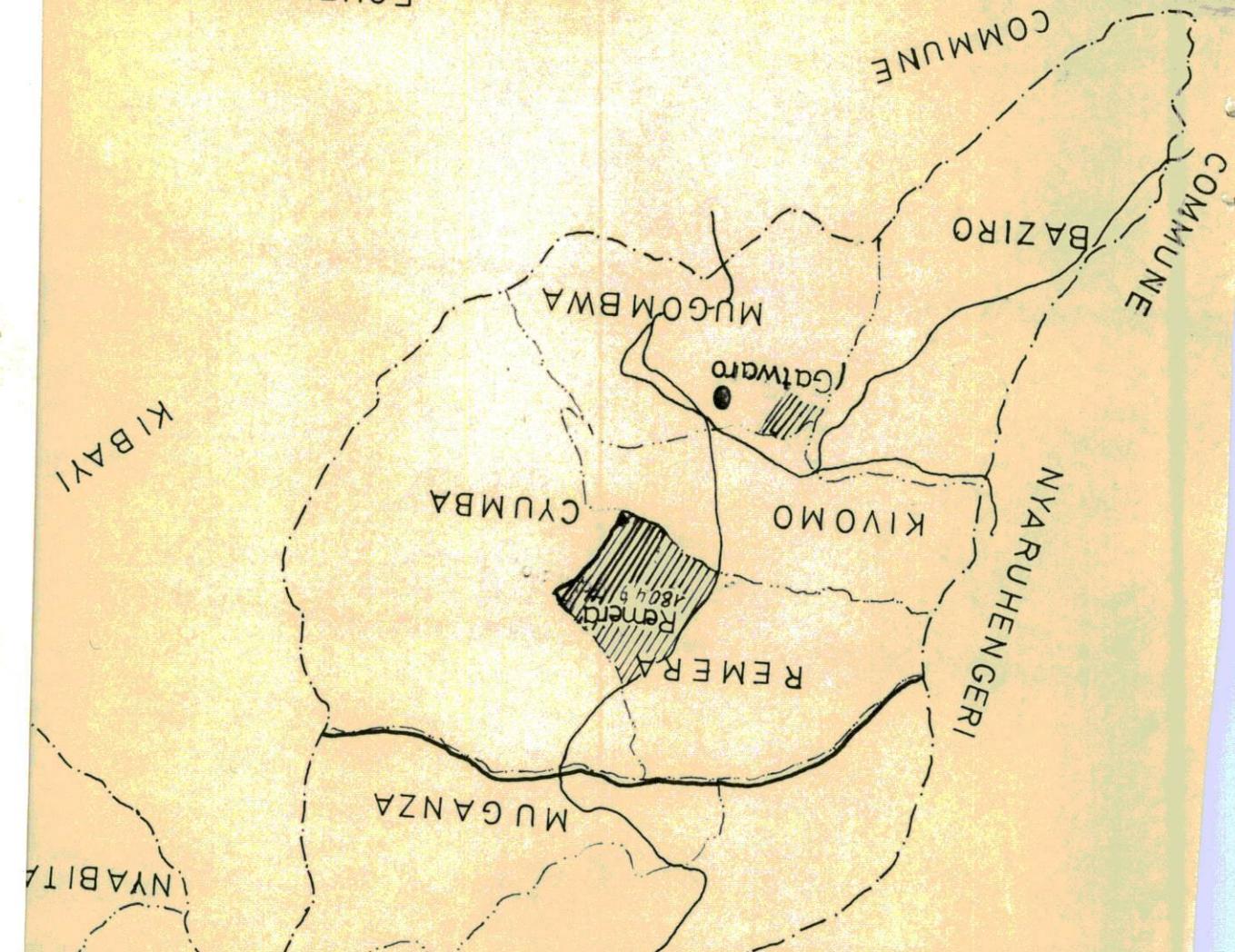
Gyumba. Le premier boisement se trouve sur la colline de Remera et

Le Centre-Sud de la commune, dans les secteurs de Remera et

FIG. 19 LOCALISATION DES BOISEMENTS ETUDIÉS EN COMMUNE DE MUGANZA



- LEGENDE
- TTTTT Limite du pays
 - Limite de commune
 - - - Limite de secteur
 - Bureau communal
 - Route principale
 - Route communale
 - ▨ Zone d'étude



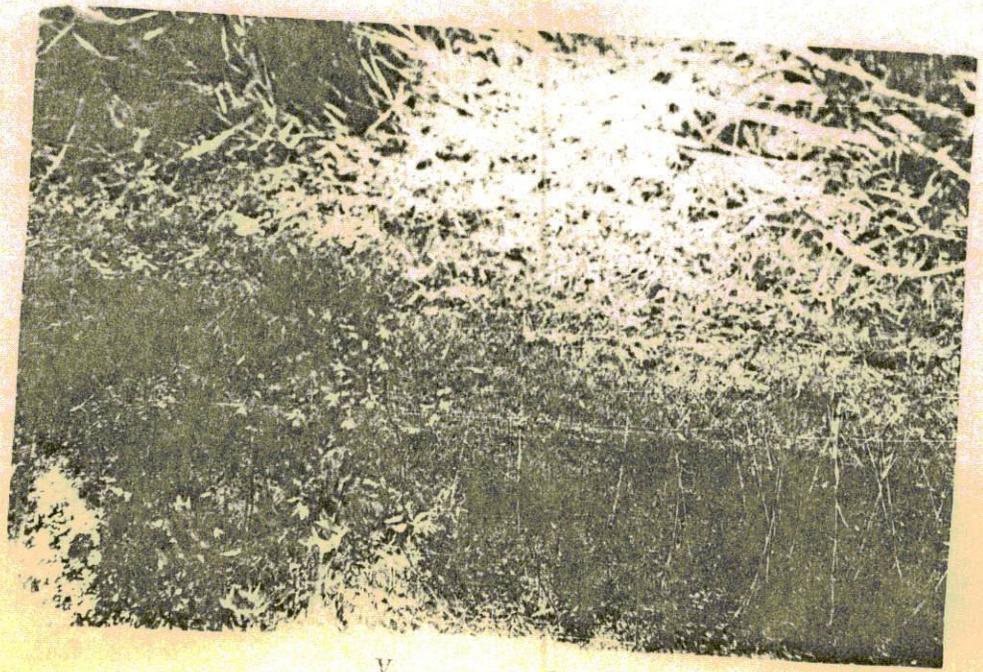
ECHELLE : 1/75 000
 0 1,5 3 km

La disparition de la strate herbacée
 conduit inévitablement à l'abla-
 tion du sol.
 Photo: dégradation du sol dans un boise-
 ment de Nyantshengert (Fuho).
 Le sol y était encore récemment couvert par
 une végétation herbacée.



B

reprise de croissance de la végétation
 herbacée après une coupe sélective
 des arbres dans un boisement d'*Macalypus*
 de *Cymushyika* (Libabi).



A

PLANCH. XI

Les gneiss rusziens et les granites burundiens " (1)

Le réseau hydrographique de la commune de Nyaruhengeri suit la direction générale de l'inclinaison de la région. Seules les deux rivières-limites occidentale et orientale de la commune de Nyaruhengeri prennent l'orientation subméridienne vers l'Akanyaru. De nombreux filets d'eau prennent naissance dans les vallées et se jettent dans la Migina, tandis que l'Akabogobogo reçoit les eaux de la Rutovu, de l'Isumo et de Mpatsi.

La commune de Muganza est caractérisée par un réseau hydrographique pérenne mais peu dense. A part quelques petites rivières du versant oriental comme l'Umweyi qui se jettent dans l'Akabogobogo et notamment dans l'Akanyaru, rivière-frontière nationale, la commune de Muganza possède de larges vallées non drainées par des cours d'eau mais plutôt occupées par une dense végétation comme les palétuvers dans la vallée de Kivomo et la papyrate dans la vallée de l'Akanyaru.

1.3. Sols et végétation.

La dissymétrie qui existe entre les versants occidental et oriental quant au relief, existe aussi en ce qui concerne les types de sol et la végétation. Ces deux unités naturelles qui, comme nous l'avons vu, se situent grosso modo de part et d'autre de la courbe de niveau de 1.600 m sont classées par DELBRIERE en "dorsale granitique" pour la partie occidentale et en "Mayaga" pour la partie orientale.

A propos du type de sols de ces régions, DELBRIERE fait remarquer que "l'origine granitique des sols (de la première région) lui confère sa couverture grise typique qui en fait une région de valeur agricole moyenne". Tandis que pour la deuxième région, "les sols sont très variés: affluents rocheux sur les sommets et sols graveleux humifères sur les hauts des collines sont souvent caractéristiques. Les plateaux des collines sont parfois occupés par les sols relativement récents à haute productivité."

(1) MBESCHY, L. Kaserege, une colline au Rwanda. De l'occupation plomnière au surpeuplement.

(1) DELPIERRE, P. "Les régions agricoles du Rwanda" I.S.A.R. Note technique n° 13, p. 17.
 Butare 1979, 172 pages.
 (2) KAJIIBWAMI, Joseph, La vie rurale dans la commune de Nyaruhengeri.

Cette diversification des sols de la région explique sa valeur agricole très bonne" (1)

Kajiibwami Joseph, dans son mémoire sur la vie rurale dans la commune de Nyaruhengeri donne une classification qui ne s'appuie sur des critères scientifiques mais qui a été établie par les populations qui habitent le milieu. L'expérience paysanne estime la valeur du sol selon sa capacité ou non de rétention de l'eau et corrélativement selon la possibilité de faire se développer d'importantes "plantations" de bananerales.

Il parle de quatre types de sols.

"- Le bon sol dit "urumombe" (sol rouge de texture argileuse) qui se caractérise par sa forte capacité de rétention de l'eau et qui-le propre de la région occidentale de la commune où l'abondance de la bananerale-donne une "impression de forêt". C'est en raison de cette relative prospérité de la bananerale qui traduit la bonne qualité du sol que cette région est désignée par l'empirisme paysan le "Bwanamukari" qui signifie localement "endroit riche".

- Le deuxième type est constitué par le sol dit "urusenyi" (sol graveleux) et caractérise toute la portion restante de la commune où le paysage change saisonnièrement selon la culture dominante. L'absence même d'importantes bananerales fait conclure à la pauvreté du sol qui donne à cette région le nom de "Mayaga", terme qui, dans le langage local, signifie "endroit sec".

- Le troisième type, qui est l'intermédiaire entre les deux premiers, est dit "umusensasanga" (sol de couleur grise) ! Il est considéré comme ni très pauvre ni très riche et se retrouve un peu partout dans les deux régions surtout dans les hémicycles concaves suspendus au-dessus des vallées.

- Le quatrième type constitue un cas particulier. Il s'agit de la terre noire qui profite presque à tous les paysans en ce sens que chacun y possède au moins un billon de patates douces" (1)

En effet ce dernier type de sol est surtout recherché du fait qu'il est continuellement imbibé d'eau et ainsi permet d'y pratiquer des cultures toute l'année.

1.4. Données climatiques: température et précipitations.

La station météorologique de Kanisi au Sud-Ouest de la commune de Nyaruhengeri, à 1670 m d'altitude et à 2°42' de latitude Sud et 29°45' de longitude Est fournit les données de la région. La température moyenne annuelle (calculée sur une période de 8 ans, 1970 - 1977) est de 19°C. La température moyenne mensuelle varie de 20°C en août à 19°C en juin. Ces variations portent l'amplitude annuelle à 1°4 C.

"C'est là un régime thermique constant du type équatorial, sensiblement adouci par l'altitude." (1)

N.B. Par altitude, il faut entendre ici l'ensemble du pays qui est caractérisé par une haute altitude; la région de la Crête étant encore plus élevée.

Quant à ce qui est des précipitations, l'examen de la figure (20) nous permet de constater une pluviosité relativement abondante: la moyenne calculée sur 29 ans (1931 - 1960) et considérée comme la normale, atteint 1091,2 mm avec deux maxima pluviométriques. Le premier se produit en avril (176,6 mm) et le second, plus faible par rapport au premier, en décembre (115,3 mm) et de juillet (5 mm) qui constituent le cœur de la saison sèche.

Le climat de la commune de Nyaruhengeri, de même que celui de la commune de Muganza dont nous n'avons pas pu avoir les données mais qui ne doit pas être différent, peut être classé comme type AW3 d'après le système de classification de KÖPPEN. A: plus froid est supérieure à 18°C.

W: la hauteur moyenne des précipitations du mois le plus sec est inférieure à 60 mm.

D'après JKARY+BWAMI

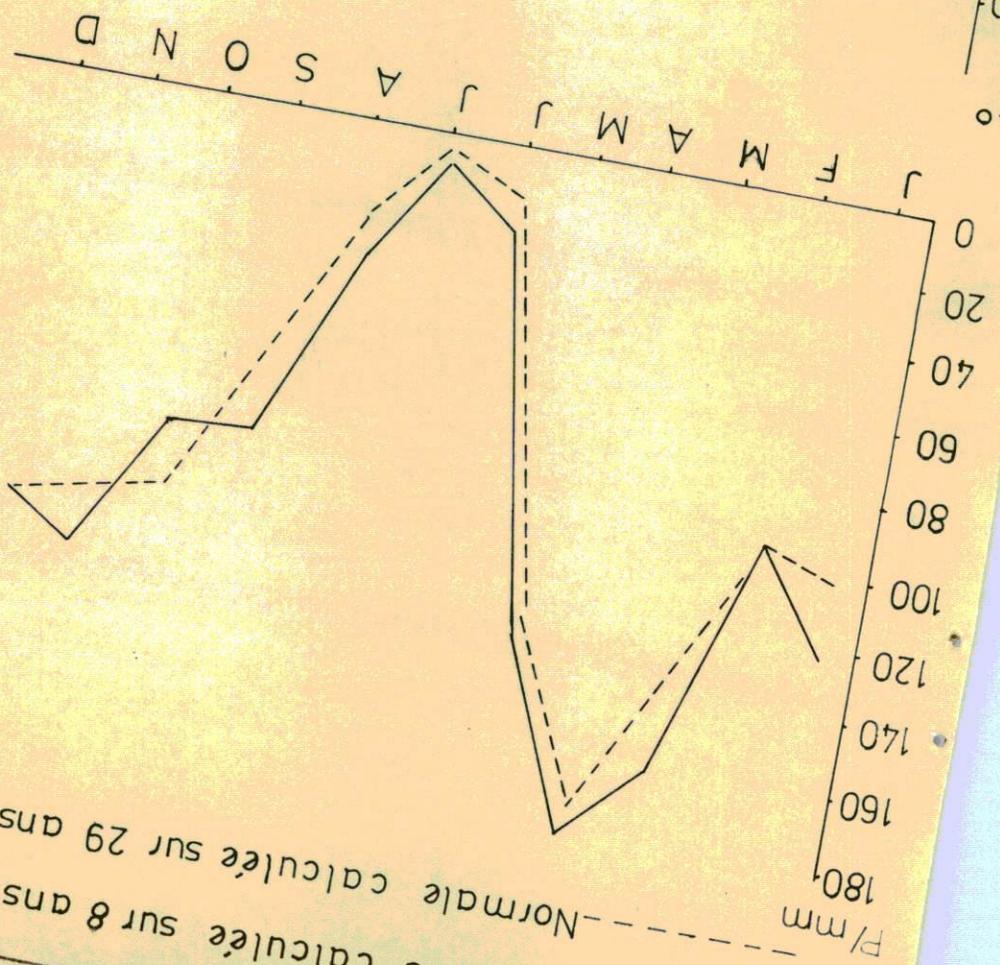
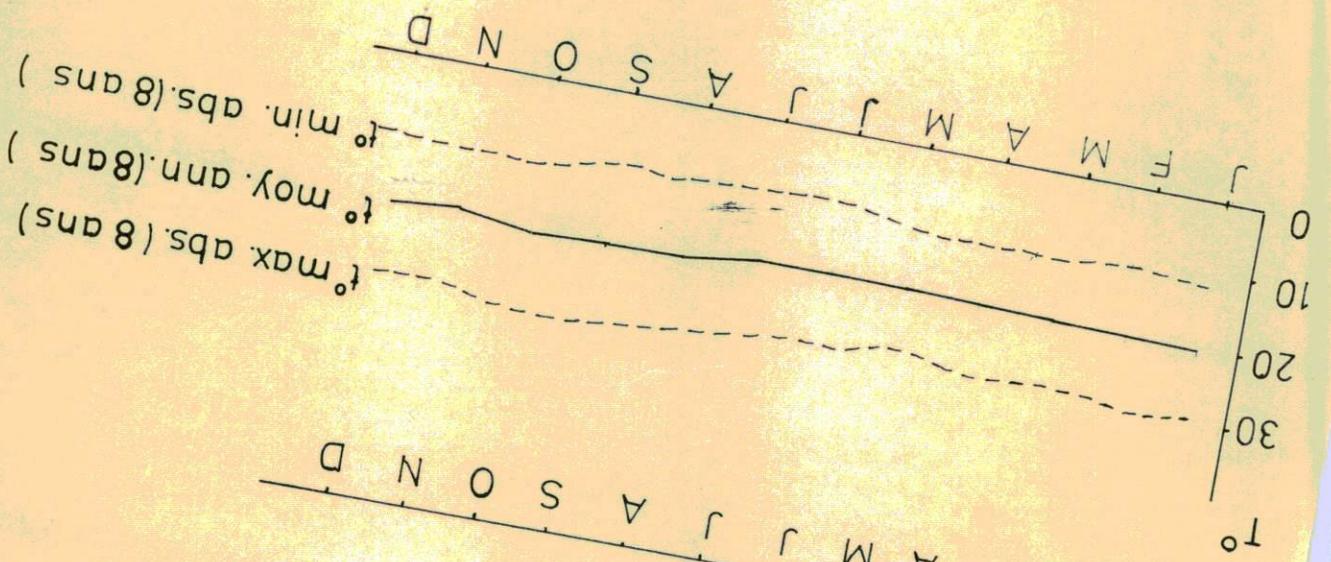


FIG. 20 Données climatiques: précipitations et température de Nyaruhengeri (1970 - 1977) Moyenne calculée sur 8 ans (1970 - 1977) Normale calculée sur 29 ans (1931 - 1959)

3: trois mois de saison sèche.

AV3 est un climat tropical à 3 mois de saison sèche.

Avec la commune de Nyaruhengeri, nous nous trouvons,

non plus dans un climat très humide et tempéré des contreforts

de la Crête Zaire-Nil mais dans un climat plus chaud, moins humide

du Plateau Central. Le tableau ci-après met en parallèle les cli-

mats, les types de sols et les altitudes des régions étudiées.

Tableau comparatif des climats, des sols et de l'alti-

tude de Kitabi et Nyaruhengeri.

	Précipitat.	Température	Altitude/m	Sols.
Kitabi	> 2400	(15-18) < 18	> 2000	Forestier
Nyaruheng.	< 1100	(19-20) > 18	< 800	Ignés acides.

Si on considère de plus une amplitude thermique diurne

plus élevée à Kitabi (plus de 10°C) qu'à Nyaruhengeri (10,4°C) et

un système de vent plus intense à Kitabi qu'à Nyaruhengeri, on com-

prendra les répercussions que ces différences vont avoir sur la vie

végétative des deux régions. En particulier, les Eucalyptus don-

nent les meilleurs résultats à Kitabi qu'à Nyaruhengeri, de même

qu'une évolution de la strate herbacée plus régulière.

Etant de grands consommateurs d'eau dans un sol profond, les Eu-

calyptus croissent plus vigoureusement dans la région de Kitabi.

Ce sont ces données climatiques et pédologiques qui, mises

en relation avec les différentes variables existantes vont déter-

miner la plus ou moins grande fertilité de l'érosion.

car un sol sec est parfois plus perméable qu'un sol hydraté.
sol très vulnérable au ruissellement. Dans un sol profond (comme
Cet assèchement, surtout pendant la saison sèche, rend le

un développement harmonieux.
Pluviométrique que peut accepter un boisement d'Eucalyptus pour
Nyruhengeri proprement dite n'a que 1091,2 mm. C'est le minimum
munes de Nyruhengeri et Muganza est de 1150 mm. La commune de
tral est de 1200 mm; celle du Bwanankari où font partie les com-
En effet, la moyenne pluviométrique des régions du Plateau Cen-

sol et, partant, pour la végétation en général.
ce dans un milieu des moins arrosés du pays est néfaste pour le
Cette concurrence pour l'eau des Eucalyptus qui s'exer-

La concurrence pour l'eau est très grande." (1)
Il est clair que dans ces conditions de plantation,
1000 mm.
tête de la plante, montrent que l'Eucalyptus vient en
Ses résultats sont supérieurs à ceux de l'Indigène à une al-
titude de 1430 mètres en Afrique du Sud.
verses essences, introduites et indigènes, à une al-
Henrici (1946-1947) a mesuré la transpiration de di-
développement une grande quantité d'eau.
"L'Eucalyptus est une essence qui nécessite pour son

pluvieux.
tante consommation de l'eau par les Eucalyptus dans un milieu peu
- ce qui n'était pas le cas dans la région de Kitabi - l'import-
La région que nous allons étudier, nous citerons cette fois-ci
Parmi les variables qui conduisent à la dégradation des sols de
toutes les variables agissant souvent entre elles.
revient dans la détermination d'une érosion plus ou moins intense,
ments. Il est souvent mal aisé de rendre à chacun la part qui lui
Ces facteurs sont déterminés par la conjonction de plusieurs élé-
moins nets suivant les boisements.
d'un certain nombre de mesures basées sur des éléments plus ou

L'importance de l'érosion peut être estimée à l'aide
BOISEMENT D'EUCALYPTUS.
2. L'ÉROSION ET SES DIFFÉRENTES VARIABLES SOUS

Ce n'est pas le cas dans la commune de Nyaruhengeri et Muzanza où les boisements étudiés se trouvent sur un sol peu épais. La désydratation qui se fait très vite car l'eau infiltrée est peu abondante du fait justement de la faible épaisseur du sol, enlève à ce dernier une certaine cohésion, sa structure devient moins grumeleuse car les particules du sol s'éloignent les unes des autres (poptisation). Un sol pareil résistera peu à l'érosion pluviale et éolienne.

N.D. Dans ces régions où les vents sont moins violents que sur la Crête Zaire-NIL, ils sont cependant plus nuisible car ils rencontrent un sol généralement nu (surtout dans les boisements) ou couvert seulement par une litière. Celle-ci est vite emportée par le vent ainsi que la couche superficielle du sol.

Un autre facteur non moins important pour la dégradation du sol et qui a trait à la nature même de l'Eucalyptus c'est son système racinaire. Les Eucalyptus développent rapidement un système racinaire traçante. Ces racines vont non seulement capter la majeure partie des précipitations et ainsi assécher davantage le sol, mais aussi elles vont rendre, par leur pression vers la surface, le sol encore plus mince et de texture plus grossière. En effet, la formation latérale des racines traçantes poussent à quelques centimètres seulement du sol. Une mesure des empâtements sur un boisement de Kibuye a donné une valeur moyenne de 4 cm (WASSMER, P.). La conséquence de ces affluements est que le sol devenu plus mince résiste encore moins aux eaux de ruissellement, en plus de cela les racines servent de ciment qui empêche l'eau de s'infiltrer convenablement et l'écouler emportant ainsi la couche superficielle du sol.

Le type de sol est aussi un facteur important de protection ou de dégradation de celui-ci. En d'autres termes et en ce qui concerne notre zone d'étude, malgré le caractère dégradé de l'ensemble des terrains boisés des communes Nyaruhengeri et Muzanza, les uns le sont un peu moins que les autres du fait que les Eucalyptus dépendent moins un tel substratum pédologique qu'un tel autre.

Cette différence dans la dégradation des substratums pédologiques par les Eucalyptus est liée au mode d'échange d'éléments nutritifs entre une plante donnée et un milieu pédologique donné. C'est ainsi que dans un milieu pédologique acide, pour qu'il y ait échange d'éléments nutritifs, le complexe absorbant ne doit pas être acide. C'est ce qui peut nous paraître - nous sommes au niveau des hypothèses - avoir occasionné la dégradation des sols développés au départ d'un complexe de roches ignées acides comme on les rencontre dans une grande partie de la région de Butare y compris nos deux communes d'étude (MUNYARUGERERO G). Les échanges entre un tel milieu et l'Eucalyptus contenant de la terpène, matière acide seront très faibles et le sol se dégradera davantage faute de restitution des éléments nutritifs emportés par l'Eucalyptus. Nous aurons à traiter de quelques types zonaux des sols et à montrer comment ils réagissent à l'érosion sous boisement d'Eucalyptus. Certains types de sol ont même permis l'existence d'une strate herbacée qui est souvent si éparse et si chétive que les eaux de ruissellement emportent une partie du sol.

A tous ces facteurs, contribuant à détruire le sol, viennent s'ajouter les actions d'origine anthropique. Le rôle exclusivement anti-érosif des boisements d'Eucalyptus est presque impossible dans notre pays. Comme le dit WASSMER P, une mesure qui consisterait en la mise en défens des périmètres boisés particulièrement fragiles est inconcevable au Rwanda.

"Il faut admettre une fois pour toutes que planter des arbres, pour protéger le sol à long terme, n'a aucun sens, si la population avoisinante n'a plus le bois nécessaire pour faire cuire ses aliments: que reboiser les terres de pâturages est une absurdité si les éleveurs n'ont pas d'autres possibilités de faire paître leur bétail " (HONEGGER M, 1979).

Ce va-et-vient dans les boisements des chercheurs de bois de chauffage et des éleveurs finit par apporter des transformations du sol et le dégrader davantage. Le tableau ci-après montre les différences de profondeur de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus et à la périphérie non boisée et à sol nu.

N.B. Nous avons choisi des boisements où le phénomène de surpâturage est très visible.

Il s'agit de quelques boisements de Kamuheshi, de Gatwaro et de Fubo.

Là en effet il y a plus de manifestation de l'érosion qu'à la périphérie non boisée.

Les prélèvements des échantillons se sont effectués suivant la méthode citée plus haut (voir prélèvements des échantillons).

TABLEAU XX : Profondeur de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus et à la périphérie non boisée (en cm).

Boisements	Sous boisements	Périphérie non boisée
Kamuheshi	3 cm	2 cm
Gatwaro	4,5	2,5
Fubo	3,5	3
Moyenne totale	3,66	2,5

N.B. Nous avons tenu à préciser "périphérie non boisée et à sol nu" pour ce tableau car dans la plupart des périphéries non boisées persistent encore, malgré le caractère de dégradation de la plupart des collines étudiées, quelques plantes herbacées telles que l'Eragrostis olivacea K.Schum et le Digitaria sp.

Il ressort de ce tableau que les boisements d'Eucalyptus placés dans certaines conditions peuvent être à l'origine d'une érosion plus intense que des terrains laissés à découvert; et c'est malheureusement le cas de beaucoup de boisements au Rwanda.

Après ces généralités sur les influences néfastes que peuvent avoir les boisements d'Eucalyptus sur le sol, voyons ces mêmes influences à l'intérieur de certaines variables existantes.

Nous devons dire tout de suite que ce sont pratiquement les mêmes variables qui interviennent dans les boisements sur terrain nu comme sur celui couvert par une strate herbacée. Seule leur action diffère.

En ce qui concerne les boisements sur terrain à sol nu et dégradé, nous allons avoir à faire à une forme d'érosion qu'on pourrait qualifier de "mécanique".

Il s'agit d'une étude sur la démolition du sol par les eaux de pluie, le contact et le choc que les gouttes de pluie exercent sur le sol directement jusqu'à l'éroder.

Nous voulons, par cette troisième partie, étudier la part des Eucalyptus dans cette lutte contre l'agressivité des précipitations. A première vue, évidemment, les boisements d'Eucalyptus comme tous les grands végétaux sont de bons protecteurs de sol. Il arrive cependant que dans certaines conditions ils soient défavorables à la lutte anti-érosive. Ce sont ces conditions qui vont être à travers toute une série de variables le thème de cette troisième partie.

L'action de l'érosion par les eaux de pluie s'accomplit généralement de deux façons:

- les gouttes de pluie qui tombent directement sur le sol et lui enlève des particules.
- une certaine quantité des gouttes de pluie se concentrent et en se déplaçant plus ou moins vite vont arracher certaines couches du sol.

Les manifestations de l'érosion sont aussi de plusieurs formes dont voici les plus courantes:

- l'érosion se manifeste par une série de rigoles diffuses à travers le terrain.
- elle peut aussi se manifester par de grands enlèvements de terrains par les eaux de pluie concentrées en un endroit.
- l'érosion se manifeste d'une manière moins perceptible par l'enlèvement de la couche la plus superficielle du sol sur l'ensemble du terrain. C'est souvent le cas sur les terrains plats et dont la nature des sols est la même où les eaux de ruissellement ne peuvent se concentrer à un endroit particulier.

Comment se manifeste l'érosion sous boisements d'Eucalyptus et comment ces derniers modifient-ils son action?

2.1 INFLUENCE DU SITE DES BOISEMENTS.

Par site - comme par ailleurs localisation - il faut entendre le sommet, le versant et la vallée de la colline boisée. Les observations et les mesures faites dans les boisements sur terrains couverts par une strate herbacée (Kitabi) ont montré que celle-ci allait diminuant du sommet de la colline à la vallée. Sous ce titre nous voulons voir s'il en est de même sous boisement sur terrain nu.

2.1.1. Généralités sur le site des boisements.

Ici encore la différence essentielle résidera dans l'épaisseur du sol et, par voie de conséquence, dans la capacité de retenir l'eau. L'eau de pluie qui tombe sur le sommet de la colline stagne et s'écoule progressivement dans le sol car les conditions topographiques sont favorables. Sur le versant il n'y a qu'une infime partie d'eau qui pénètre dans le sol car elle coule sur un plan incliné. En ruisselant, elle emporte une certaine quantité de terre.

Ainsi sur les versants, le sol est peu épais et l'eau peu abondante. C'est l'inverse dans les vallées et c'est une des raisons qui font qu'elles sont cultivées toute l'année. Toute l'eau qui tombe quand la vallée n'est pas drainée par des rivières importantes, est retenue dans le sol et elle se double de celle venue des versants de collines.

Il en est de même pour le sol; la partie décapée du sol de versant se retrouve dans les bas-fonds enrichissant ainsi les sols de vallées d'un nouvel apport. Les sols de vallées devenant plus épais, ils emmagasinent encore plus d'eau et pendant longtemps ils peuvent se prêter à l'agriculture.

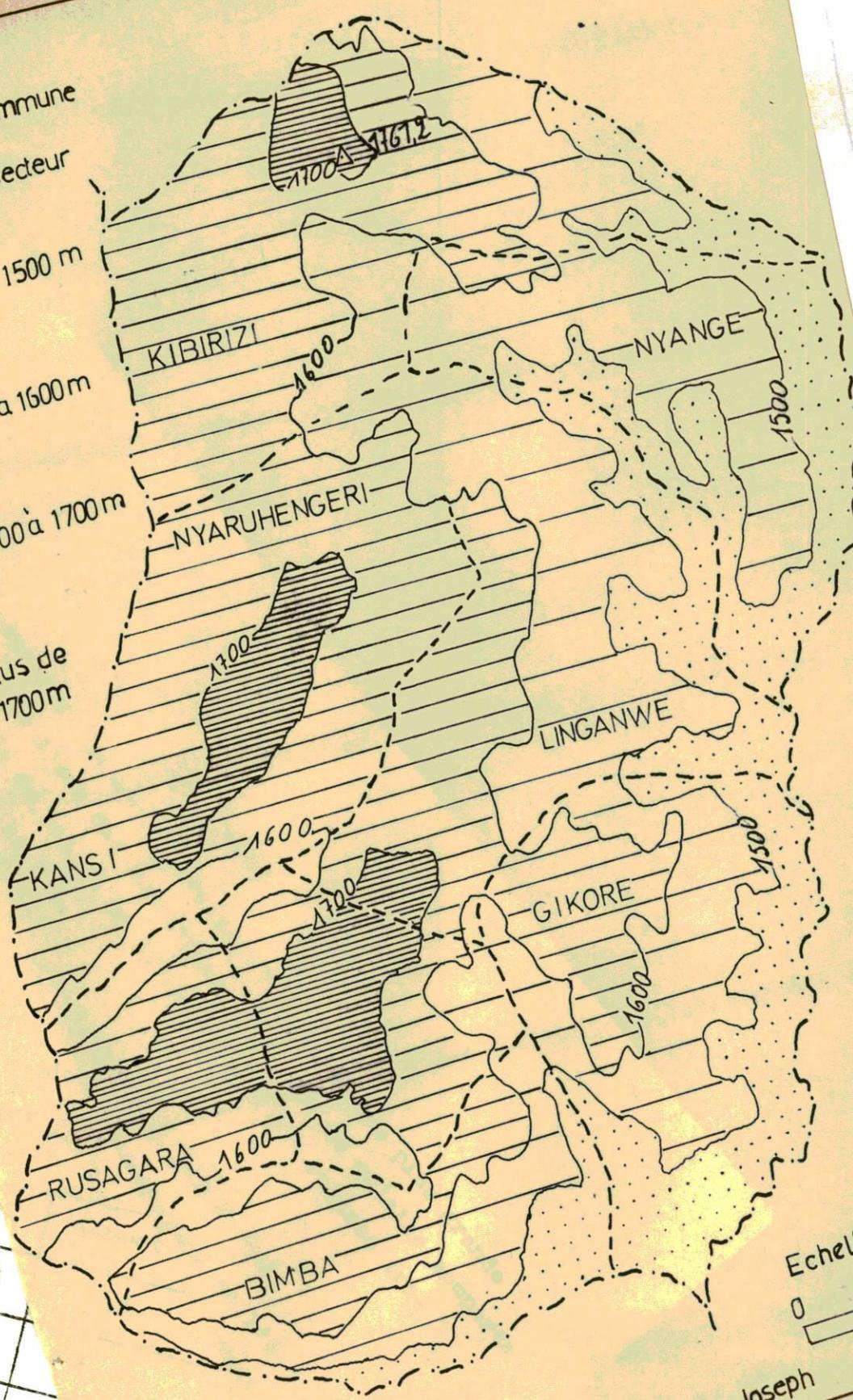
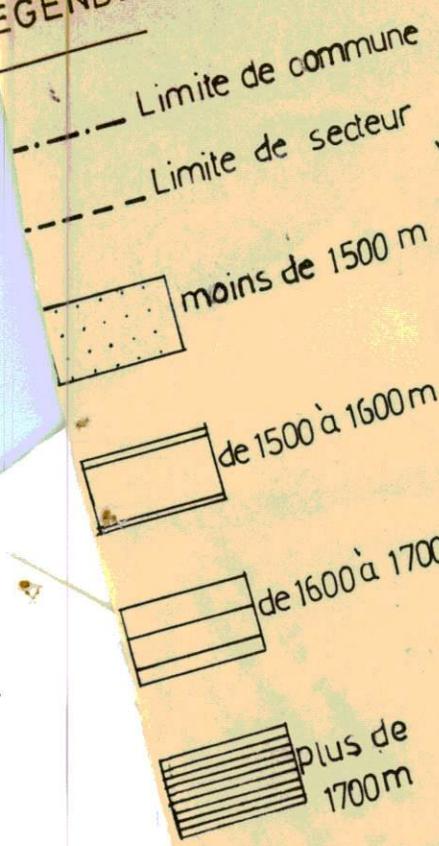
Par ailleurs, sur le versant de colline, les parties les plus éloignées du sommet perdent encore plus de terre. Ceci est dû au fait que l'eau de pluie qui coule à partir du sommet augmente de volume au fur et à mesure qu'elle s'en éloigne car elle reçoit au passage une grande quantité d'eau de pluie.

L'effet cumulatif des eaux augmente la compétence du ruissellement.

Sous boisement d'Eucalyptus, les différences entre le sommet, la vallée et le versant de la colline est encore plus marquée

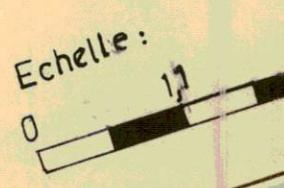
FIG. 21 CARTE HYSOMETRIQUE DE LA COMMUNE NYARUHENGERI.

EGENDE



TABLEAU

Boisements	
1 ^o boisement	
2 ^o boisement	
3 ^o boisement	
4 ^o boisement	0,5
Moyenne	0,75
En un endroit non boisé à 50-100 m de	2,25

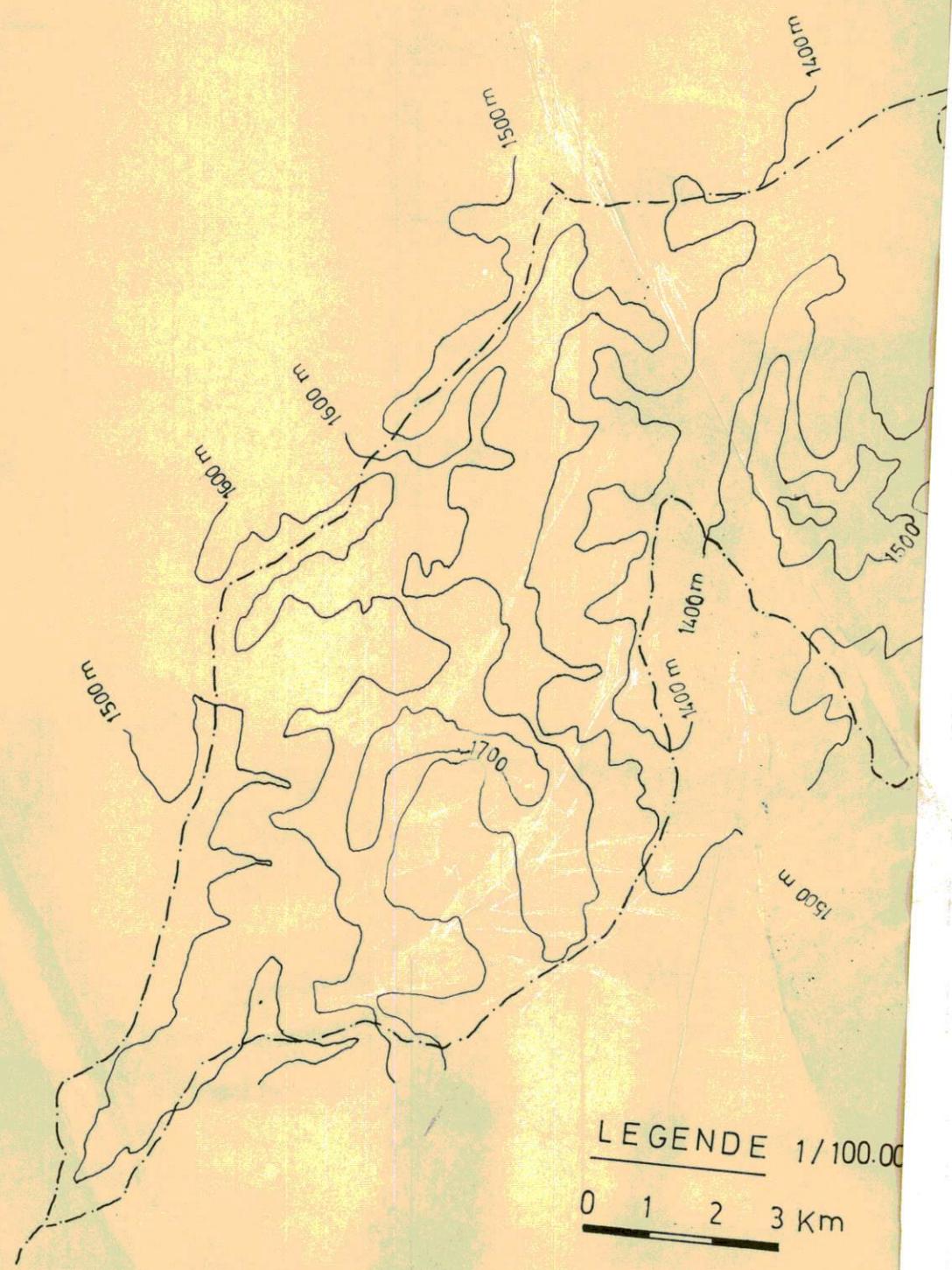


D'après la carte de KAJYIBWAMI Joseph

Il ressort de ce tableau que plus on s'éloigne du sommet plus les eaux de pluie qui coulent vers l'érosion deviennent importantes. La raison à attribuer à ce fait est la longueur de la pente. En effet, comme nous le verrons au chapitre suivant quand nous parlerons de la s'écoulement des eaux de pluie qui coulent

LEGENDE

- - - - - Limite de la commune
- 1500 Courbe de niveau



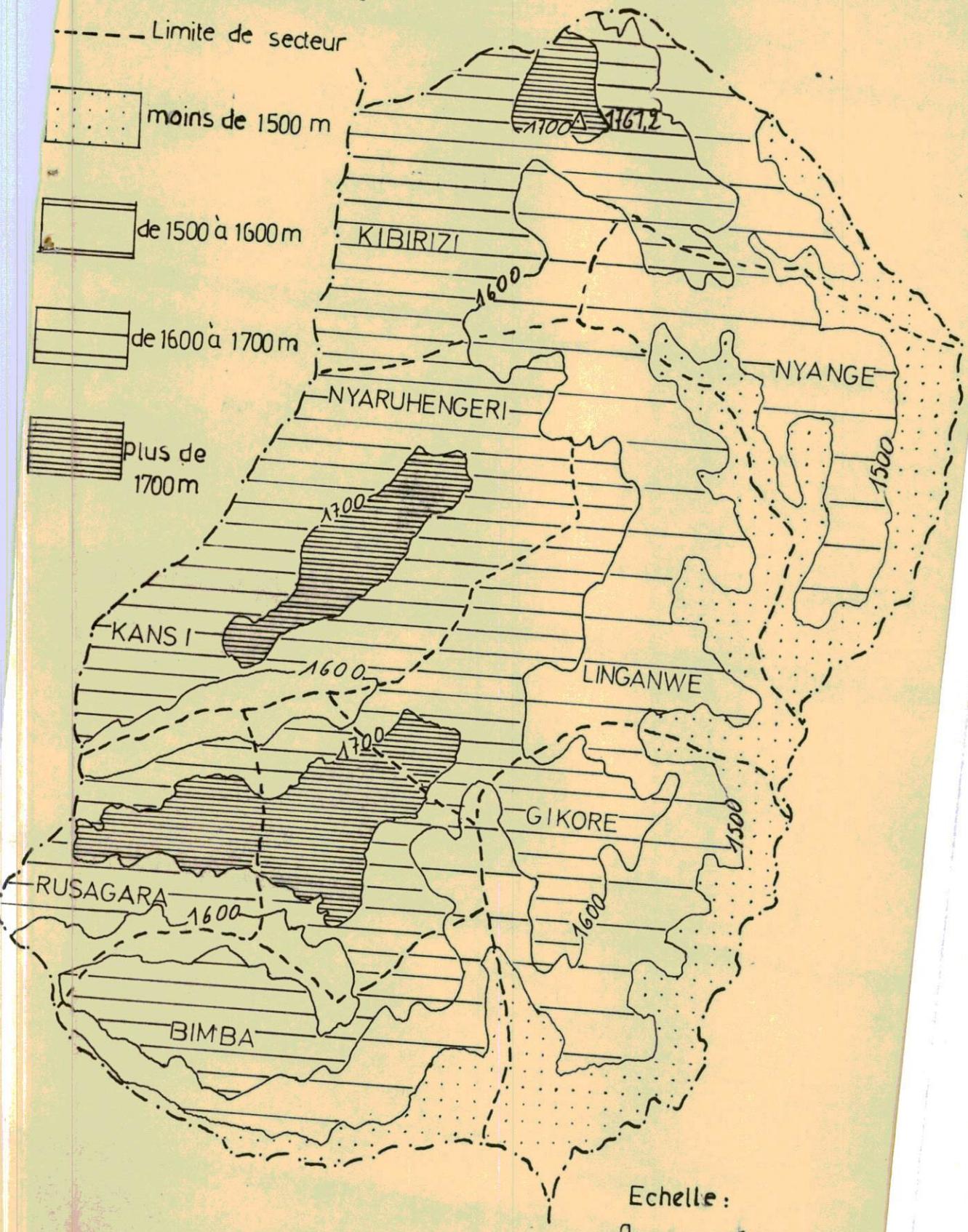
LEGENDE 1/100.00

0 1 2 3 Km

FIG. 21 CARTE HYPSONOMETRIQUE DE LA COMMUNE NYARUHENGRI.

EGENDE

- Limite de commune
- - - Limite de secteur
- [Dotted pattern] moins de 1500 m
- [Horizontal lines] de 1500 à 1600 m
- [Vertical lines] de 1600 à 1700 m
- [Diagonal lines] plus de 1700 m



Echelle :
 0 1 2,2 K

D'après la carte de KAJYIBWAMI Joseph

car à la pauvreté en eau des versants s'ajoute une plus grande concurrence pour l'eau des Eucalyptus avec tout ce qu'elle comporte d'appauvrissement du sol et un développement des racines traçantes plus néfaste au sol.

2.1.2 Le site et les boisements d'Eucalyptus.

Le tableau ci-après compare la profondeur de l'érosion à différentes distances du sommet de la colline. Les mesures ont été effectuées sur les boisements de Gatwaro et de Remera dans la commune de Muganza.

N.B. Pour effectuer ces mesures, on divisait à l'aide de d'arbres-repères le boisement en trois parties: la première partie va du sommet à la distance de 50 m, la deuxième part de la distance 50 m jusqu'à la distance de 100 m. La troisième partie aboutit à 150 m. Nous n'avons pas pu aller plus loin car certains boisements de Gatwaro n'avaient pas plus de 150 m de longueur.

Le prélèvement des échantillons se faisait alors normalement comme pour les autres boisements (voir méthode de prélèvement des échantillons).

TABLEAU XXI : Profondeur de l'érosion en fonction du site.

Boisements	Sommet	A 50 m	De 50 à 100 m	De 100 à 150m
1°boisement	0,5	2,5	4	5,5
2°boisement	1	3	4,5	6,5
3°boisement	1	2	3,5	6,5
4°boisement	0,5	1,5	4	5,5
Moyenne	0,75	2,25	4	6

En un endroit non boisé à 50-100 m du sommet, on a 4,5 cm.

Il ressort de ce tableau que plus on s'éloigne du sommet, plus l'érosion devient importante. La raison à cela est à rattacher avec la longueur de la pente. En effet, comme nous le verrons au chapitre suivant quand nous parlerons de la pente, plus on s'éloigne du sommet plus les eaux de pluie qui coulent sur le ver-

sant s'accroissent et acquièrent plus de force de démolition du sol. Ceci est évidemment vrai aussi pour les terrains non boisés. En ce qui concerne les boisements d'Eucalyptus et leur part dans cette influence du site, leur présence accentue le manque d'eau suffisante sur les versants plus qu'ailleurs. En effet, la faible infiltration de l'eau sur les versants ainsi que le décapage du sol deviennent encore plus plus forts devant l'Eucalyptus. Le coefficient d'appauvrissement du sol augmente sur versant plus qu'au sommet et dans la vallée. (voir deuxième partie). Les besoins en eau d'un Eucalyptus de versant plus grands, partant ses exigences et son allélopathie augmentent dans les mêmes proportions.

Un autre facteur, non négligeable, favorable à l'érosion des sols de versants, c'est la manière même dont les gouttes de pluie entrent en contact avec le sol. S'il est vrai que le flash est important même sur surface horizontale en déterminant l'engorgement superficiel, les effets sont plus néfastes dans le cas de splash sur pente. La force du splash se double de la gravité. Les particules ainsi arrachées du sol sont inévitablement entraînées vers le bas. Ces mêmes particules en descendant entraînent sur leur passage d'autres particules. L'influence des boisements d'Eucalyptus est manifeste dans le cas de splash sur le sommet ou dans la vallée. Pour peu que la chute des gouttes de pluie soit verticale, celles-ci rencontrent directement la voûte des arbres qui sert momentanément de protection du sol. Dans le cas de splash sur versant, les arbres qui poussent sur un plan oblique laissent plus d'espace vide par où les gouttes de pluie pénètrent et rencontrent le sol.

En conclusion, plus on s'éloigne du sommet vers le bas plus l'érosion est importante et moins la protection des Eucalyptus est faible.



Les boisements situés au sommet de la colline par leur houppier protègent mieux la strate herbacée de l'énergie cinétique des gouttes de pluie que ceux des versants. La poussée verticale des Eucalyptus sur un plan incliné (versant) laisse une grande partie du sol à la merci des gouttes de pluie.

B



Plus on s'éloigne du sommet de la colline plus la profondeur de l'érosion est importante.

Photo: Boisement sur sol dégradé de Fubo (Nyaruhengeri).

2.2. LES EFFETS DE LA PENTE SUR LA PROFONDEUR DE L'ÉROSION.

Nous venons de voir comment les boisements d'Eucalyptus sur le versant de la colline sont plus exposés que ceux du sommet de la colline et de la vallée à l'érosion.

Ce chapitre veut montrer que même à l'intérieur des boisements d'Eucalyptus de versant, les différentes valeurs de la pente ont une certaine importance sur la profondeur de l'érosion.

Ce facteur a été par beaucoup d'auteurs et ceux-ci ont trouvé, à juste titre, qu'il est l'un des facteurs les plus déterminants de l'érosion.

2.2.1. Les différentes sortes de pente.

La pente comme facteur d'érosion intervient du fait de son inclinaison, de sa longueur et de sa forme.

L'inclinaison de la pente (variation de l'angle vis-à-vis de la verticale) est le facteur de ruissellement le plus important.

Plus la valeur de l'inclinaison est forte, plus profonde sera l'érosion.

ROCSE E observait à SEFA (Sénégal) en 1967 que l'érosion et le ruissellement croissaient de façon très rapide pour de faibles variations de pente (0,5 %).

Le tableau ci-après montre l'évolution de l'érosion et du ruissellement à partir des observations qu'il fit de 1955 à 1962 à SEFA (Sénégal) sous cultures sarclées, dans un sol ferrugineux tropical lessivé à taches de concrétions.

N.B. L'érosion est exprimée en tonnes érodées par hectare et par an.

TABLEAU XXII : Evolution de l'érosion suivant la variation de l'inclinaison de la pente à SEFA (Sénégal) sous cultures sarclées de 1955 à 1962, sol ferrugineux tropical lessivé à taches de concrétions (1)

(1) ROCSE, E, op.cit. p.42

Pente	Erosion moy. t/ha/an	Ruissellement moyen annuel (% terre enlevée)
1,25%	5	16
1,50%	8,6	22
2	12	30

N.B. Dans ce tableau, ROOSE E marque une distinction entre l'érosion et le ruissellement.

Ses mesures consistaient, en effet, à relever d'une part les quantités arrachées, enlevées de leur place et les quantités emportées par les eaux de pluies jusque dans les bas-fonds. Nos mesures à nous ont consisté à reconnaître l'importance de l'érosion par la mesure de sa profondeur.

Ce tableau montre clairement que les pertes en terres croissent très vite pour de faibles variations de pente. Hudson et Jackson (1959) soulignent le fait qu'en Afrique centrale, l'agressivité climatique, l'effet pente est exagéré par rapport à celui qu'on mesure en Amérique. Ils obtiennent exposants de l'ordre de 1,63 en moyenne sur des rotations complètes (y compris prairie et jachère) et jusqu'à 2,02 sur sol argileux et 2,17 sur sol sableux cultivés en maïs de façon extensive.

La pente intervient dans les phénomènes de l'érosion du fait aussi de sa longueur. En principe, plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule, prend de la vitesse et de l'énergie, ce qui se traduit par une érosion plus massive. L'eau de pluie augmente en quantité au fur et à mesure qu'elle gagne du terrain et que la longueur de la pente est plus importante. Quant à la forme de la pente, il est plus délicat d'estimer l'influence de la forme concave, convexe, homogène ou gauchie d'une pente. Le facteur est trop souvent négligé, ce qui explique pour une large part la divergence des résultats trouvés par divers auteurs. D'après Wischmeier (1974), à pente moyenne égale, une pente gauchie ou concave diminue les transports solides (sédimentation localisée) tandis qu'une pente convexe l'augmente en fonction du segment le plus pentu.

2.2.2. Les boisements d'Eucalyptus et la pente.

Nous n'avons pas pu établir des mesures pour la forme de la pente car la quasi-totalité des boisements étudiés avaient une pente convexe. D'autre part, la différence de profondeur de l'érosion entre les pentes convexes et les quelques pentes concaves observées est si peu apparente que les résultats allaient s'avérer peu significatifs.

Nous n'avons pas non plus fait des mesures de la profondeur de l'érosion en ce qui concerne la longueur de la pente, nous pouvons en effet nous reporter sur la profondeur de l'érosion en fonction de la localisation (distance par rapport au sommet). Le tableau ci-après montre l'évolution de l'érosion en fonction des variations de l'inclination de la pente.

TABLEAU XXIII: VARIATION DE L'INCLINATION DE LA PENTE ET L'EVOLUTION DE L'EROSION.

Profondeur de l'érosion en cm	Variation de la pente en %			
	20 %	40 %	60 %	80 %
1ers boisements	1	2,6	3,7	-
2ièmes boisements	1,2	2,9	3,2	4,6
3ièmes boisements	0,9	2,2	2,9	4,2
4ièmes boisements	1,4	3,1	3,9	-
Moyenne	1,1	2,9	3,4	4,4

Plusieurs facteurs -les uns plus que les autres- viennent expliquer la plus grande profondeur de l'érosion quand la valeur de la pente devient plus importante. Le premier est relatif à la vitesse de l'eau. En vertu des lois de la pesanteur, plus l'inclination de la pente s'approche de la verticale, plus l'eau aura une grande accélération. Le ruissellement devenant plus rapide, l'eau acquiert plus de force d'arrachement et de transport du sol. L'autre facteur, plus particulier aux Eucalyptus, est le rôle des racines dans l'ablation des sols. Plus la valeur de la pente augmente, plus le développement des racines latérales des arbres se fait proche de la surface. Ces racines sont alors facilement mises à nu par le ruissellement.

Dans les grandes pentes (60 % et plus), chaque arbre a au moins une racine extérieure (Gatwara). Cet affleurement du réseau racinaire, qui est dû au plan incliné du terrain, est ensuite accentué par les eaux de pluie qui éliminent le peu de sol couvrant encore les racines. Sur certains boisements de très forte pente (Fubo), l'eau a tellement dénudé les racines que celles-ci forment une sorte de barrage à partir duquel il y a de véritables chutes aux jours de fortes pluies, érodant davantage le profil du sol. L'inclinaison et la longueur de la pente sont appelées par Wischmeier: facteur topographique.

On peut se poser la question de savoir la différence entre l'influence de la pente sur l'érosion sous boisement et son influence sur un terrain découvert. Nous n'avons pas pu établir des comparaisons chiffrées car, tandis que les boisements étudiés reposaient sur un sol presque complètement nu, les périphéries non boisées, malgré leur caractère dégradé, avaient été colonisées par une végétation spontanée faite essentiellement de Digitaria sp. et d'Eragrostis olivacea K. Schum. Les terrains découverts et non encore occupés de végétation sur des collines lointaines (Ku Runuka, Langanwe) si bien que les conditions climatiques et pédologiques locales s'avéraient différentes et par conséquent susceptibles de fausser les résultats faute de données de bases similaires. Dans tous les cas la simple observation nous a fait croire, hormis tous les autres facteurs de dégradation du sol, que l'inclinaison de la pente sous boisement d'Eucalyptus, avec ce qu'elle comporte d'assèchement en eau et d'influence du réseau racinaire, favorise l'érosion à plus que sur terrain découvert, dans le cas des boisements étudiés dans les communes de Nyaruhengeri et Muganza.

S'il est vrai que sur terrain découvert les eaux de ruissellement peuvent être plus concentrées et par conséquent plus meurtrières pour le sol, sous certains boisements d'Eucalyptus on rencontre d'autres variables qui provoquent encore plus l'ablation du sol. C'est dans la mesure où ces variables agissent ensemble que la profondeur de l'érosion sera importante.

N.B. Nous allons traiter de ces variables au cours de nos prochains chapitres.

2.3. LE RECOUVREMENT DU HOUPPIER.

L'un des principaux facteurs de lutte anti-érosive qu'apportent les forêts et les boisements est la protection du sol ~~par leur houppier~~ contre l'agressivité des pluies (surtout tropicales).

2.3.1. Généralités sur le houppier des arbres.

Le houppier est l'ensemble de branches et de feuilles qui coiffent un arbre. Sa forme, son épaisseur et sa densité varient d'une essence à l'autre (nous en avons donné une définition détaillée dans la deuxième partie). L'Eucalyptus est une des essences arborescentes dont le houppier est important du point de vue du volume et de la densité. un Eucalyptus adulte peut avoir un houppier de 4 à plus de 5 m de rayon. Ici encore, le volume, la densité et la forme du houppier des Eucalyptus varient d'une espèce d'Eucalyptus à une autre. Parmi les variétés connues au Rwanda, on peut citer le cas de l'Eucalyptus maideni qui a la caractéristique de fournir une litière importante de feuilles tout en gardant son aspect verdoyant. En fin de compte, la protection du sol par la forêt consiste en cette voûte qui sert de première ligne de protection ainsi que de la litière de feuilles qu'elle fournit.

"En effet, la voûte de la forêt à contexture souple constitue la première ligne de protection contre le ruissellement et l'érosion du sol que cause le ruissellement. Les pluies frappent cette voûte et les précipitations torrentielles l'attaquent avec violence, mais au dessous du dais de verdure, l'eau glisse doucement le long des troncs ou s'égoutte sur la terre. Cette voûte peut intercepter un pourcentage assez élevé de l'eau de pluie incidente." (1)

(1) NAHAL, I., Op. cit., p.13.

N'ayant pas pu réaliser de mesures sur l'eau de pluie interceptée par le houppier, nous citerons en exemple les expériences de NAHAL I. qui a travaillé sur la forêt d'Amance, près de Nancy en France.

N.B. La forêt sur laquelle NAHAL a réalisé ses travaux n'est pas faite d'Eucalyptus; mais comme notre but est de montrer le rôle du houppier, nous croyons que les mesures faites sur les autres arbres pourront être aussi parlant pour l'Eucalyptus. Par ailleurs, le coefficient d'interception varie souvent suivant la taille et la forme des feuilles ainsi que l'architecture d'ensemble de l'arbre. On ne peut réaliser des mesures dont les résultats soient applicables à tous les boisements d'Eucalyptus.

TAB. XXIV. L'EAU INTERCEPTÉE PAR LES CIMES EN FORÊT D'AMANCE (1)

	1965 - 1966			1966 - 1967		
	quantité totale (mm)	quantité interceptée (mm)	%	quant. tot. (mm)	Eau inter. (mm)	%
Abies Grandis	880	380,70	43,20	742	309,80	41,60
Picea Abies	980	304,00	31,10	746	257,00	34,43
Pinus Sylvestris + Feuillus	867	274,00	31,60	760	228,00	30,00
Fagus Sylvatica + carpinus betulus	—	—	—	720	122,70	16,90

(1) NAHAL, I., op. cit. (Nous avons nous-même cherché les quantités totales).

Ce tableau montre très bien que le houppier des arbres protège le sol contre les quantités plus importantes de pluies qui, arrivant **toutes au sol**, augmenteraient ainsi leur agressivité. Où vont toutes ces quantités d'eau interceptées? L'étude du cas de l'Eucalyptus montre que cette eau va être un nouveau facteur d'érosion.

N.B. Il semble cependant que la mise à nu des racines des Eucalyptus est due à une faible capacité d'interception du houppier.

Des valeurs élevées de précipitations au sol (96%) ont été mesurées sous boisement en Australie. Nous retiendrons cependant — et c'est le plus important — que la principale protection du houppier des Eucalyptus réside dans l'absorption de l'énergie cinétique des gouttes de pluie.

2.3.2. L'influence du houppier des Eucalyptus sur l'érosion.

Dans les régions où les pluies sont très agressives, le houppier des Eucalyptus avec leurs feuilles dures est un facteur de lutte anti-érosive des plus efficaces.

C'est aussi dans ce sens de lutte contre l'agressivité des pluies que le couvert végétal protège le sol.

"Un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, qu'il recouvre une forte proportion du sol durant les périodes les plus agressives de l'année, qu'il ralentit l'écoulement du ruissellement et qu'il maintient une bonne porosité". (1)

Bien que pendant certaines périodes de l'année les pluies soient **agressives** (beaucoup de quantités en peu de temps) — surtout aux mois d'avril et de mai — on ne peut parler dans nos régions d'agressivité des pluies au même titre que l'ensemble des pluies tropicales. Le houppier joue quelque peu un rôle modérateur de l'énergie cinétique des gouttes de pluies mais sans grande influence; et s'il en a une, elle s'annule souvent quand l'eau

(1) ROOSE, E., op.cit., p.50

interceptée par le houppier descend vers le sol. En effet, il y a interception, mais celle-ci s'accompagne généralement d'écoulement le long du tronc qui met à la disposition du ruissellement des quantités importantes d'eau. Nous avons déjà parlé du rôle néfaste de l'eau retenue dans le houppier qui glisse sur les feuilles, les branches et le tronc et qui emporte les terpènes inhibitrices de la strate herbacée - et nous y reviendrons - elle est aussi dangereuse car souvent plus abondante pour une surface réduite que l'eau tombée à l'air libre.

L'eau de pluie interceptée par le houppier a le temps d'augmenter de volume à cause de nouveaux apports d'eau pendant la durée de la pluie si bien qu'elle arrive au sol plus abondante et par conséquent plus ravageuse.

On trouve dans les boisements de Gatwaro et de Fubo de véritables rigoles entourant presque chaque arbre dues à cette eau interceptée par le houppier. Pendant la période où les pluies sont plus fréquentes (avril et mai), les feuilles et les branches des arbres finissent par prendre la courbure imposée par les chutes d'eau et toute l'eau, comme dans un entonnoir, se dirige vers les mêmes endroits y creusant inévitablement des rigoles dont la profondeur atteint 5-6 cm alors qu'à l'air libre elle n'est que de 2-3 cm en moyenne (Gatwaro).

C'est cette eau interceptée par le houppier et qui coule le long des feuilles et du tronc de l'arbre qui est la plus responsable de la mise à nu de la souche de l'arbre et de la partie des racines proche de celle-ci.

Dans les boisements de sommet de colline ou de vallée où le sol est moins décapé, le houppier des arbres, par l'ombre qu'il crée et par les quantités d'eau qu'il fournit et qui continuent à dégouliner longtemps après la pluie, permet au sol de garder continuellement une certaine humidité. Ce sol resté plus compact résiste encore mieux à l'érosion, tandis que celui des fortes pentes déjà réduit par les eaux de ruissellement venues de plus haut résiste mal à celles interceptées par le houppier et qui tombent sur le sol souvent avec une énergie cinétique plus grande que celle des gouttes de pluie.

N.B. Cette plus grande énergie cinétique vient du fait qu'à cause de la pente ces quantités d'eau tombent directement des feuilles sans couler le long du tronc.

L'importance du houppier des arbres dans la conservation des sols réside surtout dans la litière qu'il fournit au sol (plus ou moins abondante suivant les variétés).

C'est à cause de cela que les forêts et les boisements protègent mieux le sol que beaucoup d'autres cultures.

Voici à titre comparatif le tableau montrant l'influence de la forêt sur le ruissellement comparée à d'autres couvertures végétales (F.A.O.) (1).

TABLEAU XXV Pourcentage de ruissellement d'après la nature de la couverture végétale.

Nature de la couverture végétale	$\frac{\text{Ruissellement}}{\text{Infiltration}} \times 100$
Forêts	2%
Prairie	5%
Blé, orge	25%
Maïs, coton	50%

La litière ne sert pas uniquement de couverture au sol mais en se décomposant elle contribue à la formation de l'humus et l'horizon humifère du sol devenant plus épais l'eau s'infiltrera au lieu de ruisseler.

En ce qui concerne l'Eucalyptus, sa litière sert presque uniquement de couverture protectrice du sol car sa décomposition se fait très lentement. Elle comporte non seulement une grande concentration de terpène, substance inhibitrice de la strate herbacée et qui crée dans le sol un milieu très acide limitant ainsi les échanges en éléments nutritifs entre l'Eucalyptus et le milieu pédologique mais aussi la décomposition se fait très mal et très lentement.

Nous n'avons pas pu établir la durée de décomposition de sa litière mais le tableau ci-après montre son pourcentage de décomposition après la première année comparé à celui des autres essences arborescentes.

(1) NAHAL, I, op.cit.

TABLEAU XXVI Taux de décomposition de la litière forestière dans différentes localités (1)

Type de forêt ou ess.	Localité	Décomposition (%) 1ère année.
Sempervirents montag.	Thaïlande	56
Plantation de teck	"	95
Peuplement de teck	Nigeria	100
Forêt tropicale hum.	Trinité	100
Forêt tropicale hum.	Ghana	100
Hêtre et chêne	Angleterre	75
Végétation annuelle	New Jersey	58
Graminées perennes	"	35
Chêne, érable, génev.	"	39-48
Chêne	"	85
Erable de Virginie	Canada	100
Eucalyptus	Australie	35

Il ressort de ce tableau que le houppier de l'Eucalyptus fournit une litière impropre à la pédogenèse.

(1) THAIUTSA Bunvong et ORMAN E. Granges. "Influence du climat sur la rapidité de décomposition de la litière forestière" in UNASYLVA 1979, Vol 31, n°126, p.28

2.4. LES TYPES DE SOL ET LEUR INFLUENCE SUR L'ÉROSION.

La constitution du sol est une des facteurs importants de son érosion. C'est sa plus ou moins grande fragilité à l'égard des eaux de ruissellement qui va déterminer la profondeur de l'érosion.

2.4.1. Les Types de sol et l'érosion: généralités.

A propos de l'érodabilité du sol ROOSE E. fait remarquer que la sensibilité du sol varie d'un type à l'autre et qu'elle peut évoluer avec le temps et donner à celui-ci un caractère plus ou moins résistant.

"Il est bien connu que certains types de sols sont plus sensibles que d'autres à l'érosion et que cette sensibilité peut évoluer au cours du temps en fonction des traitements qu'on leur fait subir. Fournier (1967) rapporte que, sur les sols ferrugineux tropicaux de la station Séfa au Sénégal, l'indice de stabilité structurale de Hénin est correct sous forêt naturelle ($I_s = 0,4$ à $0,5$) mais augmente rapidement sous culture d'arachide ($I_s = 0,8$ la première année, $1,2$ la seconde et $1,4$ à $1,8$ après six années de culture). Parallèlement l'indice de perméabilité de Hénin passe de $K = 3$ à 5 cm/heure sous forêt, à $2,5$ après deux ans et à $1,8$ à $2,6$ après six années de culture. A titre de comparaison, ce même indice de perméabilité est de l'ordre de 50 cm/heure sous forêt dense sur le sol ferrallitique sableux d'Adiopoumé et passe à 10 ou 5 cm sous culture." (1)

En d'autres termes, la sensibilité du sol dépend non seulement de sa structure, de sa texture, etc... mais aussi du type de végétation avec lequel il entre en contact.

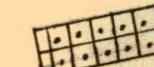
Le tableau ci-après montre que pour un même type de sol, le type de végétation modifie l'intensité de l'érosion.

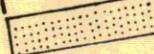
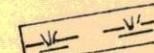
Il est vrai qu'indépendamment du type de sol ces différentes sortes de végétation auront une influence différente sur l'érosion, du fait que les besoins en éléments nutritifs contenus dans tel type de sol diffèrent d'une plante à une autre. Ceci aura certainement un impact sur l'intensité de l'érosion.

(1) ROOSE E., op. cit. p.37.



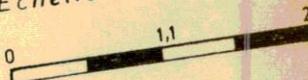
LEGENDE

-  Sol rouge "Urunombe"
-  Sol graveleux "Urusenyi"
-  Sol Gris Umusengasenga

-  Sol noir de vallée
-  "I'bumba" Sol de marais

SOURCE : d'après la carte de J. KAGIBWAMI

Echelle : 1/55.000



ORGA-VEGETAL (1)	
	11
	113
	45
	35
	15
	139

éléments organo-minéraux se font au détriment du sol.

Le critère principal de différenciation entre ces types de sol et leur capacité de rétention de l'eau. Les sols d'origine granitique de la partie occidentale de la commune où l'on trouve les boisements de Fubo, Kamuheshi et Mbeho ont une capacité de rétention de l'eau moyenne de même que, comme le dit DELEPIERRE, une "valeur agricole moyenne". Dans l'ensemble la productivité des cultures de cette partie (occidentale) est apparemment supérieure à celle de la partie orientale où la grande partie des sols est de valeur agricole pauvre ("Mayaga"). On remarque cependant que le sol sous boisement d'Eucalyptus de la partie occidentale est plus dégradé et présente plus de traces de l'érosion (5-6 cm) que dans la partie orientale (2-3 cm) alors que sous d'autres cultures il se maintient bien en place et donne même lieu à une abondante végétation de Digitaria sp. Dans le "Mayaga" (partie orientale), par contre, l'ensemble du paysage agraire est pauvre mais les boisements d'Eucalyptus en particulier sont bien portants. Il ne nous a pas facile de donner une explication à ce phénomène mais nous pouvons affirmer —ça reste au niveau de l'hypothèse—qu'il s'agit d'un sol dont la sensibilité croît quand il est sous boisement d'Eucalyptus. Cette augmentation de la sensibilité est due au fait que comme nous l'avons ébauché (cfr. Erosion et ses variables...)

"Le milieu des radicelles est moins acide que le milieu pédologique dans lequel elles prennent les éléments nutritifs, la capacité d'échange entre la plante et le sol diminue." (1)

D'autre part, "le milieu acide contribue à accroître les méfaits du lessivage." (2) Comme le sol de la partie occidentale est d'origine granitique et que le granite est une roche acide, le mauvais échange entre ce sol et les boisements d'Eucalyptus

(1) Notes de cours: Géographie physique.

(2) Notes de cours: Géographie physique.

a fait progressivement se dégrader ce sol alors qu'il reste de valeur agricole moyenne sous d'autres cultures. Le témoin de cette acidité du sol est l'abondance de kaolinete que l'on rencontre dans les terroirs de cette région: la kaolinete étant une argile de néoformation résultant de l'altération d'une roche-mère acide.

Nous ne parlerons pas du type de sol noir que l'on rencontre dans les vallées car il ne porte que des cultures vivrières et les boisements d'Eucalyptus y sont quasiment absents. Nous croyons cependant qu'étant de très bonne rétention d'eau à cause des apports de sol venus des versants qui enrichissent l'horizon éluvial et à cause de son milieu humide, ce type de sol serait le mieux adapté aux Eucalyptus.

Dans la partie occidentale également, on rencontre surtout sur les versants concaves et sur les sommets de collines, un type de sol appelé "urunombe" (sol rouge de texture argileuse). C'est également un sol très riche dont la prospérité de la bananeraie lui a fait donner le nom de "Bwanamukari" (endroit très riche). Les boisements d'Eucalyptus de Mbeho se trouvent sur ce type de sol. Ils sont les mieux réussis de tous les boisements étudiés et ils portent à maints endroits une importante strate herbacée faite surtout de Digitaria sp. Ce type de sol a une très bonne rétention d'eau.

Le type de sol dit "urusenyi" (graveleux) qui est situé surtout sur les versants convexes de la partie orientale de la commune de Nyaruhengeri et la partie occidentale de la commune de Muganza est caractérisé par son aspect sableux à texture grossière et est impropre à l'agriculture. Les affleurements rocheux et le manque absolu par endroit de végétation font penser à un niveau de roche-mère où l'altération a été nulle ou médiocre.

Les quelques endroits moins dégagés portent des Eucalyptus chétifs. Le ruissellement y est cependant très rare car le sable favorise un lessivage important. La plus grande partie de l'eau s'infiltré dans le sable et va réapparaître plus bas sous forme de source. Cette infiltration n'est pas à confondre avec la rétention d'eau car cette eau ne reste pas dans le sol.

2.5. LA PROFONDEUR DE L'ÉROSION ET LA COUVERTURE HERBACÉE.

Nous avons vu dans la ~~deuxième~~ partie, comment les boisements d'Eucalyptus font disparaître progressivement la strate herbacée par l'action des différentes variables existantes. Au cours de cette deuxième partie, nous ~~sous-trouvons~~ dans un milieu où le sous-bois est quasi-absent. La présence, cependant, d'un type particulier d'herbacée dans la plupart des boisements d'Eucalyptus de notre zone d'étude a suscité un certain nombre de questions. Il s'agit de l'Eragrostis Olivacea K. Schum appelé "ishinge" par les Indigènes de la région et le Digitaria sp. ("urwiri"). Le premier est une espèce d'herbacée qui pousse en petites touffes sur des sols généralement impropres aux autres cultures. Il est très recherché pour le nettoyage de la vaisselle et surtout pour presser les bananes mûres dans la préparation du cidre. Le Digitaria sp. est une espèce qui pousse aussi bien à l'air libre, sous culture que sous boisement d'Eucalyptus. Les agriculteurs lui font continuellement la guerre mais en vain, il réapparaît encore plus vigoureux et plus néfaste pour le développement des plantes.

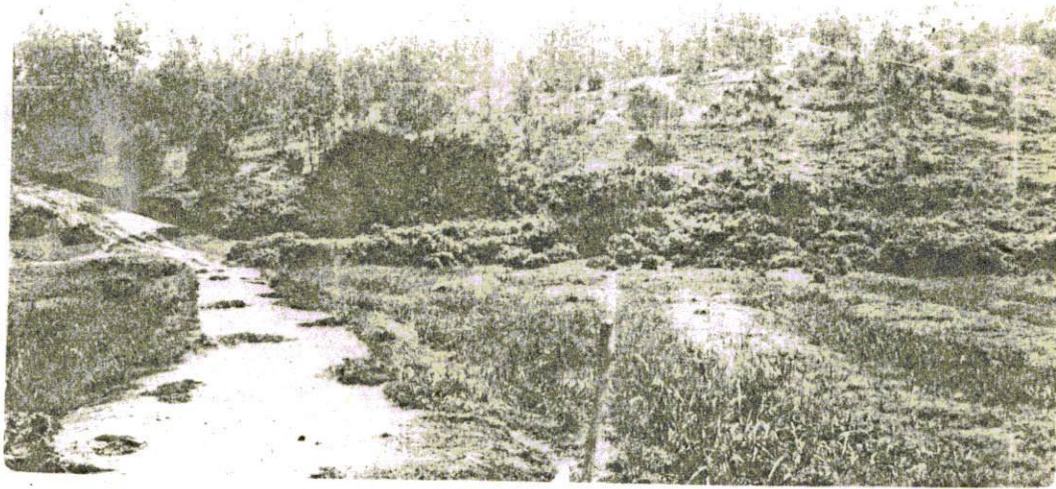
En ce qui concerne le type de sol favorable à ces types d'herbacée, on rencontre plus spécialement l'Eragrostis Olivacea K Schum sur des sols très acides (PH 3 - 4) où les autres cultures ont du mal à résister. C'est ainsi qu'on les trouve dans les boisements de la partie occidentale de la Commune de Nyaruhengeri (Kamuhoshi, Fubo) où le sol d'origine granitique est acide. Le Digitaria sp., plus exigeant quant aux éléments nutritifs, se rencontre dans les boisements sur sol riche: "urunombe" (Mbeho) et sous cultures où le sol devenu plus meuble retient mieux l'eau.

2.5.1. L'Eragrostis Olivacea K. Schum et le rôle anti-érosif sous boisement d'Eucalyptus.

Les Eragrostis Olivacea K. Schum poussent en touffes verticales. Cette position ne protège en rien le sol qui entoure cette herbe. Ces touffes sont en plus généralement dispersées, laissant à nu une superficie importante de terrain. C'est cette superficie qui est soumise à l'érosion et au ruissellement. Ce type d'herbe se fixe là où le sol est un peu plus épais que l'ensemble du bois; là où les racines n'affleurent pas à la surface ou sur un replat à faible ruissellement. C'est un agent réellement anti-érosif pour la superficie qu'il couvre. C'est aussi un facteur d'enrichissement du sol par l'humidité qu'il maintient contre le dessèchement causé par l'action des racines. D'autre part ses brindilles mortes servent de litière qui enrichit l'horizon humifère du sol. Il empêche les feuilles d'Eucalyptus porteuses de terpène asphyxiant d'entrer en contact avec le sol. On remarque là où on arrache une de ces touffes que le sol y est non seulement plus épais et humide mais aussi de couleur gris-noir riche en humus.

L'Eragrostis olivacea K. Schum lutte contre le décapage du sol par l'affleurement des racines. Il lutte également contre l'érosion éolienne qui est fort actif dans les boisements sur sol nu: le vent emporte la partie superficielle du sol ainsi que la litière. Pendant la période de grandes précipitations, elle joue un rôle régulateur d'eau et limite la sursaturation en eau qui favorise l'érosion. L'excédent d'eau filtre à travers de nombreuses ouvertures.

L'Eragrostis Olivacea K.Schum est un bon protecteur de sol aussi bien à l'air libre que sous boisement d'Eucalyptus.



Riche végétation sur le bas de pente
d'un versant boisé (Nyaruhengeri) à
cause d'un apport de sol venu des
terrains sous-jacents des *Eucalyptus*
suite à l'érosion.

B



Eragrostis olivacea K.Schum est une espèce
herbeuse qu'on rencontre souvent dans les
boisements de la commune de Nyaruhengeri
et dans certains boisements de Muganza.
Il protège le sol contre la dégradation et l'érosion.

2.5.2. Le Digitaria sp. et la protection du sol sous
boisement d'Eucalyptus

Le Digitaria sp., bien que peu abondant que sous culture se rencontre aussi sous boisement d'Eucalyptus. Plus exigeant que l'Eragrostis Olivacea H. Schum en sol, il se localise surtout dans les boisements de sommet, de vallée ou dans les boisements de dépression ou de replat où généralement le sol est plus épais. Sa longue racine, difficile à extirper complètement du sol, explique son besoin en eau. C'est une herbe qui est en continuelle croissance. Le rôle anti-érosif du Digitaria sp. réside surtout dans le fait que c'est une espèce rampante. Les Digitaria sp. forment un tapis qui couvre le sol et sur lequel l'eau coule. Cette herbe, appelée plus communément chiendent, est une espèce qui ne souffre pas des influences inhibitrices exercées par certaines plantes tel l'Eucalyptus. Ceci est d'autant plus vrai que le chiendent se retrouve aussi bien loin qu'à proximité de l'arbre; sa racine se confondant avec les racines traçantes de l'arbre et ses feuilles forment une couverture autour de la souche. Cette proximité de l'arbre protège contre les eaux qui ruissellent du houppier et le long de l'arbre et qui sont responsables de la dénudation de la souche et des racines adjacentes. Le Digitaria sp. semble résister à l'action destructrice des terpènes: il continue à se développer malgré le contact avec le tronc et les racines et la chute des feuilles qui ont cependant une grande teneur en terpène. Là où le Digitaria sp. s'est planté, il s'y développe et prolifère de manière quasi irréversible. S'il est nuisible pour le développement des plantes vivrières, on ne peut nier son rôle protecteur du sol surtout sous boisement d'Eucalyptus dont l'allélopathie touche peu les colonies des Digitaria sp.

La présence de ces espèces de strate herbacée est très utile pour la protection et l'enrichissement du sol. Cette strate herbacée combinée au rôle du houppier luttera efficacement contre les eaux de ruissellement. Le Digitaria sp., du fait même que ses racines plongent loin à l'intérieur du sol, va ameublir davantage le sol et permettra ainsi une meilleure absorption par celui-ci des eaux d'infiltration.

Les besoins en eau de l'*Dacrydium* seront satisfaits et le sol protégé. L'*Eragrostis Olivacea* K.Schum va fournir une litière riche qui épaissit l'horizon humifère.

On remarque que quand ces herbacées n'occupent pas toute la superficie du boisement, les parties vides de ces herbes et situées sous les parties occupées par elles subissent encore moins l'érosion. D'autre part, plus la strate herbacée est abondante vers le haut du versant moins l'érosion est profonde au bas de celui-ci.

Le tableau ci-après montre la profondeur de l'érosion suivant le degré d'importance de la strate herbacée.

N.B. Etant donné que les superficies occupées par les herbes étaient très réduites, nous avons recouru à l'estimation des mesures de la biomasse car la méthode de prélèvement mise en pratique ailleurs ne s'y prêtait pas.

TABLEAU XXX : Développement de l'érosion sous strate herbacée.

FUBO		HEMENE		REMORA	
Biom/gr.	Eros/cm	Biom/gr.	Eros/cm	Biom/gr	Eros/cm
0	4	0	3,5	0	4
250	3	450	3,5	250	3,5
550	2	420	3	550	2,5
850	1,5	750	2	800	2

Ce phénomène est dû au fait que les matériaux transportés par l'eau et qui en roulant sur le sol l'érodent sont retenus par les herbes.

L'eau dégagée de ces matériaux est sans grande force d'érosion.

2.6. L'ENTRETIEN DES BOISEMENTS D'EUCALYPTUS ET L'ÉROSION .

Sous ce vocable "entretien" des boisements d'Eucalyptus on entend une série de travaux de soins qu'on effectue dans un boisement pour avoir une meilleure production de bois de chauffage ou de bois de service.

Nous avons vu dans la partie précédente que les boisements d'Eucalyptus du bloc industriel de Kitabi sont soumis à un entretien régulier et suivi.

Bien que le premier but soit une meilleure production de bois, il se fait que ces travaux d'entretien permettent aussi en général une bonne protection du sol.

Ceci vient du fait que les différents traitements contribuent à une meilleure aération des plantations (élagage, coupes périodiques, sélectives et successives,...), ce qui permet à la strate herbacée, qui est principalement héliophile, d'évoluer et d'assurer encore plus efficacement la protection du sol contre le ruissellement.

Les traitements pareils conviennent absolument à la région post-forestière de Kitabi qui jouit encore d'un sous-bois herbacé important (2-3 kg de biomasse par mètre carré).

Dans les boisements de Nyaruhengeri et de Muganza où les terrains sont dégradés et où la strate herbacée est rare et absente par endroits, de tels traitements ont peu d'importance dans la lutte anti-érosive.

A part quelques périmètres occupés par le Digitaria sp. et l'Eragrostis Olivacea K.Schum, qui se développent manifestement mieux hors des boisements (800 gr/m² à l'intérieur des boisements à Fubo, 1500 gr/m² sur la périphérie non boisée), ailleurs les travaux d'aération des boisements sont sans beaucoup d'utilité. Au contraire, l'élagage et les coupes de bois périodiques et successives exposent le sol nu à l'agressivité directe des gouttes de pluie.

Quels traitements doit-on appliquer? Dans ces boisements, il faut lutter par tous les moyens contre l'influence de l'intensité des pluies surtout sur les pentes.

"L'intensité est le paramètre principal qui lie la pluie à l'érosion. Elle intervient à deux niveaux: saturation momentanée de la porosité du sol et l'énergie cinétique que la pluie dissipe en détruisant la structure de la surface du sol. Smith et Wischmeier ont constaté que le diamètre médian des populations de gouttes de pluies, et donc leur masse, leur vitesse et leur énergie cinétique augmentent avec l'intensité des précipitations. Tant que les pluies de forte intensité durent peu de temps et tombent sur un sol sec, l'érosion et le ruissellement restent faibles. Mais lorsque se conjuguent une fréquence élevée des précipitations, un sol très humide, des pluies importantes (100 à 250 mm/24) et de fortes intensités pendant de longues périodes, on observe des phénomènes d'érosion catastrophiques qui peuvent quelquefois dépasser le total des pertes durant le reste de l'année" (1)

Si le diamètre médian des populations de gouttes de pluie, leur masse, leur vitesse et leur énergie cinétique augmentent avec l'intensité des précipitations, il faut laisser se développer le houppier des arbres et éviter des coupes fréquentes. D'autre part, les grands écartements qui soient trop grands pour exposer le sol à l'agressivité des pluies ni trop petits pour avoir un réseau racinaire dense, néfaste à la conservation du sol.

L'état des boisements tel que nous le montre le rapport du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage du Rwanda (1981) n'est pas satisfaisant.

"Très bons "	15% de la superficie.
"Bons"	54% de la superficie.
"Assez bons"	11% de la superficie.
"Médiocres, mauvais, détruits, incendiés, etc..."	20% de la superficie.

Cette médiocrité des boisements vient non seulement des mauvaises conditions du milieu physique mais aussi et surtout

(1) ROCSE, E: op.cit. p.29

d'un mauvais entretien. Ce mauvais entretien porte atteinte aussi bien à la bonne croissance des plants qu'à la protection du sol. L'équilibre biologique de la forêt doit être maintenu. Pour cela, NAHAL Ibrahim donne trois recommandations suivantes:

- " Pour maintenir l'équilibre biologique de la forêt on recommande de suivre ce qui suit:
- 1) Interdire complètement le pâturage dans les forêts en état de régénération, dans les jeunes plantations et dans les forêts de protection.
 - 2) Réglementer le pâturage dans les massifs forestiers en calculant le nombre de têtes de bétail en fonction de la capacité du sol et sa sensibilité au tassement.
 - 3) Mettre des clôtures dans les zones interdites au pâturage quand ceci est nécessaire." (1)

En effet, une des raisons de la dégradation du sol sous les boisements est le pâturage qu'on y pratique pour permettre aux bêtes de brouter. C'est ainsi que dans la plupart des boisements d'Eucalyptus étudiés, bêtes et bergers y ont créé des voies de passage et leur piétinement a rendu le sol improductif et plus susceptible à l'érosion.

"Le pâturage intensif est très nuisible à la forêt et provoque à la longue sa dégradation. Il diminue et arrive à supprimer même ses effets protecteurs. Le sol d'une forêt soumise au pâturage intensif se tasse, devient plus compact, ce qui diminue sa porosité et sa perméabilité pour l'eau. L'eau de pluie ruisselle plus facilement, ce qui réduit les effets bénéfiques exercés par les forêts sur les terres situées en aval. En outre, le pâturage intensif peut empêcher la production des espèces intéressantes du fait que le bétail broute les jeunes semis de ces espèces et laisse les espèces épineuses." (2)

En plus des méfaits du pâturage dans les boisements d'Eucalyptus, il faut ajouter une organisation peu rationnelle des voies de vidanges. Il faut diminuer les écorchures du sol dues à l'abatage et au trainage des arbres abattus, surtout dans les terrains

(1) NAHAL I, op.cit. p.19

(2) Ibid.

en pente. . . .
Les arbres abattus écorchent le sol et le rendent plus sensible
au ruissellement et au décapage des horizons humifères.

"Le débardage des bois trainés sur le sol à l'aide de
grands tracteurs peut provoquer des rainures accentués
qui pourront se développer en ravins plus ou moins pro-
fonds sur les terrains sensibles à l'érosion et sous
une couverture forestière clairsemée."(1)

Un des motifs de la disparition de la strate herbacée
sous boisement d'Eucalyptus est cet intense piétinement des
bêtes qui élimine les herbes existantes et rend le sol incapable
de faire germer d'autres plantes herbacées.

(1) NAHAL I, op.cit. p.15



Les racines traçantes de l'Eucalyptus détruisent la structure du sol et le rendent plus susceptible à l'érosion.

Photo: boisement de Fubo (Nyaruhengeri) où le facteur "réseau radicaire" est responsable de l'ablation du sol.

B



Dans un boisement de Kamuheshi (Nyaruhengeri), le piétinement du sol par les bêtes ainsi que les voies de passage créées par les hommes ont conduit au tassement du sol et par conséquent à sa susceptibilité à l'égard de l'érosion.

2.7. LES AUTRES FACTEURS FAVORABLES A L'EROSION SOUS
BOISEMENT L'EUCALYPTUS

Dans ces régions où les boisements d'Eucalyptus sont pour la plupart dégradés et où la voûte des arbres protège mal le sol, l'action de la température en combinaison avec celle des racines exerce une influence favorable à l'érosion. En effet, la zone superficielle d'une zone exposée au soleil se dilate. Cette dilatation tend à disjoindre les éléments constitutants et même à isoler brusquement la couche dilatée par rupture, par desquamation. C'est dans ces disjonctions du sol créées par l'action de la température que les racines traçantes se frayent une voie de pénétration. A l'arrivée de la pluie, la couche dilatée, ainsi que les particules superficielles du sol séparées de l'ensemble par la pénétration des racines traçantes sont emportées facilement par les eaux de ruissellement.

L'action de l'eau est aussi importante dans les différents processus de l'érosion. En plus de son action d'érosion directe par ruissellement, elle joue un rôle de désagrégation qui expose le sol au transport. En effet, l'eau s'infiltrant dans les fissures, les nettoie et les élargit, tendant à faciliter la dégradation de la roche. La présence de racines traçantes rend difficile la remise en place des éléments désagrégés qui ne peuvent résister au ruissellement des eaux de pluie surtout si elles se trouvent sur de fortes pentes. Cette action néfaste de l'eau n'est cependant que très limitée à quelques zones des boisements où des accidents de terrain ont créé des conditions favorables à retenir l'eau (petite dépression; ceux faits par l'homme, trace des arbres abattus et longtemps laissés sur place, ...) et généralement, ces zones sont occupées par une végétation quelconque (herbacée...). Il y a aussi l'action des racines principales et secondaires. Comme toutes les racines des végétaux supérieurs, celles de l'Eucalyptus - plus importantes que la plupart d'autres végétaux - ont une action mécanique défavorable à la protection du sol. Elles s'introduisent dans les fissures, grossissent et disjoignent des blocs de dimensions variables. Elles ont également un rôle d'altération chimique, du fait

Eléments du relief	surface en ha de chaque élément	nombre d'arbre dans chaque élément	Densité par ha Nb/ha
Sommet	4,25	32	7,5
Versant	11,50	86	7,5
Replat	3,50	61	17,4
Bas de versant	4,50	62	13,8
Dépression	1,25	51	40,8
Total	25,00		

(1)

Ce sont ces trois facteurs — le type de sol, le type de végétation et la localisation — qui vont porter plus de lumière dans l'étude des sols de la commune de Nyaruhengeri (ceux de la commune Muganza étant ceux de la partie orientale de la commune de Nyaruhengeri) et leur susceptibilité à l'érosion sous boisement d'Eucalyptus.

2.4.2. Les types de sol de Nyaruhengeri et l'érosion sous boisement d'Eucalyptus.

Dans l'ensemble, les types de sol que l'on rencontre dans cette commune sont très sensibles à l'érosion sous boisement d'Eucalyptus. Il n'a pas été possible d'en relever le coefficient de sensibilité mais le manque apparent de strate herbacée est assez éloquent pour arriver à cette conclusion. Nous nous souviendrons également que l'Eucalyptus est une essence qui épuise le sol. Les radicelles de ses racines créent dans celui-ci un milieu acide où les échanges entre

(1) PCUPON, Henri, "La biomasse et l'évolution de sa répartition au cours de la croissance d'acacia Sénégal dans une savane sahélienne" in UNASYLVA, 1975, p.15.

qu'elles émettent de l'acide carbonique et des acides organiques. Les racines de l'Eucalyptus en particulier, à cause des terpènes, créent dans le sol un milieu acide défavorable à l'échange et à l'équilibre harmonieux des éléments minéraux et organiques nécessaires à la conservation du sol.

Dans les boisements d'Eucalyptus, l'action des animaux fouisseurs est quelques fois responsable de la dégradation du sol. En effet, sous les boisements d'Eucalyptus, la fraîcheur et la relative humidité créées par l'ombrage favorisent la présence des animaux fouisseurs tels que les vers de terre, taupes, rongeurs divers et fourmis. Les roches meubles, argileuses et sableuses surtout, sont directement attaquées, désagrégées et amenées à l'air libre par ces animaux. Cette terre qui, généralement, adhère peu à l'ensemble de la couche superficielle du sol et formant un talus, devient vite la proie des eaux de ruissellement. Quand elle résiste, elle forme à la longue un amas dur, imperméable qui se désagrège en se cassant en gros blocs donnant lieu aux éboulements pendant de fortes pluies. Les boisements de Fubo sont caractérisés par ce phénomène. La présence de termitières et les éboulements pendant les fortes pluies sont à l'origine de véritables déserts locaux à l'intérieur.

Les végétaux inférieurs peuvent aussi exercer une influence néfaste dans la protection du sol. On remarque dans certains boisements que malgré l'action inhibitrice des terpènes, les mousses, les lichens et certaines algues se fixent sur la souche et les racines affleurantes des grands arbres. Ces végétaux inférieurs, dans une certaine mesure, altèrent la surface du sol tout autour en la rongant par altération chimique.

L'action des micro-organismes détermine aussi une dégradation progressive du sol. Les sols des boisements d'Eucalyptus sont caractérisés par des phénomènes microbiologiques particuliers. Nous avons déjà parlé de ce phénomène pour expliquer le rôle allélopathique des feuilles d'Eucalyptus qui ne fournissent point d'humus au sol et qui inhibent le développement des strates buissonnantes et herbacées.

Ceci est aussi vrai pour les boisements d'Eucalyptus où le sol est nu: les micro-organismes dégradent le sol. La minéralisation accélérée de la litière sans formation d'humus établit un déséquilibre de l'évolution du sol. En effet, la litière qui devait fournir, sous l'attaque de certains animaux (Acaréens), deux types de matériaux, les uns subissant la synthèse et donnant lieu à l'humus et les autres continuant à être désagrégés pour donner les molécules minérales, ne fournit qu'un seul type: les molécules minérales. Dans la minéralisation, l'azote se fait beaucoup plus abondant et le rapport (C/N: carbone - azote) devient faible. C'est pendant l'humification que le carbone devient abondant établissant un plus grand rapport (C/N). Cette dernière activité est à la base du déséquilibre dans l'évolution du sol.

Il existe une série d'autres facteurs qui peuvent favoriser ou non l'érosion et la dégradation du sol sous boisements d'Eucalyptus. Il s'agit par exemple du choix des plants à mettre en terre, du mode de plantation, des variétés plantées, l'action des micro-climats, etc... Comme les boisements étudiés de la commune de Nyaruhengeri et de la commune de Muganza ne pouvaient nous fournir des données fiables, nous préférons les citer pour mémoire. L'âge des boisements, leur exposition et leur écartement ont sûrement une influence sur la plus ou moins grande intensité de l'érosion.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

Nous avons traité dans ce chapitre de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus sur sol dégradé et nu. En partant de plusieurs hypothèses, force nous a été de trouver des facteurs susceptibles d'augmenter l'intensité de l'érosion. La première question en arrivant dans ces boisements de Nyaruhengeri et Muganza était de savoir pourquoi la strate herbacée a disparu, alors qu'elle se maintient sur les périphéries non boisées. La réponse a été donnée et développée tout au long de la première partie où il a été question de voir comment les plantations d'Eucalyptus s'attaquent à la strate herbacée et arrivent à la disparition quasi-totale de celle-ci.

La question suivante consistait à savoir l'intensité de l'érosion et du ruissellement, et l'influence apportée par l'Eucalyptus dans l'évolution du sol. On a répondu à cette question en montrant qu'une série de variables existantes relatives aux boisements d'Eucalyptus vont en effet accélérer les processus de l'érosion. Comme dans la disparition de la strate herbacée, un facteur agit rarement seul. Il peut y avoir prédominance d'un tel facteur dans un endroit donné, et d'un tel autre ailleurs, mais c'est généralement dans un tout qu'il faut voir l'action de toutes les variables. Ainsi, par exemple, dans un sol meuble, profond et chargé d'humus, l'influence nuisible des eaux de ruissellement, du houppier, des racies et même de la pente ne sera pas toujours déterminante. C'est pourquoi au départ, on est parti des terrains en état précaire. Chaque variable, cependant, joue un rôle partiel non négligeable. C'est ainsi que seule la localisation (sommet, versant, vallée) pourra déterminer une profondeur de l'érosion différente d'un lieu à l'autre. Un sol riche et épais qui se tasse continuellement sous les sabots des bêtes ou les pieds des hommes s'exposera à la dégradation et à l'érosion.

En conclusion de cette troisième partie, on peut affirmer que les boisements d'Eucalyptus sont ici des mauvais protecteurs de sol contre l'érosion. D'autre part, à côté de cette très faible lutte anti-érosive, les boisements d'Eucalyptus épuisent et appauvrissent progressivement le sol. Le mauvais échange d'éléments minéraux et organiques dans un milieu acide, le déséquilibre

dans la pédogenèse à cause d'une lente et faible humification,...., ne font qu'augmenter les processus de dégradation d'un sol déjà fortement ruiné.

Les quelques endroits peuplés de Digitaria sp. et d'Evagrostis Clivacea K. Schum sont menacés, par un pâturage intensif dont on connaît maintenant les méfaits pour les boisements en général et pour le sol en particulier. Tous ces facteurs sont encore accentués par l'action de l'homme qui, au lieu de chercher à les ~~contrer~~, donne un élan nouveau à leur oeuvre dévastatrice par un entretien irrationnel.

C O N C L U S I O N G É N É R A L E

CONCLUSION GENERALE

Ce travail a voulu montrer les problèmes que soulèvent les boisements d'Eucalyptus dans la lutte anti-érosive. L'Eucalyptus est une essence qui, dans certaines conditions, peut être très dangereuse pour la protection du sol. Au Rwanda, dans la plupart des boisements, l'Eucalyptus joue un rôle plutôt dégradant pour le sol. Le danger est d'autant plus important qu'il occupe 75,6% des superficies boisées.

Cette prédominance des Eucalyptus sur les autres essences lui vient du fait qu'il reste, malgré tout, l'arbre le plus utile et par conséquent le plus recherché.

Comme il grandit vite et fournit assez tôt du bois de chauffage, de la même manière il entame vite les processus de dégradation du sol. L'Eucalyptus fournit beaucoup de bois et de litière pour différents besoins mais il secrète aussi une substance chimique, la terpène, qui inhibe le développement de toute plante buissonnante et herbeuse. Le houppier des Eucalyptus donne beaucoup de branches pour le chauffage, crée assez de fraîcheur pour le pâturage des bêtes en été, et le repos des bergers mais aussi filtre la lumière nécessaire au développement de la strate herbacée tandis que sous lui le sol se tasse sous le piétinement.

En d'autres termes, l'Eucalyptus qui est recherché pour son utilité pratique se prête mal à la protection des sols. Il ne répond pas complètement aux objectifs à atteindre dans le contexte rwandais.

"... Les objectifs à atteindre sont la production rapide de bois de chauffage et d'oeuvre tout en assurant la protection des terrains dégradés. Ces objectifs différents nécessitent bien évidemment des politiques de reboisement différentes: d'une part une politique de production impliquant de fortes densités à l'unité de surface, d'autre part une politique de protection, nécessitant le maintien de la couverture" à la densité qui permette d'atteindre les buts fixés quant à l'accumulation d'eau, la stabilisation du sol et la régulation des cours d'eau" (F.A.O. 1962) (1)

(1) WASSMER Patrick, op.cit. p 110

Il est évident que l'Eucalyptus n'est pas l'essence indiquée pour donner pleine satisfaction à ces deux politiques dans les conditions générales qu'offrent les terroirs voués aux reboisements au Rwanda.

Comme le dit WASSMER P., à part certains endroits de bonnes conditions de sol et de ressources en eau, la plantation de l'Eucalyptus ne peut satisfaire la politique de lutte anti-érosive.

"On voit ainsi qu'il existe une nette incompatibilité entre les deux politiques et que l'application de l'une se fait obligatoirement au détriment de l'autre.

Cette affirmation prend toute sa signification dans le cas de conditions édaphiques contraignantes, car dans de bonnes conditions de sol et de ressources en eau, les interactions inhibitrices décrites plus haut sont largement atténuées." (1)

En effet, dans certaines vallées de la région de Kitabi où la rétention et les ressources en eau sont importantes et où l'ensemble du milieu vit sous climat pluvieux, on peut rencontrer quelques cultures saisonnières sous boisement d'Eucalyptus. Cette complantation cultures vivrières - Eucalyptus n'est que très localisée dans ces régions à forte pluviosité de la Crête Zaïre-Nil.

Au terme de cette étude il convient de donner quelques observations pratiques qui, à notre avis, pourraient s'orienter vers une meilleure protection du sol tout en assurant aux boisements d'Eucalyptus une production appréciable de bois de chauffage et de bois d'oeuvre.

Pour ce faire, il s'agira de tenir compte d'un certain nombre de données.

Il y a d'abord des boisements d'Eucalyptus déjà existants, ainsi que des terrains en voie d'être boisés. Parmi les terrains déjà boisés, il y en a de deux sortes: ceux qui sont encore protégés par une strate herbacée (Kitabi) qu'il s'agit de maintenir pour protéger davantage le sol et ceux qui en sont dépourvus (Muganza) dont il faut éviter la trop grande ablation du sol.

(1) WASSMER Patrick, op.cit. p.110-111

1. LES TERRAINS OCCUPES PAR LES BOISEMENTS D'EUCALYPTUS.

1.1. Les boisements d'Eucalyptus avec strate herbacée.

Dans ces boisements, la protection du sol est bien assurée mais il faut veiller à ce que l'influence allélopathique des Eucalyptus ne finisse par éliminer complètement cette strate herbacée. Cette dernière est plus menacée sur les versants qu'au sommet des collines et dans les vallées. Bien que le facteur "lumière" semble très important et même déterminant dans certains boisements (ex.Kitabi), la pauvreté du sol est la plus responsable de la diminution accélérée de la strate herbacée sur les **versants**. En effet malgré la protection de la couverture herbeuse les terrains de versants voient leur sol ~~se~~ appauvrir progressivement à cause des eaux de ruissellement. Pour diminuer la force de ces eaux de ruissellement et éviter le départ du sol, les Eucalyptus doivent garder un houppier dense et il faut planter de nouveaux arbres là où les eaux de ruissellement se sont cherché une voie de passage ou aux endroits qui risquent de le devenir (dépression ou rupture de pente orientées dans le sens du versant).

N.B. Les jeunes plants devront être protégés (par des branches d'arbres, herbes, etc...) pour ne pas être déracinés par les eaux de ruissellement très puissantes en ces endroits.

D'autre part, dans ces boisements, les coupes se feront rarement et encore sélectivement (pas totales) pour éviter de laisser le terrain longtemps exposé à l'énergie cinétique des eaux de pluie.

Là où la pauvreté de la strate herbacée est due à l'absence de la lumière, il faut pratiquer des techniques forestières inverses. L'élagage, les coupes périodiques et totales vont permettre un grand développement de la strate herbacée.

On remarque souvent que lorsque le terrain est mis à nu les herbes le recouvrent très vite même si le terrain est dégradé. Cette absence de lumière n'est évidemment pas propre aux boisements de versant sauf, comme nous l'avons dit, dans des conditions **climatiques** particulières (Kitabi) où les versants des collines sont noyés dans le brouillard une grande partie de la journée et où les rayons solaires ne sont vraiment "fonctionnels" que dans les heures de l'après-midi.

Cette fonctionnalité des rayons solaires pendant les heures de l'après-midi vient ajouter une autre nuance dans le traitement des boisements de Kitabi. La forte insolation dans l'après-midi a comme corollaire le réchauffement plus important des versants occidentaux qu'orientaux. D'autre part, les données climatiques donnent aux premiers une plus forte pluviosité. De ce fait, les arbres et la strate herbacée et buissonnante se développent beaucoup mieux sur versant occidental qu'ailleurs. En d'autres termes la productivité des Eucalyptus est garantie et la lutte anti-érosive assurée. Il faudrait maintenir et multiplier les boisements des versants occidentaux et occuper les autres par les cultures moins exigeantes en eau. Ces dernières en effet demandant beaucoup de soins sont continuellement entretenues et les effets de l'érosion limités (paillage, sarclage, ...) alors que les terrains occupés par les boisements sont généralement non entretenus et se dégradent insensiblement mais inexorablement. Ici encore ce phénomène d'exposition qui a une telle importance sur la biogéographie est très localisé dans ces régions de la Crête Zaïre-Nil. Ailleurs les différences entre les versants sont insensibles car l'insolation est bien répartie aux heures de la journée, les particularités topographiques jouant sur l'influence de la direction des vents sont moins marquées.

En ce qui concerne la densité des boisements et leur influence sur la strate herbacée, il est certes clair que les grands écartements favorisent son meilleur développement par un réseau racinaire peu dense et une meilleure pénétration de la lumière. Par ailleurs, les grands écartements permettent aux plants d'avoir une croissance plus harmonieuse. Dans tous les cas, il importe de trouver des écartements qui, tout en assurant une bonne protection du sol, permettent d'avoir de bons rendements en bois. Pour cela, il a été constaté que les écartements de 3mx2 fournissent plus de volume de bois que les écartements de 2mx1,5 tout en assurant une meilleure aération des boisements. Il faudrait que les boisements dont les écartements sont inférieurs à 3mx2 soient encore plus intensément entretenus. Les coupes doivent y être plus fréquentes pour faciliter la pénétration de la lumière.

Dans ce même ordre d'idées, les variétés d'Eucalyptus à houppier dense tel que le maideniet qui laissent difficilement passer la lumière devraient subir plus d'aération et de coupes régulières. Nous avons donné en annexe une liste de variétés d'Eucalyptus que l'on rencontre dans notre pays ainsi que leurs caractéristiques. Cette liste montre des variétés à feuilles plus larges que d'autres. Le chapitre sur les variétés d'Eucalyptus présente également les différentes positions du houppier des arbres. Avec tout cela on connaît des arbres dont l'ombrage est plus important. De telles variétés, une fois complantées dans un boisement avec de petits écartements constituent une puissante barrière contre la lumière et la croissance de la strate herbacée est vite inhibée. Il s'en suit une micro-désertification du sous-bois. Dans de tels boisements, il ne faut pas attendre que l'élagage naturel se fasse, mais il convient d'y pratiquer un élagage artificiel.

L'étude des types de sol a montré une grande différence dans l'évolution de la couverture herbacée. Certains types de sol donnent plus de vigueur à la strate herbacée que d'autres. Cette différence entre les sols peut provenir d'une inégale épaisseur (sols de sommet et sols de versant) ou d'une constitution chimique et organique différente ("umuyugu" et "urunombe"). Dans le premier cas, la lutte contre les eaux de ruissellement devrait se faire avec plus de rigueur pour les sols peu épais pour éviter un décapage encore plus meurtrier. Dans le deuxième cas, il faudrait supprimer un certain nombre d'arbres pour atténuer l'épuisement du sol qu'ils provoquent. Les sols riches et épais résistent à cette influence néfaste de l'Eucalyptus mais cette résistance doit être secondée car à la longue dans beaucoup de boisements elle finit par être brisée.

Pour ce qui est de la valeur de la pente, plus son inclinaison est importante moins la strate herbacée pourra se développer. Ceci est aussi vrai pour les pentes à l'air libre que sous boisements d'Eucalyptus. La forte inclinaison de la pente ajoute un plus grand affleurement du réseau radiculaire, ce qui diminue encore davantage la densité de la strate herbacée.

Pour favoriser la croissance de cette dernière sur ces terrains à forte pente, on pratiquera des techniques forestières un peu différentes des précédentes.

D'une part on ne peut supprimer certains arbres au risque d'exposer ces terrains au ruissellement par les eaux de pluie. D'autre part la forte densité des plantations d'arbres est nuisible au sol et au sous-bois par l'extension du réseau racinaire. Le meilleur moyen de lutter contre la trop forte inhibition par les Eucalyptus de la couverture herbeuse est d'y planter des herbes qui s'accommodent facilement au milieu d'Eucalyptus. Nous avons, e. ce qui concerne les boisements de Kitabi, dans les pages précédentes une liste de plantes herbeuses qu'on rencontre dans cette région. Il y a lieu de planter les plus résistantes parmi elles aux effets allélopathiques de l'Eucalyptus et le sol serait moins menacé d'être mis à nu. D'autre part, le chapitre sur l'existence de certaines strates herbacées particulières dans les boisements sur sol dégradé a montré que le Digitaria Sp. et - mais peu fréquemment - l'Eragrostis Olivacea K.Schum s'adaptent assez facilement aux Eucalyptus. Leur transplantation vers certains boisements serait une lutte anti-érosive originale mais efficace. Les boisements d'Eucalyptus au Rwanda sont si importants et la lutte anti-érosive si nécessaire qu'une entreprise pareille n'est pas de trop. Il en est de même pour la litière de feuilles d'Eucalyptus qui étouffe la strate herbacée et ne donne pas lieu à une humification qui enrichit le sol. Parmi les soins à apporter dans ces boisements, l'enlèvement de cette litière là où elle est importante s'impose.

1.2. Les boisements d'Eucalyptus sur sol nu.

En ce qui concerne les boisements d'Eucalyptus sur sol nu, il importe de lutter contre le transport des terres par les eaux de ruissellement. Les coupes totales et l'élagage artificiel doivent y être interdits.

Le houppier des arbres est ici important car l'effet "lumière" est sans grande efficacité sur un sol nu. La litière qu'il produit et qui couvre partiellement le sol encaisse ainsi l'énergie cinétique des gouttes de pluie.

Le sol de tels boisements doit être suffisamment meuble pour faciliter plutôt l'infiltration que le ruissellement. Ainsi, non seulement les pâturages dans les boisements doivent être interdits ainsi que les voies de passage mais aussi il faut pouvoir labourer les endroits tassés. La porosité du sol doit être dégagée pour une meilleure aération et une plus grande circulation des eaux de percolation.

En général les animaux fouisseurs contribuent à l'aération nécessaire du sol et à une rapide pédogenèse. Certains, cependant, constituent un danger pour la conservation du sol sous boisement, tels les termites. Il faut les éliminer et démolir les termitières qui sont souvent une source de **micro-désertification** là où elles sont et à leur périphérie à cause de terre tassée qui s'en échappent.

Pour les boisements de forte pente, le meilleur moyen de combattre les effets du ruissellement des eaux de pluie qui est encore plus meurtrier surtout pendant les périodes de fortes pluies (avril-mai), est de creuser des sillons transversaux assez profonds pour retenir une grande quantité d'eau sans toutefois nuire à la croissance des arbres par le démolissement du réseau radiculaire.

Dans cette lutte anti-érosive, on remarque souvent des endroits où les eaux se sont créés des voies de passage et un peu moins ailleurs. Il convient de protéger ces endroits soit avec du paillage soit en plantant des herbes ou d'autres arbres. Dans les boisements où un certain alignement a été respecté, il importe de veiller à ce qu'il n'y ait pas d'allées continues dans le sens du versant. Ce sont ces allées qui vont servir de voies de passage pour les eaux de ruissellement. Dans ce cas on occupera ces allées par quelques nouvelles plantations d'Eucalyptus entre les lignes déjà existantes dans le but de diminuer l'intensité des eaux de ruissellement en barrant une partie des eaux. Ces arbres intercalaires vont couper la vitesse et la force des eaux ruisselantes et vont leur donner un écoulement diffus moins meurtrier qu'un écoulement concentré. C'est l'utilité d'un boisement en quinconce.

Les racines affleurantes sont aussi favorables à l'érosion car elles désagrègent la couche superficielle du sol, la rendant ainsi moins adhérente à l'ensemble du terrain et par conséquent plus facile à transporter. Il faut dans la mesure du possible enlever les racines trop affleurantes sans toutefois nuire à la croissance de l'arbre.

Il faut enlever également les branches trop pendantes des arbres qui servent souvent de voie d'écoulement concentré des eaux qui viennent du houppier.

2. LES TERRAINS NON ENCORE OCCUPES DE BOISEMENTS.

Au cours de ce paragraphe, il convient de montrer quelques dispositions à prendre avant de pratiquer des boisements d'Eucalyptus. En effet, il existe plusieurs projets de boisement; au rythme où la campagne anti-érosive est faite, il y a pratiquement de part le pays une nouvelle superficie occupée de boisement. Comme la plupart des terres à boiser sont celles qui sont les plus menacées par d'érosion, l'accent portera plus sur la lutte anti-érosive que sur la production de bois. Pour des régions suffisamment bien protégées par une strate herbacée, le reboisement aura pour but de fournir du bois de chauffage et de service. Pour ces dernières, il faudrait veiller à deux facteurs importants pour maintenir la strate herbacée: une bonne pénétration de la lumière et le maintien d'un sol suffisamment épais. Pour la bonne pénétration de la lumière il convient de tenir compte des variables suivantes:

- pratiquer des écartements d'au moins 3mx2,
- choisir des variétés d'Eucalyptus dont le houppier est moins dense.

Pour la protection directe du sol, on tiendra compte de ces facteurs pour arrêter les eaux de ruissellement:

- pratiquer des plantations en quinconce sur les versants,
- tracer des fossés anti-érosifs sur les versants,
- planter près de l'Eucalyptus des herbes plus résistantes à son allélopathie

Dans les régions fortement menacées d'érosion et où le sol est assez pauvre pour accueillir d'autres cultures, la lutte anti-

érosive devra être encore plus importante surtout sur les versants de collines. Pour ces régions, on sélectionnera des variétés d'Eucalyptus qui, tout en fournissant un feuillage dense, ont peu de racines traçantes.

Les plantations se feront de telle manière que les allées entre les lignes des arbres soient obliques par rapport au sens du ruissellement pour éviter à celui-ci des voies d'écoulement continues et longues. On se rappellera que la longueur de la pente est un facteur important d'érosion. Pour de très fortes pentes où le transport de la terre est inévitable, on plantera du Digitaria Sp. ou on tracera une série de sillons anti-érosifs.

Les écartements dans les régions où la strate herbacée est inexistante ne seront ni trop grands pour exposer le sol aux gouttes de pluie, ni trop petits, pour éviter les méfaits des racines traçantes: les 3mx2 conviennent à de tels boisements.

De toutes les façons, dans un but exclusif de protection du sol, l'Eucalyptus est une essence qu'il ne convient pas de planter. Comme le dit F.WASSMER(1981),

"Dans certains cas, lorsque la dégradation du sol est trop avancée, il peut paraître plus opportun de mettre les terrains considérés en défens, sans y pratiquer de reboisements, afin de laisser se reconstituer une végétation spontanée qui aurait au moins le mérite de protéger le sol." (1)

Le moyen le plus efficace de lutter contre l'érosion dans ces secteurs très dégradés est de planter une végétation herbeuse.

(1) WASSMER P; op.cit. p.111

La liste suivante montre les espèces d'Eucalyptus les plus connues au Rwanda et leurs caractéristiques (1)

1. Eucalyptus ficifolia : fleurs rouges, d'au moins 2 cm de long, inflorescences terminales, en panicules corymbeuses, limbe foliaire discolore, largement ovale à plus ou moins elliptiques boutons, à opercule hémisphérique, plus petit que le réceptacle, fruits longuement pédicellés, ovoïdes ou en forme d'urne, de 2-3,5 cm de long; valves incluses.
2. Eucalyptus globulus : boutons floraux et fruits solitaires, sessiles, verruqueux et glauques, opercule hémisphérique apical, avec une pointe au sommet; fruits globuleux à largement coniques, 4-côtelés, valves incluses; limbe foliaire concolore; écorce bleu grisâtre, lisse.
3. Eucalyptus citriodora : feuilles à odeur de citron, limbe foliaire étroitement à largement lancéolé, inflorescences en panicules corymbeuses axillaires; opercule hémisphérique plus court que le réceptacle, fruits ovoïdes ou en forme d'urne d'environ 1 cm de long, valves incluses, écorce lisse, blanchâtre à blanc rosé, se détachant.
4. Eucalyptus maideni : écorce rigoureuse, feuilles à limbe glauque, coriace jusqu'à 25 cm de large, boutons floraux jusqu'à 15 mm de long et 8 mm de large, glauques; opercule hémisphérique et rostré, plus court que le réceptacle; fruits hémisphériques tronqués ou campanulés, de 8-10 mm de long et 10-12 mm de large.

(1) Rapport de la Direction Générale des Eaux et Forêts, KIGALI.

5. Eucalyptus macarthuri : écorce lisse, feuilles à limbe vert pâle, mince, ne dépassant pas 1,5 cm de large, boutons floraux d'environ 5 mm de long et de large, verts; opercule hémisphérique et rostré, parfois conique, de longueur quasi-égale à celle du réceptacle; fruits hémisphériques tronqués à largement coniques, d'environ 5 mm de long et 6 mm de large.
6. Eucalyptus tereticornis : feuille à limbe coriace vert, boutons floraux de 10-15 mm de long, opercule largement conique, plus long que le réceptacle, fruits hémisphériques tronqués de 5-9 mm de long et 6-10 mm de large.
7. Eucalyptus camaldunensis : feuilles à limbe mince, souvent pâle; boutons floraux de 6-10 mm de long; opercule largement conique et rostré, de longueur quasi égale à celle du réceptacle, ou légèrement plus long; fruits hémisphériques tronqués, de 4-6 (8) mm de long et 5-6 mm de large.
8. Eucalyptus cloeziana : inflorescences axillaires : boutons hémisphériques; opercule de longueur quasi égale à celles du réceptacle; fruits hémisphériques tronqués, de 6-9 mm de long et 8-12 mm de large; écorce rugueuse brun foncé.
9. Eucalyptus gummifera : fruits urcéolés, atteignant 2 cm de long; boutons coniques et pointus rostrés, plus courts que le réceptacle, écorce rugueuse brunâtre, écailleuse.
10. Eucalyptus paniculata : opercule conique, de longueur quasi égale à celle du réceptacle, écorce rugueuse, gris foncé, profondément crevassée.
11. Eucalyptus microcorys : opercule hémisphérique, beaucoup plus court que le réceptacle, fruits obconiques ou pyriformes, de 7-10 mm de long et 5-6 mm de large.
12. Eucalyptus robusta : fruits cylindriques ou urcéolés, atteignant 15 mm de long et 12 mm de large, valve incluses, cohérentes, écorce rugueuse et fibreuse.

13. Eucalyptus batryoïdes : écorce rugueuse sur toute la hauteur du tronc, fruits cylindriques ou en forme de tonneau, de 7-9 mm de long et de large, valves incluses ou atteignant le bord supérieur.
14. Eucalyptus saligna : Opercule hémisphérique et rostré, parfois conique; rameaux ultimes et fruits glauques, écorce lisse, plus ou moins bleuâtre, sauf à la base du tronc où elle est rugueuse.
15. Eucalyptus grandis : Opercule pyriforme à conique, rameaux ultimes et fruits non glauques; écorce lisse sur toute la hauteur du tronc.

Les espèces herbeuses fréquentes dans les boisements
d'Eucalyptus de Kitabi. (1)

<u>Nom rwandais.</u>	<u>Nom latin.</u>
Igishihe	<u>Pteridium aquilium</u> (L) Kuhn (famille des fougères).
Umuhurura	<u>Ipomoea involucrata</u> BEAUV
Amasununu	<u>Crassocephalum vitellinum</u> S.Moore.
Umufumba	<u>Rumex abyssinicus</u> JACK
Imikeli	<u>Rubus pinatus</u> WILLD
Umusalenda	<u>Triumfetta cordifolia</u> A.Rich
Intonvu	<u>Lobelia giberrea</u> HEMSL
Urukiryi	<u>Vivectaria major</u> (K.SCHUM) VERDC
Umunyamapfundo	<u>Leucas martinicensis</u> (JACQ)
Urwalika	<u>Rhynchelytrum roseum</u> (NEES), Staff et C.E.
Igicucucumu	<u>Leonotis nepetaefolia</u> R.Br.
Umushyika	<u>Strombosia Scheffleri</u> Engl.

Les espèces herbeuses souvent présentes dans les boisements de Nyaruhengeri et Muganza.

Ishinge	<u>Eragrostis olivacea</u> K.Schum
Urwiri	<u>Digitaria</u> Sp.

(1) La traduction des rwandais nous a été donnée par
MVUKIYUMWAMI Joseph, Professeur à l'Université Nationale
du Rwanda et chercheur à l'I.N.R.S.

B I B L I O G R A P H I E .

I. OUVRAGES.

- 1° COMBE, Jean, Guide des principales essences de la forêt de montagne au Rwanda, F.P.F. Kibuye, Rwanda 1977.
- 2° DEMANGEOT, Les espaces naturels tropicaux, Masson, Paris 1976, 1970 pages.
- 3° FRANKART R, HERBILLON A, NTORANYE P, KAYUMBA Z, Prospection des terroirs théicoles du Rwanda, Usumbura, Rubona 1963
- 4° FURON, Raymond: L'érosion du sol, Payot, Paris 1947, 213 pages.
- 5° IYAMUREMYE Elie Plaubert; Note sur les propriétés physiques et mécaniques et quelques espèces d'Eucalyptus au Rwanda, retirée de quelques ouvrages des bibliothèques du P.P.F. et de l'I.S.A.R. sd.
- 6° MBSCHY, L; Kanserege, une colline au Rwanda. De l'occupation pionnière au surpeuplement. Paris, Sorbonne 1959 217 pages.
- 7° NAHAL, Ibrahim; Principes de conservation du sol, Masson 1975, 143 pages.
- 8° NYLE C. Brady, The nature and properties of soils. 8è éd. Mac Millan Publishing, Co, Inc, New York, 1974, 639 pages.
- 9° ROOSE E, Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest: vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. O.R.S.T.O.M. n° 78, 1977
- 10° SIRVEN, P, GOTANEGRE J.F, PRIOUL, C, Géographie du Rwanda, Editions A De BOECK, Bruxelles, 1974 175 pages.

II. MEMOIRES ET THESES

- 1° GATERA, Frédéric, Le bois et le charbon de bois dans la commune urbaine de Nyarugenge. Butare, juin 1978, pp.114
Mémoire présenté pour l'obtention du grade de licencié en Histoire-Géographie.

- 2° HABIMANA, Pierre. Etude géographique de l'impact de la forêt de Nyungwe. Influence socio-économique sur les communes Mudasonwa et Nyamagabe. Ruhengeri, juin 1982. pp 167.
Mémoire présenté pour l'obtention du grade de licencié en Histoire-Géographie.
- 3° KAJYIDWAMI, Joseph. La vie rurale dans la commune de Nyaruhengeri, Butare 1979, 172 pages.
Mémoire présenté pour l'obtention du grade de licencié en Histoire-Géographie.
- 4° MUNYARUGERERO, Gédéon, Influence des trois espèces d'Eucalyptus (E.maideni F.V.M, E.saligna Sm; E.tereticornis Sm) sur la couverture herbacée au sol dans l'arboretum de Ruhunde. Quebec: Université Laval 1978 - 55p. (Mémoire de Baccalauréat spécialisé).
- 5° MUNYENSANGA, Jean Damascène, Insertion d'une culture spéculative dans les paysages agraires rwandais: l'exemple du caféier au Bufundu - étude de géographie rurale.
Mémoire présenté pour l'obtention du grade de licencié en Histoire-Géographie.
Mention: Géographie. Ruhengeri, Octobre 1982.
- 6° NZISABIRA, J; Le Rwanda méridional: étude de géographie régionale, Louvain, Mémoire de Licence, 1967, 122 pages.
- 7° WASSMER, Patrick, Recherches géomorphologiques au Rwanda: Etude de l'érosion des sols et de ses conséquences dans la préfecture de Kibuye.
Thèse de troisième cycle. Strasbourg octobre 1981 156 p.

III. NOTES, BULLETINS

- 1° DELEPIERRE, G, "Les régions agricoles du Rwanda" I.S.A.R., note technique n° 13

- 2° MUTUNGIREHE Isaïe, "Rôle de la forêt rwandaise dans l'effort de protection et conservation des sols"
in Bulletin Agricole du Rwanda
14° année 1981, Janvier.
- 3° MICHEL Pierre, Géomorphologie climatique de la zone inter-tropicale. Notes de cours, Ruhengeri, janvier 1982
- 4° MOSTIN André, Géographie physique de l'Afrique,
cours donné à l'UNR Ruhengeri, Novembre 1982.
- 5° NDUWAYEJU J.D: Géographie du développement du Rwanda.
Notes de cours, Ruhengeri, Novembre 1982

IV. ARTICLES ET RAPPORT

- 1° BAILLY, M.C et alii: "Etude de la sensibilité des sols de Madagascar à l'érosion"
in UNASYLVA, 1975.
 - 2° MUKARUKAKA, Léocadie, "Le reboisement au Rwanda",
Rapport de stage Karubanda, Ecole sociale,
1978 pp 6
 - 3° FOUPON, Henri, "La biomasse et l'évolution de sa répartition au cours de la croissance d'acacia Sénégal dans la savane sahélienne (Sénégal)"
in UNASYLVA, 1975
 - 4° THAUTSA Dunvong et ORLAN, E, Grange; "Influence du climat sur la rapidité de décomposition de la litière forestière" 1979, Vol 31, n° 126, in UNASYLVA.
-

TABLE DES FIGURES

<u>Figure n°</u>		<u>Pages</u>
1.	Les restes de la forêt naturelle du Rwanda.....	4
2.	Données climatiques: précipitations et température...	13
3.	Intensité de l'érosion d'après les régions agricoles	15
4.	Carte hypsométrique du Rwanda.....	17
5.	Carte du Rwanda: Localisation des communes enquêtées	29
6.	Croquis de prélèvement des échantillons.....	38
7.	Carte des communes de la préfecture de Gikongoro....	42
8.	Commune Mudasonwa.....	49
9.	Précipitations et température: Kitabi.....	59
10.	La vitesse des vents (1981) : Kitabi.....	84
11.	Les heures d'insolation pour le mois de juillet.....	88
12.	Evaporation sous boisement et à la périphérie non boisée de Kitabi (1981).....	92
13.	Le sol forestier.....	94
14.	Kitabi: carte des sols.....	100
15.	Projet thé Kitabi.....	107
16.	Localisation des communes enquêtées dans la préfec- ture de Butare.....	110
17.	Réseau hydrographique de la commune Nyaruhengeri....	113
18.	Commune Nyaruhengeri.....	115
19.	Localisation des boisements étudiés en commune de Muganza.....	117
20.	Données climatiques: précipitations et température de Nyaruhengeri.....	121
21.	Carte hypsométrique de la commune Nyaruhengeri.....	129
22.	Carte topographique de la commune Muganza.....	131
23.	Types de sol et leur localisation dans la commune Nyaruhengeri.....	145

TABLE DES ILLUSTRATIONS.

<u>Planche</u>	<u>Pages</u>
I : A - B	L'Eucalyptus: la plante, son origine et ses exigences..... 19
II: A - B	Kitabi: situation géographique + boisements..... 45
III: A - B	L'Eucalyptus: utilité..... 52
IV: A - B	Kitabi: caractéristiques du relief..... 55
V : A - B	Strate herbacée sous boisement et à la périphérie non boisée..... 61
VI: A - B	L'influence de l'âge et de l'entretien des boisements.....69
VII:A - B	La nécessité des grands écartements 75
VIII:A - B	L'Eucalyptus maideni et ses caractéristiques.... 82
IX: A - B	L'influence de l'exposition dans le développement de la strate herbacée... 86
X : A - B	Le sol et son influence sur le développement de la végétation 97
XI: A - B	La disparition de la strate herbacée et l'ablation du sol.....117
XII: A - B	L'influence du site des boisements.....133
XIII:A - B	L'érosion et l'influence protectrice de l'Eragrostis olivacea K.Schum.....155
XIV: A - B	Les racines traçantes et le piétinement du sol comme facteurs d'érosion.....163

TABLE DES TABLEAUX.

<u>Tableau</u>		<u>Pages</u>
I	Superficie des forêts détruites.....	5
II	Superficies des terres de cultures protégées.....	14
III	Etat des boisements	22
IV	Pourcentage des différentes essences dans les boisements du Rwanda.....	24
V	Âge des boisements d'Eucalyptus au Rwanda.....	26
VI	Les collines boisées et le nombre de boisements..	35
VII	Les mesures de la biomasse dans un endroit boisé et à la périphérie non boisée.....	39
VIII	Répartition de la biomasse du sommet vers la vallée	50
IX	Relation âge du boisement et importance de la biomasse.....	56
X	Les coupes de bois en rapport avec les périodes pluvieuses.....	63
XI	Evolution de la densité de plantation dans le temps	67
XII	Importance de la biomasse en fonction des écartements	71
XIII	Mesure de la biomasse dans les versants orientaux et occidentaux..	73
XIV	Mesure de la biomasse dans les versants orientaux et occidentaux sous boisements d'Eucalyptus	85
XV	Poids de la litière morte des versants orientaux et occidentaux.....	85
XVI	La biomasse de la strate herbacée suivant les types de sol.....	91
XVII	La biomasse de la strate herbacée suivant les types de sol.....	98
XVIII	Disparition de la strate herbacée en fonction de la valeur de la pente.....	99
XIX	Disparition de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus.....	103
XX	Profondeur de l'érosion sous boisement d'Eucalyptus et à la périphérie non boisée.....	103
		126

TABLE DES TABLEAUX (suite)

Tableau

XXI	Profondeur de l'érosion en fonction du site.....	130
XXII	Evolution de l'érosion suivant l'inclinaison de la pente.....	134
XXIII	Variation de l'inclinaison de la pente et l'évo- lution de l'érosion.....	136
XXIV	L'eau interceptée par les cimes en forêt d'Amance..	139
XXV	Pourcentage de ruissellement d'après la nature de la couverture végétale.....	142
XXVI	Taux de décomposition de la litière forestière dans différentes localités.....	143
XXVII	Tableau comparatif d'érosion sous différentes cultures.....	146
XXVIII	Perte par érosion superficielle des matières orga- niques et chimiques en fonction du couvert végétal.....	147
XXIX	Répartition de l'acacia suivant les éléments du relief au Sénégal.....	149
XXX	Développement de l'érosion sous strate herbacée....	158

TABLE DES MATIERES.

	<u>Page</u>
0	INTRODUCTION.....1
0.1	Choix du sujet.....2
0.2	Limite du sujet.....8
0.3	Présentation du sujet.....9
	PREMIERE PARTIE: Considérations préliminaires.....10
1.	GENERALITES SUR L'EROSION ET LES BOISEMENTS D'EUCALYPTUS..... 11
1.1	Le problème de l'érosion au Rwanda..... 11
1.2	Les boisements d'Eucalyptus..... 18
1.2.1	La plante, son origine et ses exigences..... 18
1.2.2	L'historique des boisements au Rwanda..... 21
1.2.3	Les boisements d'Eucalyptus dans la politique économique du pays..... 24
2.	Méthodologie..... 28
2.1	Choix des zones d'observation..... 28
2.2	Méthode d'investigation..... 32
2.2.1	Investigation directe sur le terrain..... 32
2.2.2	Enquête auprès de la population et à l'usine..... 33
2.2.3	Méthode de prélèvement des échantillons..... 35
2.2.3.1	La pesée de la biomasse..... 36
2.2.3.2	Mesure de la profondeur de l'érosion..... 37
	DEUXIEME PARTIE: Evolution de la strate herbacée sous boisement d'Eucalyptus dans la région de Kitabi40
1.	LE MILIEU PHYSIQUE..... 41
1.1	Situation géographique 41
1.2	Les données climatiques..... 43
1.2.1	Précipitations..... 43
1.2.2	Températures..... 44
1.3	Sol et végétation..... 46

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
2. LA REACTION DE LA STRATE HERBACEE EN FONCTION DES DIFFERENTES VARIABLES INDEPENDANTES.....	50
2.1 Influence de la localisation des boisements	54
2.2 L'âge et l'entretien des boisements.....	62
2.2.1 L'âge des boisements.....	62
2.2.2 L'entretien des boisements.....	65
2.3 La densité des boisements d'Eucalyptus.....	70
2.3.1 Les écartements pratiqués au Rwanda.....	70
2.3.2 Les types d'écartements pratiqués à Kitabi.....	70
2.4 Comportement de la strate herbacée vis-à-vis des variétés d'Eucalyptus.....	76
2.4.1 Les variétés d'Eucalyptus de Kitabi.....	77
2.4.2 Le comportement de la strate herbacée face aux dif- férentes variétés d'Eucalyptus.....	78
2.4.3 Autres différences sur les propriétés physiques et leur influence sur la strate herbacée.....	80
2.5 Influence de l'exposition.....	83
2.5.1 Résultats des prélèvements de la biomasse.....	85
2.5.2 Les faits du climat qui expliquent la richesse de la strate herbacée sur le flanc occidental.....	86
2.6 Les types de sol et leur effet sur l'évolution de la strate herbacée.....	93
2.6.1 Généralités sur les types de sol.....	93
2.6.1.1 La roche-mère: élément de diversité des sols.....	93
2.6.1.2 L'influence du milieu bio-climatique.....	95
2.6.1.3 L'intervention de l'homme et la modification des sols.....	96
2.6.2 L'influence des sols sur la strate herbacée.....	98
2.7 La valeur de la pente et son influence sur la strate herbacée.....	102
Conclusion sur la deuxième partie.....	106

TABLE DES MATIERES (suite).

	Page
TROISIEME PARTIE: EVOLUTION DE L'EROSION SOUS BOISEMENT D'EUCALYPTUS DANS LES COMMUNES DE NYARUHENGERI ET MUGANZA.....	108
1. MILIEU PHYSIQUE.....	114
1.1 Situation géographique	114
1.2 Relief et hydrographie.....	116
1.3 Sols et végétation.....	118
1.4 Données climatiques: température et précipita- tions.....	120
2. L'EROSION ET SES DIFFERENTES VARIABLES SOUS BOISEMENTS D'EUCALYPTUS.....	123
2.1 Influence du site des boisements.....	128
2.1.1 Généralités sur le site des boisements.....	128
2.1.2 Le site et les boisements d'Eucalyptus.....	130
2.2 Les effets de la pente sur la profondeur de l'éro- sion.....	134
2.2.1 Les différentes sortes de pente.....	134
2.2.2 Les boisements d'Eucalyptus et la pente.....	136
2.3 Le recouvrement du houppier.....	138
2.3.1 Généralités sur le houppier des arbres.....	138
2.3.2 L'influence du houppier des Eucalyptus sur l'érosion.....	140
2.4 Les types de sol et leur influence sur l'érosion.	144
2.4.1 Les types de sol et l'érosion: généralités.....	144
2.4.2 Les types de sol de Nyaruhengeri et l'érosion sous boisements d'Eucalyptus	149
2.5 La profondeur de l'érosion et la couverture her- bécée.....	153
2.5.1 L' <u>Eragrostis Olivacea</u> K.Schum et le rôle anti- érosif sous boisement d'Eucalyptus	154
2.5.2 Le <u>Digitaria sp.</u> et la protection du sol sous boi- sement d'Eucalyptus.....	157
2.6 L'entretien des boisements d'Eucalyptus et l'éro- sion.....	159

TABLE DAS MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
2.7 Les autres facteurs favorables à l'érosion sous boisement d'Eucalyptus.....	164
Conclusion sur la troisième partie.....	167
CONCLUSION GENERALE.....	169
ANNEXE.....	179
BIBLIOGRAPHIE.....	183
TABLE DES FIGURES.....	186
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	187
TABLE DES TABLEAUX.....	188
TABLE DES MATIERES.....	190