



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Centre de Ouagadougou

Laboratoire d'Agro-écologie

Ouagaw
8261

Etude des possibilités d'aménagement agro-sylvo-pastoral en vue de lutter
contre l'aridité dans l'Oudalan, en Haute-Volta.

Considérations théoriques et pratiques pour l'établissement d'un protocole
expérimental visant à estimer les potentialités biophysiques du milieu.

A. Marcel SICOT

Janvier 1976

Fonds Documentaire ORSTOM



010009518

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B*9518 Ex: *unpubl*

- 1 -

SOMMAIRE

Avant-propos

Introduction

A Considérations théoriques pour l'orientation du protocole expérimental

I Considérations pour la mise en place du dispositif expérimental-

Echantillonnage du milieu

I.1. Principe de l'échantillonnage du milieu

I.2. Déterminisme du dispositif expérimental

II Considérations théoriques pour la conduite des différents thèmes

2.1. Etablissement du bilan hydrique

211 La pluviosité

212 Le ruissellement

213 Le drainage

214 Considérations générales relatives à l'eau dans le sol

2.2. Estimation de la production végétale

221 Organisation de la couverture végétale

222 Les composantes de la production végétale

223 Les modalités de la croissance végétale et sa mesure

2.3. Considérations théoriques sur l'expression in-situ des potentialités
biophysiques

B Implications pratiques pour l'exécution des différents thèmes

I Le dispositif expérimental et son implantation

II Conduite des prélèvements et des mesures

2.1. Relevés pluviométriques

2.2. Prélèvements végétaux

221 Méthodologie des prélèvements végétaux

222 Modalités des prélèvements végétaux

2.3. Conduite des prélèvements et mesures pédologiques

III Données à recueillir

- 3.1. Données climatologiques
- 3.2. Données de production végétale
- 3.3. Données pédologiques

IV Fréquence des prélèvements et mesures

- 4.1. Relevés pluviométriques
- 4.2. Prélèvements végétaux
- 4.3. Prélèvements et mesures pédologiques

C. Moyens à mettre en oeuvre

I Matériel

- 1.1. Matériel pour le repérage et la délimitation des sites d'observation
 - 111. Matériel de relevés topographiques
 - 112. Matériel de bornage et de clôture des parcelles
 - 113. Matériel photographique
 - 1.2. Matériel particulier à l'étude de la production végétale
 - 121. Matériel d'identification floristique
 - 122. Matériel de prélèvement
 - 123. Matériel de séchage
 - 124. Matériel de pesée de terrain
 - 1.3. Matériel particulier à l'étude du bilan hydrique
 - 131. Matériel de mesure de l'humidité du sol
 - 132. Appareillage pour l'installation des tubes
 - 133. Matériel de prélèvement pédologique
 - 134. Matériel de séchage
 - 135. Matériel pour mesures de caractéristiques hydro-dynamiques
 - 1.4. Matériel commun
 - 1.5. Matériel supplémentaire
- II. Personnel
- 2.1. Cadres
 - 2.2. Personnel d'exécution

Conclusion

Avant-propos

A la suite des tragédies consécutives à plusieurs années de déficit hydrique, il a été décidé de mener d'urgence des actions multiples et de grande envergure pour lutter contre l'aridité en région sahélienne.

Pour certaines de ces actions, les travaux préliminaires sont déjà en cours : O.R.D. * du Sahel en Haute-Volta. Mais sur des bases scientifiques insuffisantes et disparates, ou par trop générales, les risques de distorsion entre les objectifs et les potentialités du milieu, de tâtonnement et de limitation excessive de l'impact des opérations ne sont pas négligeables.

"L'étude des possibilités d'aménagement agro-sylvo-pastoral en vue de lutter contre l'aridité dans l'Oudalan, en Haute-Volta" a d'abord, pour but d'établir le référentiel de données nécessaires à l'élaboration des divers projets de développement.

C'est un programme de recherche multidisciplinaire dont "l'estimation des potentialités biophysiques en milieu naturel sahélien" est un des thèmes constitutifs.

Cette partie agro-écologique est confiée à un agronome et un botaniste de l'ORSTOM. Elle consiste dans l'immédiat à établir le bilan hydrique du milieu en relation avec la production végétale et ultérieurement à mettre au point un modèle de fonctionnement des écosystèmes sahéliens pour l'eau et la production primaire, afin d'interpréter et faire la synthèse des résultats acquis, orienter et approfondir les investigations futures. Etant donné les aptitudes, sylvo-pastorales pour l'essentiel, de l'Oudalou en particulier et de la zone sahélienne en général, les recherches seront conduites en milieu naturel, c'est à dire dans les divers faciès de la savane arborée. *Steppe arborescente ou arborée*

Le présent document vise à :

- définir les bases théoriques et les orientations possibles du projet

* O.R.D. : Office régional de développement.

- circonscrire le choix des sites d'observation et les conditions requises pour la mise en place des parcelles expérimentales, compte tenu des impératifs agro-écologiques.
- exposer les motivations et faire l'inventaire des mesures à entreprendre et des moyens à mettre en oeuvre.

Il doit permettre :

- de fixer définitivement les objectifs primordiaux de l'étude dans l'éventail des champs d'investigation
- de sélectionner les techniques de mesure et surtout servir de plate-forme de discussion pour l'ajustement des points de vue des différents participants à l'action intégrée et à l'organisation d'une collaboration mutuelle.

Introduction

En région sahélienne le facteur eau : eau du sol, atmosphérique, des précipitations..., est un facteur essentiel jouant généralement le rôle de facteur limitant vis à vis de la production végétale.

Il est donc normal, surtout après ces années de sécheresse que ce programme soit surtout axé sur l'étude des liaisons existant entre la production primaire et les composantes du bilan hydriques.

Cependant pour importante qu'elle soit, l'eau n'est pas élément unique. Elle inter-réagit avec les autres caractéristiques atmosphériques pédologiques et biotiques pour former un ensemble complexe de facteurs dont l'action résultante conditionne la croissance végétale spécifique.

Donc si dans ce projet de protocole il sera fait mention de la collecte de données relatives à la production végétale et au bilan hydrique, on parlera aussi d'autres données qui ne sauraient être laissées dans l'ombre, à cause des implications quant à la connaissance de l'écosystème et de son fonctionnement d'une part et de l'aide attendue, à l'interprétation des faits principaux d'autre part.

Certaines de ces données, la majeure partie des données climatologiques pour l'essentiel bien que spatialement dispersées ne seront répétées que dans le temps à partir d'une station climatologique installée en zone représentative du milieu. Les autres seront collectées suivant des échelles spatio-temporelles tenant compte des propriétés ambiantes révélées par l'échantillonnage, des objectifs et des moyens disponibles.

On donnera succinctement les motivations de l'analyse factorielle des données préconisée et on terminera par un rappel des moyens à mettre en oeuvre.

A- Considérations théoriques pour l'orientation du protocole expérimental

I. Considérations pour la mise en place du dispositif expérimental- Echantillonnage du milieu.

1.1. Principe de l'échantillonnage du milieu

Par des considérations d'ordre géographique, pédologique, hydrologique, économique..., le choix du bassin versant de la Mare d'Oursi s'impose pour l'"étude des possibilités d'aménagement agro-sylvo-pastoral en vue de lutter contre l'aridité dans l'Oudalan, en Haute-Volta".

Cependant, ce choix n'est pas nécessairement représentatif du milieu au niveau d'intégration total des études écologiques.

Par la suite la ^{une} première phase de l'échantillonnage consistera à définir au plan le plus élevé, c'est à dire régional, ce que représente pour l'Oudalan le bassin de la Mare d'Oursi. []

Il faudra ensuite affiner l'échantillonnage à l'intérieur même du bassin afin de déterminer les zones d'équipotentialités secondaires représentatives du milieu limité de l'étude, en fonction des objectifs et des moyens. []

Sur la base de ce raisonnement nous proposons d'adopter un plan d'échantillonnage stratifié, plus ou moins hiérarchisé si l'univers d'échantillonnage non encore exploré, s'y prête.

Il doit aboutir à une carte schématique reproduisant la partition du milieu en unités synthétiques de plusieurs niveaux d'indicateurs écologiques; caractères pédologiques, géomorphologiques, phytosociologiques :

- unités primaires au niveau régional
- unités secondaires au niveau local du bassin versant.

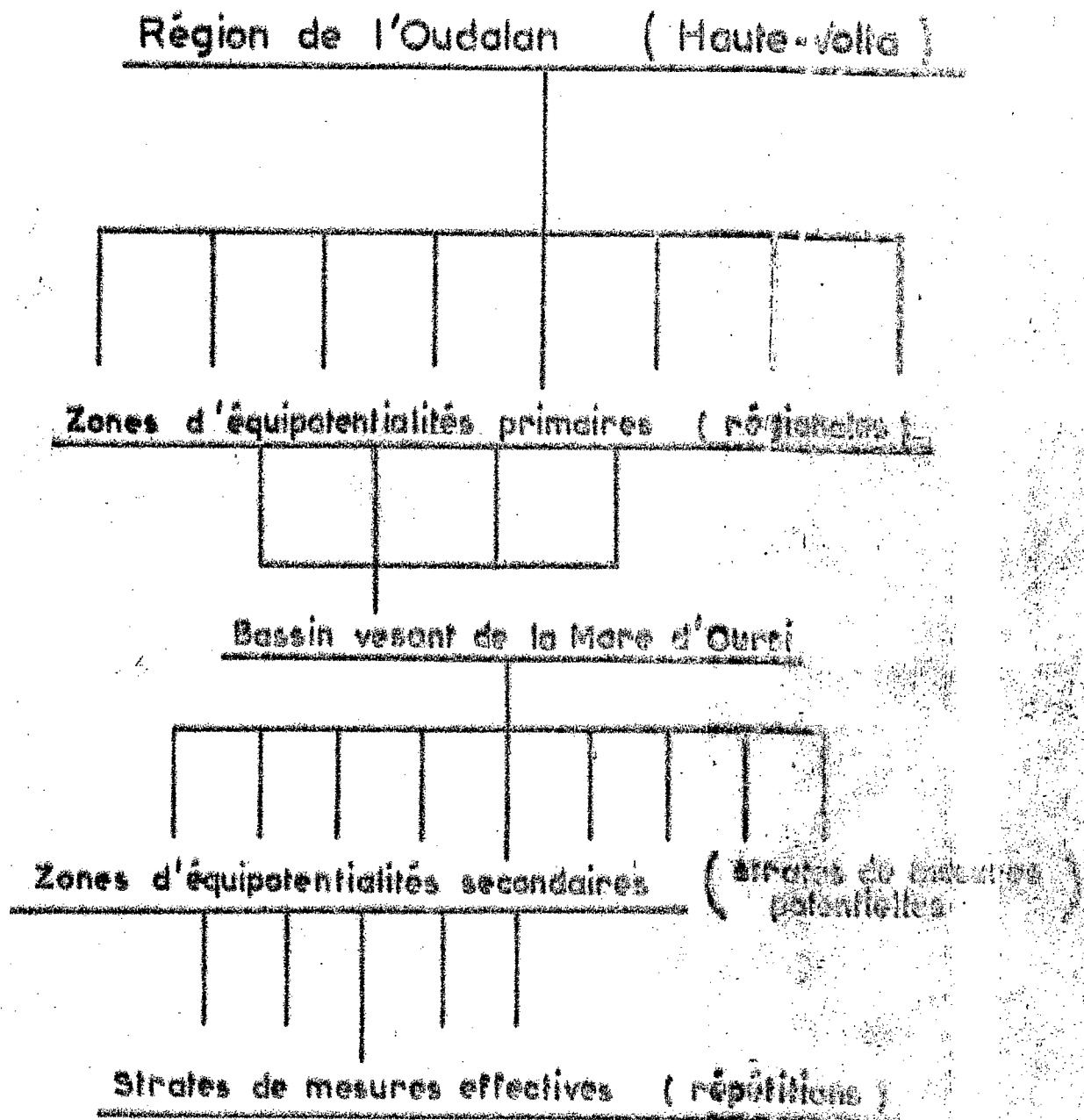
(cf figure N°1)

1.2. Déterminisme du dispositif expérimental

Le dispositif expérimental basé sur les données d'échantillonnage doit comprendre dans l'ordre décroissant les unités emboîtées suivantes :

[Ce travail en grande partie cartographique se fera à partir des résultats des divers travaux déjà mentionnés. Mais il conviendra dès que possible de prévoir une prospection générale pour affermir sur le terrain les bases de cette représentativité]

[L'ordre de ces deux opérations est interchangeable. Il est d'ailleurs vraisemblable étant donné l'état d'avancement de certains travaux que la seconde opération soit abordée au préalable.]



ORGANIGRAMME DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE
ECOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT
DE LA MARE D'OURSIS

- les sites d'observation

sous-ensembles représentatif de l'univers de la Mare d'Oursi, comprenant un ensemble de zones d'équipotentialité ou strates.

- les strates de mesure

zones d'équipotentialité ou strates choisies parmi les plus représentatives des sites d'observation et qui serviront de support aux déterminations.

- les sites de mesure

emplacement des mesures répétées dans le temps et l'espace en la strate de mesure.

Les observations faites par J.C.BILLE au Ferlo sénégalais, qui fait partie du domaine sahélien (communication personnelle) ont montré qu'en un même lieu la composition et la structure floristique de la végétation variaient non seulement au cours du cycle climatique, mais encore d'un cycle à l'autre.

Il s'en suit que chaque année, l'échantillonnage des parcelles expérimentales devra être reconduit dans les grandes lignes pour redéfinir la représentativité des données mesurées.

Les diverses unités de référence et de mesure seront caractérisées le plus complètement possible par les données de phytosociologie, la végétation étant considérée comme le meilleur intégrateur disponible des conditions du milieu.

Autant que possible on cherchera à regrouper les divers éléments d'un site d'observation en un ensemble homogène borné et clôturé selon le plan schématique de la figure n°3.

II. Considérations théoriques pour la conduite des différents thèmes

2.1. Etablissement du bilan hydrique

Les termes essentiels du bilan hydrique sont les précipitations P, en entrée et l'évapotranspiration ET en sortie. Des modifications sont

apportées par le ruissellement qui du fait de la redistribution généralisée des eaux des pluies, intervient dans les deux compartiments. On doit considérer le terme résultant R qui dans les cas extrêmes est à retrancher en amont et à ajouter en aval.

Il en est de même en ce qui concerne le drainage D, dont la direction généralement oblique est à l'origine de nouvelles modifications du bilan hydrique des horizons superficiels et profonds.

$$P - ET - R - D - S = 0$$

S variation de la réserve hydrique du sol, considérée en valeur absolue comme pour R et D

211 La pluviosité

Les pluies tombant dans une certaine aire sont définies :

- d'une part par leur fréquence, intensité et durée qui caractérise leur distribution dans le temps laquelle se révèle être des plus variables.
- d'autre part par leur distribution spatiale tout aussi variable.

Par suite si en théorie on peut ne considérer que les pluies tombées dans une zone représentative pour évaluer la pluviométrie d'une région, il est nécessaire de mesurer la pluviométrie ponctuelle pour établir le bilan hydrique au point considéré. Cela implique l'installation d'au moins autant de pluviomètre que de strates de mesure.

212 Le ruissellement

Localement le ruissellement est déterminé par des propriétés géomorphologiques, pédologiques, phytosociologiques... diverses du milieu. C'est en fait un phénomène complexe qui résulte en un point de l'effet cumulatif de toute une série de processus mis en branle en amont.

Il s'en suit que la mesure du ruissellement en un point doit s'appuyer sur un dispositif capable d'intégrer depuis le haut de pente l'incidence de phénomènes influents dans une vaste zone ^{aboutissant au} ~~entourant le~~ point considéré.

Dans la pratique les mesures de ruissellement sont des données empiriques qui reflètent les conditions de détermination.

Il est cependant nécessaire de connaître au moins la résultante du ruissellement pour le bilan hydrique.

Dans le cadre général de l'action, différents promoteurs de programme sont amenés à s'intéresser au ruissellement.

- le CTFT * pour la mesure de l'érosion en milieu naturel et cultivé.
- la section d'hydrologie pour le bilan hydrologique au niveau de l'ensemble du bassin versant de la Mare d'Oursi et des petits bassins qui le composent.
- le laboratoire d'agronomie pour préciser les entrées dans le bilan hydrique globale du bassin versant de la Mare d'Oursi et les bilans hydriques particuliers aux strates de mesures en liaison avec la production primaire des groupements végétaux qui les surmontent.

Le premier objectif des agronomes rejoint les préoccupations hydrologiques qui seront à l'origine de données parfaitement utilisables. Les autres poseront quelques problèmes en ce sens que les valeurs non globales devront correspondre à des points précis des différents bassins, c'est à dire prendre en compte uniquement les phénomènes se déroulant de l'amont au niveau de la strate considérée.

En absence de drainage soit si l'on peut contrôler toute la zone de sol siège des fluctuations hydriques, le problème est simplifié. Le ruissellement se déduit de la formule suivante :

$$P - ET \pm R \pm S = 0$$

Dans les autres cas, la recherche de la précision amènerait à concevoir et à implanter des dispositifs très importants nécessitant des moyens démesurés par rapport à ceux mis à notre disposition.

213 Le drainage.

Comme le ruissellement, le drainage suivant une toposéquence n'est pas un phénomène simple. La direction générale est oblique c'est à dire qu'à la composante verticale couramment étudiée s'ajoute une composante latérale qui rend le point considéré solidaire de ce qui se passe en amont.

Pour ce qui est de la composante verticale, on cherchera comme sus-mentionné à circonscrire la zone de drainage en pratiquant des déterminations au delà de la zone soumise aux fluctuations hydriques.

* CTFT Centre technique forestière tropicale.

Par des mesures d'humidité le problème ^srique de ne pas être résolu pour autant. Il se pourrait en effet qu'il y ait entre la zone de mesure et celle sous-jacente, des échanges non décelables à cause de l'existence de flux hydriques constants et uniformes. La seule technique pour pallier à cet inconvénient, technique non actuellement envisagée, est la mesure du potentiel tensiométrique de l'eau dans le sol. A toute différence de potentiel entre deux points correspond un flux-hydrique de sens déterminé qui permet théoriquement de quantifier les échanges quels que soient les taux d'humidité mesurés.

La composante latérale conduit aux mêmes remarques. Elle induit des gradients systématiques d'humidité plus ou moins décelables qui ne sauraient être confondus avec la dispersion spatiale de l'eau occasionnée uniquement par l'hétérogénéité du sol.

Dans ce cas encore une étude tensiométrique devrait conduire à une meilleure connaissance des échanges hydriques.

Cette étude n'est actuellement pas envisagée. On ne peut qu'espérer que durant l'intervalle d'une semaine entre deux déterminations les mouvements latéraux de l'eau soient suffisamment lents pour être négligeables ou que le bilan des entrées-sorties latérales soient nulles.

Quoi-qu'il en soit le drainage que l'on pourra difficilement maîtriser dans le cadre de cette étude sera à l'origine de biais qui se manifesteront en un sens ou en l'autre dans le bilan hydrique.

Pour les zones de haut de pente les variations de la réserve, en un point seront causées à la fois par les transferts vers les zones de côtes inférieures et la consommation végétale. Celle-ci sera donc surestimée.

Dans les bas fonds par contre l'amplitude des variations du stock d'eau sera masquée par la réalimentation provenant des terrains en pente. La consommation d'eau de la couverture végétale sera par suite sous-estimée.

214 Considérations générales relatives à l'eau dans le sol.

En ce qui concerne les propriétés spécifiques du sol à l'égard de l'eau on doit considérer, la quantité d'eau maximale emmagasinable ou capacité au champ, qui confère au substrat un pouvoir tampon vis à vis des déficits hydriques par rapport à l'évapotranspiration.

Cette réserve, il faudra étudier les modalités de sa constitution : perméabilité du sol au précipitation, drainage... déjà abordés, régime d'humectation, et celles de son utilisation : régime de dessèchement, eau utile, réserve facilement utilisable.

Les mouvements de l'eau se faisant suivant des gradients de potentiel tensiométrique de rétention par le sol, l'analyse des phénomènes susmentionnés, la délimitation des horizons concernés..., impliquant l'établissement des courbes humidité- pF.

Il est souhaitable que celles-ci soient définies à la fois en régime de dessèchement et d'humectation en raison des faits d'hystérésis à l'origine d'une certaine indétermination de l'humidité par rapport au pF et vice-versa.

En terminant on doit signaler que l'étude d'un bassin versant impose d'exécuter les mesures le long d'une toposéquence c'est à dire dans les conditions théoriques les plus difficiles pour l'établissement du bilan hydrique.

Les techniques d'étude tensiométriques pronées sont d'utilisation difficile et malgré tout imprécises étant donné les phénomènes d'hystérésis.

2.2. Estimation de la production végétale.

221 Organisation de la couverture végétale.

La couverture végétale présente outre une évolution durant la période de végétation, une hétérogénéité spatiale que l'on peut situer schématiquement à deux niveaux : hétérogénéité inter-strate, hétérogénéité intra-strate.

La conduite des prélèvements végétaux devra en tenir compte pour l'estimation de la production dans les diverses strates du bassin versant et de la région et pour définir la représentativité locale des mesures.

2211 L'hétérogénéité inter-strate.

Elle sera à la base de la différenciation de la formation végétale en groupements distincts. Cette opération découlera des données des phytosociologues et des agrostologues.

Au niveau particulier des parcelles, elle pourrait être ^{complétée} appréciée par l'analyse de la "macro-structure" de la végétation suivant la méthode des prélèvements et observations linéaires en début d'expérimentation et par photo-grammétrie annuelle.

2212 L'hétérogénéité intra-strate.

A priori tous les intermédiaires sont possibles entre le tapis épais et touffu au sol nu. Il est donc souhaitable par des observations continues et

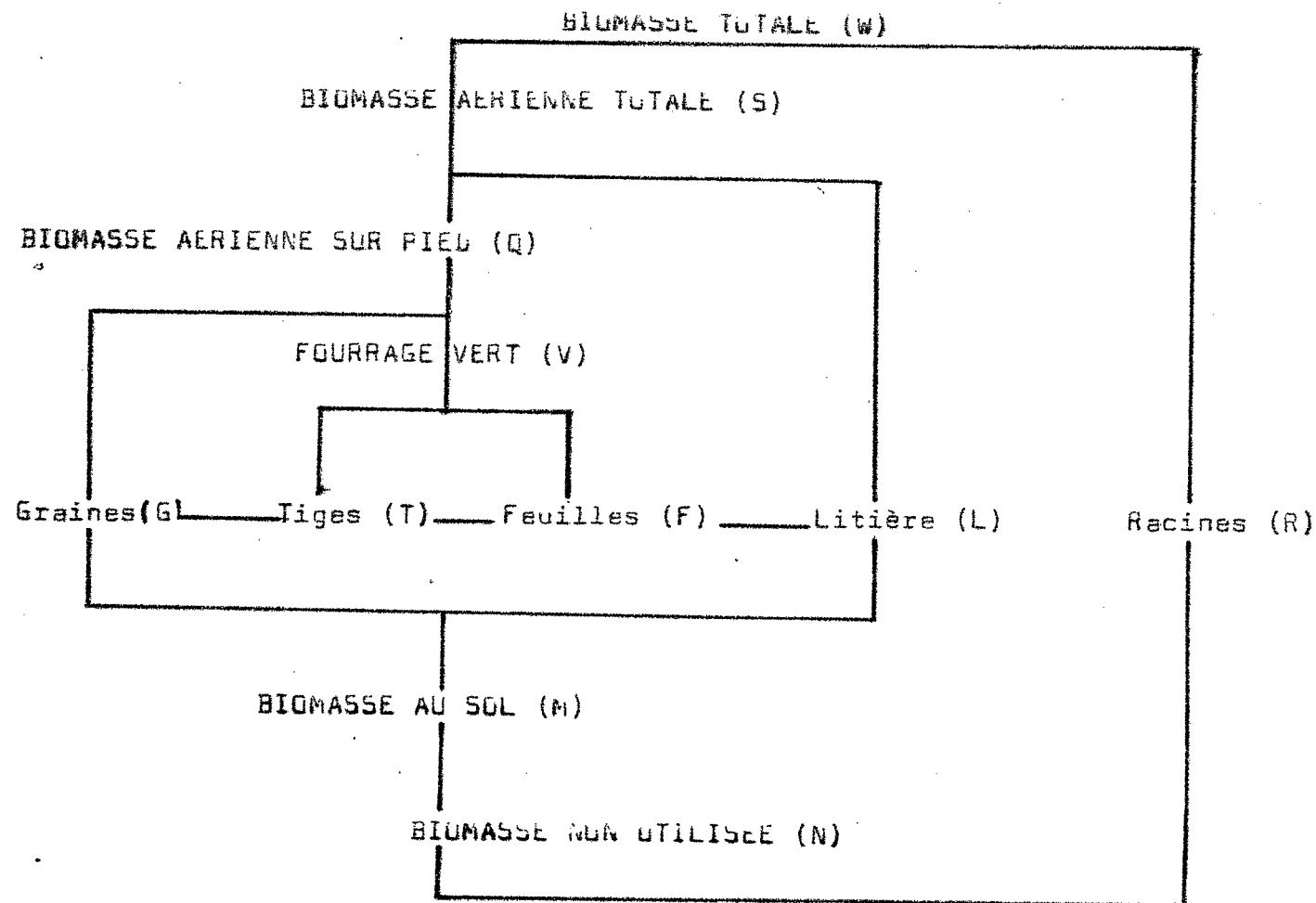


Figure n° 2 PARTITION SCHEMATIQUE DE LA PRODUCTION VEGETALE IN SITU

linéaires par exemple de recueillir en début d'expérimentation le maximum d'information sur la structure des composantes du tapis végétal, de la production pondérale en particulier. Elles permettront de définir la représentativité des mesures dans les sites de mesures et de préciser les formes et les dimensions des placettes de prélèvements.

222 Les composantes de la production végétale.

Il ne sera pas pris en compte la strate arbustive dévolue à la contribution du CTFT dans cette action intégrée.

L'organigramme de la figure n°2 présente les modalités diverses de la partition de la production végétale en ses composantes principales.

Durant la majeure partie de la période végétative on ne distinguera que :

- le fourrage comprenant les tiges et les feuilles et accessoirement des graines.
- la litière renfermant des graines des cycles végétatifs passés ou ~~présentes~~
- et les racines.

Ce programme est avant tout axé sur l'estimation de la production fourragère en vue d'établir la valeur des pâturages sahéliens.

Mais les mesures ne sauraient être limitées à la seule bromasse aérienne à cause des répercussions multiples du développement du système racinaire quant à la plante :

- action sur l'alimentation hydrique et minérale
- action sur la croissance et le développement.

et quant au sol :

- action sur la structure
- action sur les réserves minérale et leurs formes d'utilisation,
- action ~~des~~ ^{sur les} mouvements de l'eau et le bilan hydrique;
 - infiltration et profil d'humectation
 - absorption et profil de dessèchement.

L'étude exhaustive de la production et de l'évolution spécifique des graines devraient ~~contribuer~~ à l'interprétation de la composition floristique et à l'organisation phytosociologique du milieu. Les difficultés techniques et les moyens en matériel et personnel nécessaires font que seul l'aspect participation globale à la bromasse aérienne sera ~~abordée~~.

223 Les modalités de la croissance végétale et sa mesure.

La production végétale telle qu'elle est généralement mesurée est la résultante d'une part de phénomènes de croissance, d'autre part de processus de dégradation induits par le végétal lui-même ou occasionnés par les prédateurs.

Pour les parties aériennes l'autolyse est largement dominée par la consommation des prédateurs. Sans référer au pâturage du bétail ni aux invasions spectaculaires d'insectes migrants, on doit noter la consommation insidieuse de la faune locale, consommation qui pourrait atteindre jusqu'à 50% de la biomasse.

Ces remarques sont aussi valables pour les racines avec prédominance toutefois des phénomènes d'autolyse.

En outre dans les parties aériennes les éléments morts se séparent généralement des vivants sur le sol pour former la litière, tandis que pour les racines la majeure partie des racines mortes s'accumule dans le système racinaire pendant la période végétative.

En conséquence la mesure de la biomasse aérienne ou souterraine ne procède qu'à l'estimation du phénomène résultant de la croissance des parties vivantes d'une part et de la disparition des parties mortes d'autre part, et une étude de la dynamique de la production ne met en évidence que des vitesses relatives.

On peut cependant améliorer la précision des mesures de biomasse par une technique appropriée, celle de Wiegert-Evans (cf ci-après), mais les estimations seront faites par défaut.

Par ailleurs du fait même de l'organisation de la couverture végétale et des exigences écologiques des consommateurs, on doit considérer que leurs prélèvements ne sont pas aléatoires et sont par conséquent source d'imprécisions supplémentaires pour les valeurs estimées.

Comme de plus l'exploitation du fourrage par le bétail contribue aussi à modifier la distribution de la faune et donc son impact sur la flore, il serait souhaitable d'évaluer parallèlement la consommation primaire si l'on veut préciser les disponibilités en produits végétaux pâturables.

2.3. Considérations théoriques sur l'expression in-situ des potentialités biophysiques.

Il a été rappelé en introduction que l'eau pour importante qu'elle soit n'est qu'un élément constitutif d'un ensemble de facteurs dont la résultante conditionne la croissance végétale.

La redistribution des eaux qui fait que dans certaines situations de bas-fond par exemple, l'alimentation hydrique est pendant ^{de longues périodes} des périodes non limitantes pour le végétal, doit permettre à certains de ces facteurs d'intervenir à plein effet.

Les caractéristiques pédologiques des sols font partie de ces facteurs. D'après la carte pédologique du centre-nord de la Haute-Volta établie en 1968 par R. BOULET on trouve aux environs de la Mare d'Oursi plus d'une demi-douzaine de sols, différent autant par leurs propriétés physiques que chimiques.

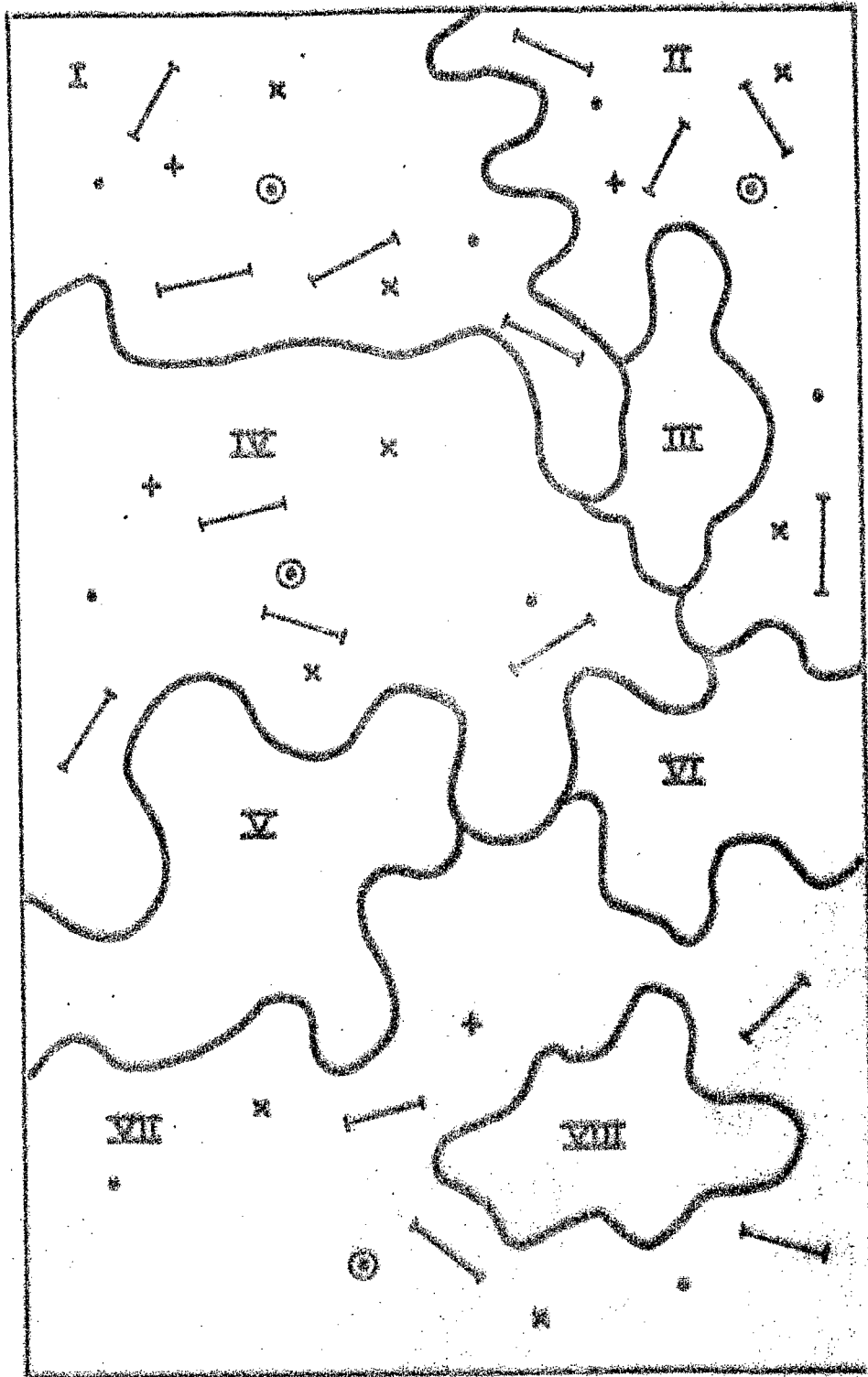
Il apparait donc indispensable, ne serait-ce que pour l'interprétation des faits d'essayer de préciser l'importance réciproque des divers facteurs contrôlables in situ, celle du facteur hydrique plus spécialement.

Il semble que cet objectif puisse être mené à bien par l'analyse factorielle des données (analyse factorielle en composantes principales ou des correspondances) et l'analyse des regressions multiples.

Cette étude ne peut être que partielle à cause du nombre non exhaustif des grandeurs mesurées, mais ces techniques permettent de discerner en les quantifiant les incidences respectives des facteurs contrôlés et non contrôlés.

Par ailleurs l'amplitude de variation des facteurs du milieu ainsi que leurs actions sont d'importances diverses. Certaines grandeurs comme la pluviométrie, la teneur en eau du sol, la production végétale etc..., sont très fluctuantes, à la fois dans l'espace et dans le temps, d'une année à l'autre par exemple. D'autres au contraire comme la composition granulométrique, les caractéristiques hydrodynamique et dans une certaine mesure la richesse minérale, (exportation pratiquement nulle par mise en défens) quoique très dispersées en valeurs dans l'espace peuvent être considérées comme des invariants, ^{dans le temps} à l'échelle de précision de nos mesures.

Par suite en répétant l'analyse des ensembles de données constantes obtenues lors d'une détermination unique et des données variables collectées suivant un rythme de mesure généralement annuel, il est possible de donner une expression probabiliste de l'action de ces facteurs, au moins pour les périodes de mesure.



I, II, IV, VII stries de mesure

⊙ Tube principal

⊗ Tube secondaire

+ Fosse pédologique

x Pluviométrie

↕ Prélèvements linéaires

EXEMPLE DE PLAN SCHEMATIQUE POUR L'IMPLANTATION
D'UN SITE D'OBSERVATION

B- Implications pratiques pour l'exécution des différents thèmes.

I. Le dispositif expérimental et son implantation

Le dispositif expérimental sera mis en place sur le terrain suivant les principes exposés au chapitre I.

Malgré l'éventualité de fluctuations de l'échantillonnage d'une année à l'autre, les installations d'observation et de mesure seront fixes, conditionnées en cela par les impératifs de la détermination de l'humidité du sol par la sonde à neutrons.

Le rééchantillonnage annuel sur photographies aériennes devrait pallier aux inconvénients d'une telle contrainte.

Les installations de mesure devraient comprendre par strate de mesure :

- un ou deux pluviomètres totalisateurs
- deux ou trois tubes de sondage pour les mesures d'humidité à l'humidimètre à neutrons, un tube de référence, un ou deux tubes de contrôle.
- les éléments de repérage des placettes de prélèvements végétaux; piquets avec pancartes, matérialisations des lignes de prélèvement.

La figure n°3 donne en exemple, un plan schématique d'implantation.

Les considérations théoriques sur le ruissellement ont amené à renoncer à la mesure par le laboratoire de ce phénomène.

II. Conduite des prélèvements et des mesures

2.1. Les relevés pluviométriques

Pas de problème méthodologique pour la conduite des mesures pluviométriques. Les seules difficultés consisteront en l'ajustement du rythme des observations à la fréquence et au volume des pluies d'hivernage, compte tenu des disponibilités en personnel.

En dehors de la recherche des modalités de reconstitution de la réserve hydrique à partir de l'infiltration des précipitations des mesures hebdomadaires seraient suffisant pour le pas de temps qui sera adopté dans le modèle de bilan hydrique.

2.2. Les prélèvements végétaux.

On rappelle que les prélèvements végétaux effectués uniquement dans la strate herbacée ne concerneront que :

- la biomasse sur pied : feuilles, tiges portant des graines en plus ou moins grande quantité.
- la biomasse au sol : litière mélangée à plus ou moins de graines.
- la biomasse souterraine : les racines.

221 Méthodologie des prélèvements végétaux.

La forme et les dimensions des placettes de mesure seront déduites de l'échantillonnage (ponderale) de la couverture végétale : hétérogénéité intra-strate. Vraisemblablement, un compromis sera adopté pour le cadre de prélèvement, la conformité à l'échantillonnage se faisant par l'exécution d'un nombre de prélèvements totalisant une surface de prélèvement optimale mise en évidence par les opérations préliminaires.

La mise au point méthodologique sera pour suivie par l'exécution dans la strate de mesure :

- de prélèvements au hasard pour vérifier la stabilisation de l'écart-type.
- de series de prélèvements alignées au hasard... pour comparer la variance des résultats.

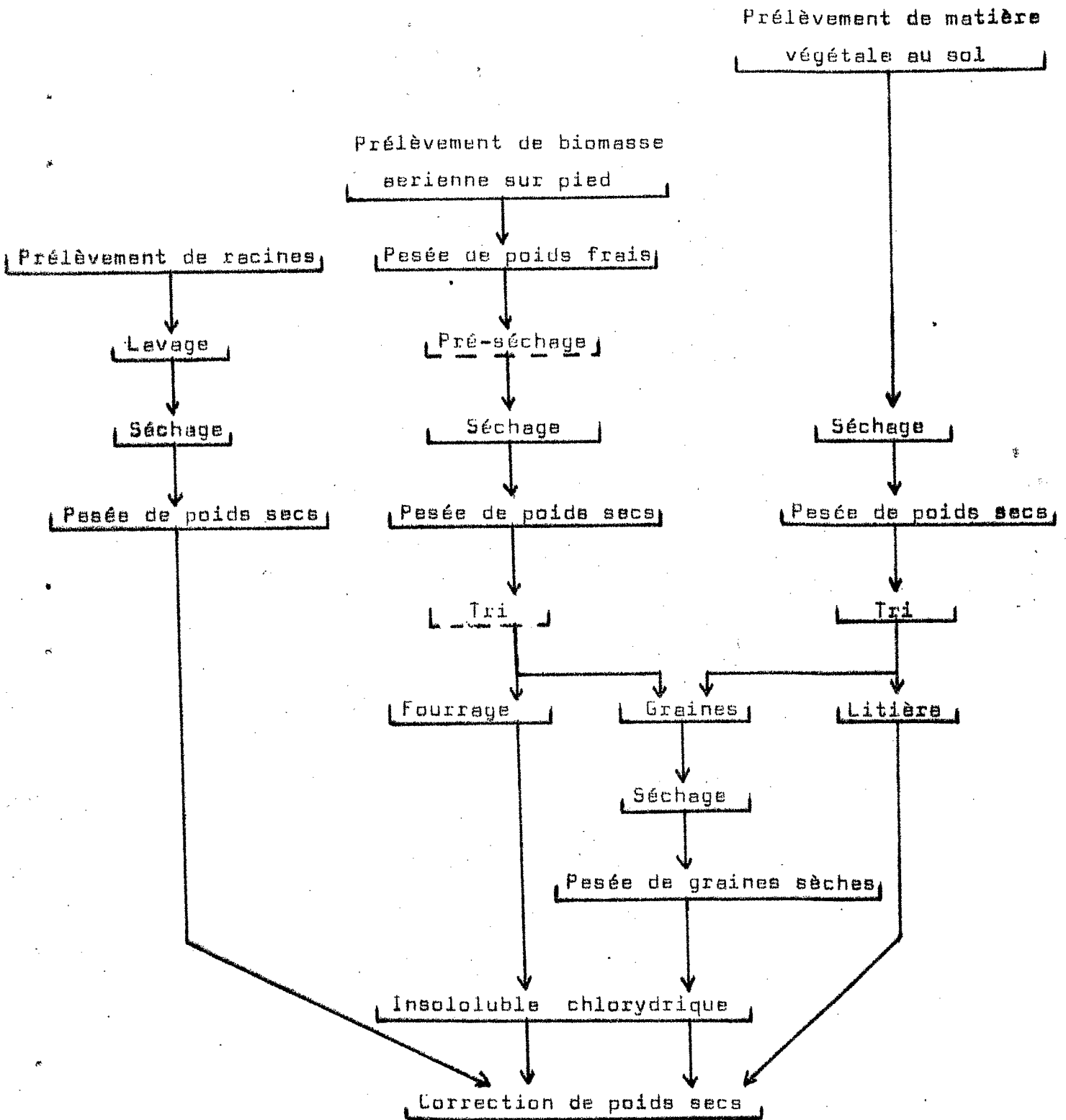
Cette opération aura pour but :

- d'estimer le nombre de prélèvements nécessaires pour une certaine précision des valeurs mesurées,
- et de comparer la puissance et la justesse respectives des techniques de prélèvement linéaire et au hasard.

222 Modalités des prélèvements végétaux.

L'estimation de la production aérienne nette sera faite suivant la technique de Wiegert-Evans modifiée par Lomiki A. et al. Il s'agira de prélever alternativement la matière végétale au sol, puis la matière végétale dressée coupée au niveau du sol à l'intérieur du cadre de mesure. On procédera suivant l'organigramme de la figure n°4 pour séparer en fin de période végétative les graines du fourrage et de la litière afin d'en évaluer la biomasse.

Figure n° 4 Organigramme des prélèvements et traitements des échantillons végétaux



Aux emplacements des prélèvements de parties aériennes correspondront des prélèvements racinaires. Dans une première phase on établira les lois de distribution des racines en fonction de la profondeur à partir de prélèvements exécutés avec une sonde de profondeur empruntée au laboratoire d'agronomie du Centre d'Adiopodoumé si possible. Ensuite les prélèvements ne seront effectués que dans les horizons superficiels.

2.3. Conduite des prélèvements et mesures pédologiques

Les prélèvements d'échantillons de sol pour analyses physiques et chimiques courantes se feront le long des parois des fosses pédologiques en se conformant aux horizons pédologiques traditionnels. Les répétitions seront le plus souvent mélangées pour former des échantillons composites.

Pour ce qui est des déterminations de densité et de caractéristiques hydrodynamiques au laboratoire, les prélèvements intéresseront des horizons particuliers correspondant aux points de mesure de l'humidité du sol.

Les techniques utilisées pour les déterminations in-situ de caractéristiques hydrodynamiques seront décrites ultérieurement.

Au tableau n°1 sont regroupées les côtes des points retenus pour la mesure de l'humidité du sol ainsi que les épaisseurs des horizons sur lesquels se calculera la réserve hydrique. Jusqu'à 1,80 - 2m on établira effectivement un profil hydrique. La distance entre deux points de mesure est en effet inférieur ou égal au diamètre de l'ellipsoïde de révolution pris en compte par la mesure neutronique. Au delà et par nécessité, cette distance étant supérieure on effectue que des sondages. Le calcul de la réserve hydrique devra se baser sur des interpolations des valeurs mesurées.

Il s'agit là, d'un canevas de travail modifiable en fonction des caractéristiques pédologiques et des possibilités d'installation des tubes de sondage. On établira la précision obtenue sur les réserves calculées et à chaque détermination on cherchera à définir le front d'humectation.

Tableau n°1 . Horizons retenus pour la mesure de l'humidité du sol

	N°	Côte de la mesure	Côtes de l'horizon (cm)	Epaisseur de de l'horizon (cm)	Tube de référence	Tube de contrôle
Profil Hydrique	1	15	0-20	20	+	+
	2	25	20-30	10 20 *	+	
	3	35	30-40	10	+	+
	4	45	40-50	10 30 *	+	
	5	60	50-70	20	+	+
	6	80	70-90	20 40 *	+	
	7	100	90-110	20	+	+
	8	120	110-130	20 40 *	+	
	9	140	130-150	20	+	+
	10	160	150-170	20 40 *	+	
	11	180	170-190	20	+	+
	12	200	190-225	35 85 *	+	
Sondage hydrique	13	250	225-275	50	+	+
	14	300	275-325	50	+	
	15	350	325-375	50	+	
	16	400	375-425	50	+	
	17	450	425-475	50	+	
	18	500	475-525	50	+	
	19	550	525-600	75	+	

* Epaisseur d'horizon pour le tube de contrôle

III. Données à recueillir

3.1. Données climatologiques

La presque totalité des données climatologiques seront fournies par le laboratoire d'Hydrologie, à partir d'une station centrale représentative du milieu.

Ces données sont les suivantes :

- pluviomètre à 1,50m du sol
- températures diverses, sèche, humide, maxima, minima, ...
- radiation globale, diffuse, nette
- durée d'insolation
- vitesse et direction du vent
- pression atmosphérique
- évaporation selon le piché et différents bacs.

Le laboratoire d'agronomie n'effectuera que des relevés pluviométriques sur les sites de mesure pour apprécier les fluctuations dans la distribution spatiale des précipitations et les conséquences quant au bilan hydrique.

3.2. Données de production végétale.

Au tableau n°2 sont consignées avec leur sigle, les données de production végétale susceptibles d'être recueillies en cours d'expérimentation. L'organigramme des traitements et mesures est exposé dans la figure n°4.

Des déterminations d'insoluble chlorhydrique seront effectuées par intervalle pour corriger les poids secs des imprégnations et souillures de la matière végétale.

Il serait souhaitable qu'à ces mesures de production soit associées les analyses chimiques de matière végétale du programme de recherche biomatologique de l'I.E.M.V.T.*

3.3. Données pédologiques

Les données pédologiques à recueillir sont consignées aux tableaux N°3. Les analyses physiques et chimiques seront effectuées par un laboratoire de l'O.R.S.T.O.M., Dakar, Adiopodoumé ou Bondy.

* I.E.M.V.T.: Institut d'élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux.

Tableau N°2- Données de production végétale à recueillir.

Organe végétal		Sigle	
		I	II
Biomasses élémentaires	! Tiges	! T	! DT !
	! Feuilles	! F	! DF !
	! Graines	! G	! DG !
	! Litière	! L	! DL !
	! Racines	! R	! DR !
Biomasses regroupées	! Tiges-feuilles (fourrage)	! V	! DV !
	! Tiges-feuilles-graines	! Q	! DQ !
	! (fourrage, biomasse sur pied)	!	!
	! Tiges-feuilles-graines-litière	! S	! DS !
	! (biomasse aérienne)	!	!
	! Tiges-feuilles-graines-litières-racines	! W	! DW !
	! (biomasse totale)	!	!
	! Graines-litières (biomasse au sol)	! M	! DM !
! Graines-litières-racines (biomasse inutilisée)	! N	! DN !	

I : sigle de production cumulée

II : sigle de productivité moyenne

		Données pédologiques	Sigle			
			I	II	III	
Caractéristiques chimiques	!	! pH	! PH	!	!!	!
	!	! Carbone	! CB	!	!	!
	!	! Matière organique	! MO	!	!	!
	!	! Azote	! NN	! NE	!	!
	!	! Phosphore	! PP	! PE	!	!
	!	! Potassium	! KK	! KE	!	!
	!	! Calcium	! CA	! CE	!	!
	!	! Magnésium	! MG	! ME	!	!
	!	! Capacité d'échange	! CD	!	!	!
	!	! Capacité totale	! CT	!	!	!
	!	! Taux de saturation	! TS	!	!	!
	!	! Argile	! AG	!	!	!
	!	! Limon fin	! LF	!	!	!
!	! Limon grossier	! LG	!	!	!	
!	! Sable fin	! SF	!	!	!	
!	! Sable grossier	! SG	!	!	!	
Caractéristiques physiques	!	! Densité apparente sèche	! DA	!	!	!
	!	! Densité apparente humide	! DH	!	!	!
	!	! Densité réelle	! DE	!	!	!
	!	! Porosité totale	! PO	!	!	!
	!	! Taux d'agrégats stable	! TA	!	!	!
	!	! Indice d'instabilité structurale	! IS	!	!	!
Caractéristiques hydrodynamiques	!	! Humidité pondérale	! HP	!	!	!
	!	! Humidité volumique	! HV	!	!	!
	!	! Humidité pondérale à la capacité	! HPC	!	!	!
	!	! au champ	!	!	!	!
	!	! Humidité volumique à la capacité	! HVC	!	!	!
	!	! au champ	!	!	!	!
	!	! Humidité volumique équivalente	! HVE	!	!	!
	!	! Humidité volumique à pF2	! H20	!	!	!
	!	! " " 2,5	! H25	!	!	!
!	! " " 3,0	! H30	!	!	!	
!	! " " 4,2	! H42	!	!	!	

Tableau N°3 (suite)

Données pédologiques		Sigle		
		I	II	III
!	! Réserve hydrique	! RH !	!	! SH !
!	! Réserve hydrique à la capacité	! RC !	!	! SC !
!	! au champ	!	!	!
!	! Eau utile	! RU !	!	! SU !
!	! Eau facilement utilisable	! RFU !	!	! SFU !
!	! Eau difficilement utilisable	! RDU !	!	! SDU !
!	! Eau inutilisable	! RI !	!	! SI !
!	! Eau ruissellée	! RS !	!	!
!	! Eau drainée	! RD !	!	! SD !
!	! Coefficient de perméabilité	! PE !	!	!
!	! Conductivité hydraulique	! KI !	!	!
!	!	!	!	!

I : élément total ou valeur par horizon

II : élément échangeable, minéralisable ou assimilable

III : cumul de la surface à l'horizon considéré

Les courbes humidité - pF pourraient être établies par le laboratoire de physique des sols dirigé à Bondy par A. Combeau. Les autres données seront collectées par des mesures in situ.

IV. Fréquence des prélèvements et mesures.

4.1. Relevés pluviométriques

La pluviométrie sera relevée quotidiennement ou une fois par semaine selon les disponibilités en personnel par rapport au nombre de points de mesure.

4.2. Fréquence des prélèvements végétaux.

L'abaissement du biais causé par l'humification des produits morts sur l'estimation de la biomasse aérienne dépend de la fréquence des prélèvements.

Celle-ci ne doit être ni trop rapide pour que la productivité végétale soit perceptible ni trop lente pour que les pertes en matière organique soient négligeables.

En fait tout dépend de la vitesse relative des phénomènes de croissance et d'humification dont la résultante est conditionnée par la phénologie de la plante : phase de croissance, phase de dégénérescence. Une fréquence bi-hebdomadaire des mesures est actuellement retenue.

Les biomasses aérienne et souterraine, sont liées par les relations suivantes, (à vérifier) :

$$\text{Log } R = a \text{ Log } Q + b$$

$$R = K Q^a$$

R = biomasse racinaire

Q = biomasse aérienne cumulée

a, b, K coefficients caractérisant la plante et l'action du milieu.

La biomasse souterraine sera par la suite estimée à partir de deux prélèvements annuels, l'un avant, l'autre au moment du palier de croissance (standing crop maximal).

4.3. Fréquence des prélèvements et mesures pédologiques.

La majeure partie des caractéristiques pédologiques qui dans les conditions de l'étude constituent des invariants, donneront lieu à des prélèvements et des mesures uniques en début d'expérimentation.

Néanmoins une seconde série de mesures pourrait être exécutée au démontage du dispositif pour apprécier la stabilité du substrat.

Les prélèvements de sol qui serviront à contrôler les mesures de l'humidité du sol à la sonde à neutrons seront effectuées au gré des besoins, selon un rythme saisonnier de préférence. :

- pendant la saison sèche
- en période d'humectation
- pendant l'hivernage
- en période de dessèchement

L'humidité du sol sera déterminée chaque semaine durant l'hivernage en régime d'humectation et de dessèchement. En dehors de ces périodes les mesures seront espacées au hasard des pluies et même interrompues quand la teneur en eau apparaîtra comme constante.

C - Moyens à mettre en oeuvre.

On trouvera en ce chapitre la liste synoptique des moyens en matériel et en personnel indispensables à l'exécution du programme.

I. Matériel

1.1. Matériel pour le repérage et la délimitation des sites d'observation

111 Matériel de relevé topographique

niveau
planchette à dessin avec trépied
boussoles
jalons
mires
hectomètre ruban

112 Matériel de bornage et de clôture des parcelles.

bornes en ciment
piquets
grillage
panneaux

113 Matériel photographique pour photographies descriptives de référence et échantillonnages.

1.2. Matériel particulier à l'étude de la production végétale

121 Matériel d'identification floristique

matériel d'herbier
flores
loupe binoculaire

122 Matériel de prélèvement

cadres de prélèvement
paniers à prélèvement
piquets
sacs de transport des échantillons
étiquettes

123 Matériel de séchage

étuve à fourrage
panier à claire-voie pour séchage en étuve
cadres de manipulation pour ces paniers

124 Matériel de pesée de terrain

4 pesons

1 trebuchet cubique de 60 kg de portée

125 Matériel de stabilisation des échantillons végétaux

Ce matériel est rendu indispensable à cause des difficultés de circulation dans l'Oudalan en hivernage, difficultés devant logiquement entraîner la décomposition sur place des échantillons végétaux, si ceux-ci ne sont pas stabilisés.

Étuve à gaz ou à pétrole ou tunnel à infra-rouge alimenté par un groupe électrogène.

1.3. Matériel particulier à l'étude du bilan hydrique.

131 Matériel de mesure de l'humidité du sol

2 humidimètres à neutrons et accessoires
tubes de sondage

132 Appareillage pour l'installation et l'enlèvement des tubes de sondage

1 chèvre ou palan
1 tige guide avec masse
1 équerre de guidages et taraudages
1 tire-tube

133 Matériel de prélèvement pédologique et de séchage des échantillons.

préleveur de sol
densitomètre à membrane
boîtes de prélèvement
1 étuve de séchage

134 Matériel pour les mesures hydrodynamiques.

citerne mobile
pompe et matériel d'arrosage
cadres d'arrosage
bâches
appareillage pour détermination de la perméabilité selon Müntz.

135 Matériel supplémentaire hypothétique

Selon les proportions de sols indurés ou "rocheux" impénétrables à la tarière agronomique il se pourrait qu'on ait recours à une foreuse mécanique pour l'installation des tubes de sondage.

II. Personnel.

La liste ci-dessous a été établie en tenant compte des implications pratiques des divers thèmes de recherche et des conditions de travail particulières à l'Oudalan en hivernage.

Celles-ci sont les suivantes :

- travail intensif en saison des pluies et en saisons intermédiaires
 - impossibilité de circuler normalement pendant ces périodes.
 - nécessité de mener parallèlement les prélèvements sur le terrain et le traitement des échantillons au laboratoire :
- deux équipes sur le terrain : production végétale
bilan hydrique
- une équipe au laboratoire

Le personnel demandé ne permet pas de constituer 3 équipes indépendantes composées comme suit :

- 1 agronome, 1 VSN + 2 préparateurs sur le terrain
- 1 botaniste, 1 VSN + 2 préparateurs
- 1 VSN + 1 préparateur au laboratoire

Le personnel demandé permet un roulement des cadres sur trois semaines et celui des préparateurs sur six semaines compte tenu des possibilités de dégagement par avion.

2.1. Cadres

- 1 agronome
- 1 botaniste
- 2 VSN

2.2. Personnel d'exécution

- 1 gardien
- 1 observateur
- 3 préparateurs
- manoeuvres temporaires

Conclusion

Par ces considérations on a essayé de dégager les limites d'étude pour l'"estimation des potentiels biophysiques en milieu naturel sahélien", limites résultant des conditions de travail en toposéquence, de la situation générale et des caractéristiques écologiques de l'Oudalan en Haute-Volta.

Il en est résulté sur le plan théorique un éventail de possibilité d'orientation de l'action mis surtout en évidence à propos des données à recueillir.

Reste à ajuster le canevas de recherche ainsi défini aux réalités du terrain et aux moyens qui seront fournis.