DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE DU BLE

EN ZONE INTERTROPICALE

CONTRIBUTION DE L'IRAT

J. BOZZA

décembre 1984

" Le Développement,
ce n'est pas ce que l'on importe,
c'est ce que l'on fait éclore,
ce n'est pas ce que l'on impose de l'extérieur
c'est ce qu'on invente sur place ."

"La main et l'outil"
E. Pisani

RESUME

Habitude alimentaire héritée de la colonisation, amplifiée par l'explosion des centres urbains et consolidée par les conditions de faveur consenties par les exportateurs, la consommation de pain dans les pays francophones au sud du SAHARA pose le problème d'un besoin croissant en farine panifiable, que ne peut satisfaire, quand elle existe, une production locale meme très ancienne comme c'est le cas en pays sahéliens .

Pour ces pays, la seule source d'approvisionnement réside dans l'importation , qui grève un peu plus leurs maigres budgets . Aussi, quand cela a pu s'envisager, l'I.R.A.T., à la demande des autorités locales, a mis en place des programmes de recherches de la culture du blé dans le cadre de la diversification des cultures paysannales ou dans celui d'opérations de type agro-industriel .

La présente étude a pour objet la mise à jour des résultats obtenus par l'IRAT sur cette culture en se plaçant exclusivement sur le plan technique, mais en dépassant le simple exposé des travaux (synthèse) pour proposer des éléments de réflexion en partant de l'étude comparée des diverses situations géographiques et des modes de production .

A partir des deux modes de culture les plus fréquents : saison des pluies et contre saison sèche et froide, les résultats concernant les thèmes de la fertilisation, des techniques culturales et du choix variétal sont analysés successivement en regard des contraintes physiques et humaines .

Au chapitre de la fertilisation, il ressort que la notion de fumure de redressement doit etre abandonnée au bénéfice de la matière organique qui reste la principale richesse des agriculteurs du Tiers Monde .

Sous réserve de carences spécifiques propres au blé, la réussite de cette culture tient avant tout aux améliorations des techniques culturales; ici apparait en premier lieu le respect des exigences climatiques quel que soit le mode de culture; en saison des pluies , aux problèmes phytosanitaires traditionnels s'ajouteront les problèmes de défense et conservation des sols particulièrement intenses en production industrielle; et pour la contre-saison, ceux liés à l'approvisionnement en eau de la culture.

Le choix variétal vient ici en appui des deux autres thèmes . Les contraintes qu'ils soulèvent permettent de définir les critères de sélection . Cette approche est parfaitement illustrée au Cameroun et au Mali à la suite des interventions effectuées par le professeur Grignac .

Les résultats -succés et échecs- et les éléments de réflexion proposés devraient permettre de mieux appréhender les bases d'une stratégie de développement pour cette culture d'avenir.

Mots clés: *Blé tropical, Madagascar, Pays sud-sahéliens, Haute-Volta, Cameroun, saison des pluies, contre-saison, Fertilisation, fumure de redressement, matière organique, Choix variétal, Techniques culturales, calendrier cultural, irrigation, remontée capillaire, hydromorphie, préparations du sol et semis, érosion.*

SOMMAIRE

page :

Préliminaire

Introduction 1

Géneralités 3

Historique de la culture 6

La Culture de Saison des Pluies 9

Description des facteurs du milieu 10
La fertilisation 13
Madagascar 13
Cameroun 19
conclusions 21
Les techniques culturales 22
contraintes, essais, résultats 22
conclusions 32
Le choix variétal 34
Cameroun 34
Madagascar 37
conclusions 39

La Culture de Contre Saison 40

Description des facteurs du milieu 41
Madagascar 41
les pays Sud Sahéliens 43
La fertilisation 46
Madagascar 46
les pays Sud Sahéliens 52
conclusions 54
Les techniques culturales 55
les contraintes 55
les thèmes étudiés et les résultats 58
conclusions 62
Le choix variétal 64
les pays Sud Sahéliens 64
Madagascar 66
conclusions 70

Le blé par delà l'aliment 71

Annexes et références bibliographiques 73

PRELIMINAIRE

De la lecture des rapports de l'IRAT concernant la culture du blé en zone intertropicale, il apparait qu'*aucun résultat probant n'a été obtenu à ce jour au niveau du Développement* . Par probant, on entend ici un niveau de production économiquement satisfaisant avec *appropriation par le milieu*, que ce soit en culture industrielle ou paysannale . Cet insuccès tient plus à la façon dont a été défini le travail qu'à sa réalisation elle-meme : en effet, deux situations président à la problématique du blé en zone intertropicale :

- soit il s'agit d'une culture traditionnelle marginale, alors l'IRAT s'y est intéressé très tot mais en n'y consacrant que des moyens à la mesure de sa marginalité, en général sans études approfondies des systèmes traditionnelles, lui permettant cependant d'aboutir techniquement à des résultats intéressants .

- soit il s'agit de répondre à une *demande extérieure au monde agricole*, celle des politiciens, des financiers et des industriels aux intérets pas toujours convergents et qui, fort de l'idée qu'à priori *on sait cultiver le blé* (vieille tradition de l'agriculture occidentale) pensent qu'ils peuvent faire l'économie d'une certaine rigueur et s'engager d'emblée dans la *phase Investissement-Développement* .

Fréquemment mal adaptés aux réalités locales, mais *déjà trop engagés* ces projets se voient contraints de recourir aux services de la Recherche pour résoudre *des problèmes ponctuels* : incidents de parcours imprévus plus qu'imprévisibles .
A l'intérieur de ces projets, l'IRAT est amené à ne développer qu'une action de recherche d'accompagnement . Réduite au ***role de partenaire alibi,*** il n'appartient plus à la Recherche de définir ses objectifs ni ses programmes, à peine ses moyens, la privant ainsi d'un *appui logistique conséquent* qu'offrirait "un programme structuré".

Cette absence d'insertion au sein d'un tel programme, partant de méthodologie, se traduit dans les différents pays où l'IRAT est intervenu sur ce mode, par des résultats nombreux, mais *mal valorisés* .

INTRODUCTION

Le blé, par ses caractéristiques génétiques et botaniques - plante autogame annuelle à grosse graine - s'est imposé comme la céréale des civilisations indo - européennes dont il a contribué largement à leur développement , à l'instar du riz en Asie.

A partir du Croissant Fertile et du plateau d'Anatolie d'où il serait originaire *,le blé colonisera au gré des migrations humaines tout le bassin méditerranéen,l'Afrique de l'Est, en particulier les Hauts Plateaux Ethiopiens, l'Europe du Centre et de l'Ouest ; et par la Vallée de l'Indus, il atteindra la Chine au troisième millénaire av J.C. . Des migrations venant de l'Est - Ethiopie, Aden- auraient implantés cette culture sur la boucle du Niger et en bordure du lac Tchad dès 600 av. J.C., il faudra attendre les conquetes musulmanes pour le voir s'implanter aux confins du Sahara, la colonisation par les Européens contribuera à sa progression vers le Sud et au-delà de l'Equateur.

Actuellement, la transformation des habitudes alimentaires, héritage de la colonisation, aggravée par l'urbanisation, pose pour les pays d'Afrique le probleme d'un besoin croissant en farine panifiable.

Pour répondre à ce besoin, l'IRAT, à la demande des autorités en place s'est vu confier la tache d'adapter cette culture dans des zones peu favorables et de la réhabiliter là où elle avait réussi sous l'administration coloniale.

La présente étude poursuit un double objectif :

1) mettre à jour et ordonner les résultats obtenus par l'IRAT pour la zone Intertropicale

2) s'interroger sur la méthodologie poursuivie quand on connait les résultats obtenus, souvent modestes sur le plan technique, non satifaisants sur le plan économique.... *et admettre qu'il est parfois peu réaliste d'envisager cette spéculation dans tous les pays demandeurs dans l'état actuel de nos connaissances.*

Pour mieux prendre en compte ces deux points nous avons optés pour une présentation thèmatique où les situations géographiques sont les illustrations des recherches menées : en effet la réussite d'une culture passe par le respect d'un certain nombre de principes, ceux-ci sont définis par la Recherche dans le cadre de ses études thèmatiques qui sont conduites quel que soit le contexte géographique.

* Evolution of Crop Plants . ed. Simmonds Longman
Atlas les cultures vivrières Hemardinquer, Keul, Randles . Ecole Pratique des Hautes Etudes .

Pour plus de clarté, nous aborderons successivement :

- la culture pluviale d'altitude.
- la culture de contre saison froide.

Par ailleurs, pour traiter de points particuliers, nous ferons tout au long du développement largement appel à des renvois en annexes apportant une meilleure compréhension des problèmes.

GENERALITES

Les exigences du blé

Dans l'introduction nous avons vu que l'aire de répartition traditionnelle du Blé recoupait les zones climatiques méditerranéennes et tempérées. A ces types climatiques correspondent des adaptations particulières : les hivers doux et étés arides conviennent bien au blé dur (tétraploide), alors que le blé tendre (hexaploide) est plus exigeant en températures basses.

La culture du blé tendre, produisant la farine panifiable, se heurte actuellement sous les tropiques au problème primordial du respect de ses exigences thermiques(développées dans l'Annexe 1 - Physiologie du Blé).

Des écarts par rapport à ses exigences thermiques s'accompagnent tout au long de sa végétation d'une diminution du rendement potentiel en pénalisant chaque facteur d'élaboration de celui-ci.

Trop souvent cultivé en conditions " limites" : nyctipériodes insuffisantes, températures diurnes élevées, le blé ne talle pas, voit son cycle végétatif réduit, fleurit prématurément, et produit peu. Dans ces conditions, l'espérance d'un rendement moyen passe par le choix judicieux de cultivars et par la satisfaction des facteurs nutritionnels en implantant la culture dans des sols de bonnes qualités (physique et chimique) permettant la satisfaction des besoins instantanés particulièrement importants à certains stades du développement de la plante (floraison par exemple). Cette condition parait d'autant plus essentielle que l'on emploie des variétés à cycle court.

Du point de vue des besoins en eau, le blé est une plante relativement peu exigente, sa culture nécessitant seulement 600 mm pour donner un rendement élevé - Bergé et Collin (G3) fixent à 500 mm le seuil pluviomètrique en dessous duquel il convient de disposer d'irrigation d'appoint.

Définition des écologies favorables sous les Tropiques :

Recherche des zones à températures favorables :

Dans leur étude concernant les zones favorables à la culture du Blé en zone intertropicale, Bergé et Collin (G3) soulignent l'importance de la latitude. Si la culture du blé est possible de 0 à 3000 metres, les zones les plus élevées sont à rechercher aux faibles latitudes.A l'équateur, le blé se rencontre seulement à partir de 2500 metres alors qu'il vient bien au niveau de la mer au delà du 20 ème parallèle. A l'altitude zéro, en disposant de variétés bien adaptées, cette limite peut etre repoussée au niveau du 13 ème parallèle.

Compte tenu des facteurs climatiques, la culture du blé se pratique actuellement en zone tropicale selon deux modes :

- *en saison des pluies* à des altitudes supérieures à 1400 metres.
- *pendant la saison froide et sèche* en zone basse à condition de satisfaire les besoins en eau de la culture.

Aptitudes culturales des sols :

Les sols de la zone intertropicale sont généralement riches en hydroxydes de fer et d'aluminium, ont des pH acides (souvent inférieurs à 5), et présentent une très faible réserve minérale ; ils s'écartent des caractéristiques des sols tempérés convenant bien au blé : **bonne fertilité naturelle, capacité d'échange élevée, bonne structure, pH>5,5.** Aux deux modes de cultures définis ci-dessus, on peut rattacher deux types de sols.

En zone d'altitude : l'aptitude culturale de ces sols est étroitement liée à **leur origine pédologique** (sols évolués sur socle cristallin, sur roches volcaniques) et au degré d'altération ferrallitique résultat du régime pluviométrique élevé.

En zone basse : l'aptitude culturale est étroitement liée à la satisfaction des besoins en eau réalisée soit **en régime naturel**, soit **en régime artificiel** (irrigation).

Les contraintes culturales :

En saison des pluies, malgré le respect des exigences thermiques par la culture en altitude, les résultats modestes obtenus au Cameroun et à Madagascar, ont mis en relief les contraintes liées

1) **au régime pluviometrique :** dans ces deux pays,la saison des pluies s'étend sur près de 6 mois, avec une pluviometrie de type unimodale. L'obligation de récolter hors pluie fixe la période d'implantation de la culture (préparations superficielles,semis) près du **maximum pluviometrique.** D'autre part,la durée des pluies entretient des **conditions phytosanitaires défavorables** à la culture : luminosité faible, humidité et température élevées sont les "terrains" propices au développement des mauvaises herbes, des maladies....

2)**aux types de sol :** toute cause qui tend à entraver un bon développement racinaire nuit à la réussite de la culture essentiellement de l'installation de la culture à la floraison. Ces causes sont **d'ordre physique:** engorgement,semelle de labour, érosion ; et **d'ordre chimique:** acidité des sols, problèmes liés au phosphore, à l'aluminium, au fer...**d'ordre biologique :** perturbation de la vie microbienne ("effet défriche").

De ces causes découlent les contraintes culturales suivantes :

maintien d'une bonne stabilité structurale : époque des travaux, choix du matériel, statut organique, assolement, mode d'exploitation. Au Cameroun la cause principale de l'échec, compte tenu de l'impératif de récolter hors pluie, est l'hyper mécanisation de la culture d'une part et la fragilité structurale des sols à mettre en valeur d'autre part.

remontée de la fertilité des sols : amendements massifs, remontée progressive, cultures améliorantes...

En saison fraiche et sèche, des productions intéressantes ont été obtenues depuis plusieurs décennies. La seule **contrainte majeure** est liée au **mode d'approvisionnement en eau de la culture.** On distingue ici deux types de culture en fonction du mode d'alimentation en eau de la plante :

En régime artificiel(irrigations gravitaires) :

la qualité de l'eau est à prendre en compte en fonction du type de sol :

a)sur sols peu filtrants, des eaux "salées" entraineront une salure du sol.

b)sur des sols à mauvaise structure(battants), des eaux chargées en éléments fins entraineront des colmatages avec risques d'asphyxie.

Des cultures sur "ados" permettent de minimiser ces deux inconvénients. Par contre, les sols argileux sont à éviter avec ce mode d'irrigation car les sols deviennent alors très difficiles à travailler : semelle de labour, reprise délicate.

A ces contraintes pédologiques, s'ajoutent des contraintes techniques de planage, de gestion et d'entretien des réseaux d'irrigation.

En régime naturel :

la culture est alimentée par la remontée capillaire de la nappe phréatique selon deux modalités :

a) la nappe reste à faible profondeur pendant la saison sèche ce cas serait spécifique des Hautes Terres Malgaches.

b) la nappe suit les oscillations des régimes fluviaux ou lacustres .

Ce mode de culture apparait le plus intéressant - techniquement et économiquement - ; ici la contrainte majeure tient à **l'appréciation de la profondeur de la nappe** au cours de la culture et aux inconvénients qui en découlent : drainage, horizons plus ou moins réduits, vitesse de dessèchement du profil...

BREF HISTORIQUE DE L'EVOLUTION DE LA CULTURE DANS LES PAYS FRANCOPHONES OU L'I.R.A.T A ETE AMENE A INTERVENIR.

Zone de culture de contre saison fraiche

MAURITANIE : le blé et l'orge sont l'objet d'une culture traditionnelle dans l'Adrar mauritanien (L=20°N) depuis fort longtemps. Dans l'optique d'une utilisation rationalisée des ressources hydrauliques, des tentatives d'amélioration de ces productions sous palmeraies ont fait l'objet d'études (1958-1959) qui n'ont pas abouti. Depuis 1979, dans le cadre de la diversification des cultures, des essais de culture du blé sont poursuivis à Kaedi (région du fleuve Sénégal).

SENEGAL : la première tentative de culture du blé remonterait à 1947 dans le casier expérimental de Richard Toll. Elle visait à une meilleure valorisation des infrastructures rizicoles. Des tentatives de diffusion de cette culture eurent lieu par la suite dans le delta du fleuve Sénégal, mais des contraintes telles que la salinité, la disponibilité en eau, obligèrent à déplacer ce pole de diffusion vers la moyenne vallée du fleuve (région de Guédé - L=16°N).
En 1967, l'I.R.A.T entreprend ses premiers travaux sur le blé dans le cadre des recherches agronomiques dans la vallée du fleuve. Une fiche technique de la culture fut mise à disposition de la SAED (Société d'aménagement du delta) pour ses actions au niveau des grands périmetres puis des petits dans la région de Matam (S2).

MALI : depuis fort longtemps, le blé et l'orge trouvent une place appréciable dans l'économie de la région lacustre du Niger -Niafunké Gao- au nord du 16° en complément des mils de dune pluviaux, des sorghos de décrue et des riz de crue ou de mare . MOURGUES (G8) situe son introduction antérieurement à la conquete marocaine. Les espèces de blé cultivées appartiennent surtout à l'espèce Blé tendre. En 1941, des rapports font état de 1000 Ha de blé dans le Faguibine avec un production moyenne de 1 tonne/Ha. Pour le blé de décrue au bord des lacs, le caractère erratique des crues a limité le développement de cette culture dans cette région; pour le blé irrigué à la calebasse, c'est la pénibilité du travail évaluée à 600 jourde travail/ha . Elle s'est redéployée dans des zones où les crues sont régularisées par des ouvrages. On cite aussi dans la région du Kessou des rendements de 1,8 tonnes/Ha sur environ 800Ha avant 1960.

A partir de 1960 l'I.R.A.T a poursuivi ses travaux sur le blé sur la station de Kogoni (Office du Niger) jusqu'en 1970. A partir de 1975, l'I.R.A.T effectua ses recherches sur le blé dans le cadre de "l'Opération Blé" de Diré.

NIGER:la culture du blé est ancienne au Niger. Elle aurait été introduite d'abord dans les oasis, venant d'Afrique du Nord, cette culture se pratique traditionnellement dans les régions à faible pluviométrie (Tahona, Agadès-L=16°N).
On estimait les surfaces emblavées à 1800Ha en 1956. Pour répondre aux besoins de la minoterie de Niamey (4000 tonnes) construite en 1965, on a envisagé de cultiver le blé dans les nouveaux aménagements hydroagricoles réalisés le long du fleuve Niger (L=13°N) : Catherinet (G8) souligne "qu'il semble que cette industrialisation ait précédé les études sur les possibilités d'extension de la culture et de la production de blé tendre. Dès 1960, l'I.R.A.T entama des travaux de recherches sur la culture du blé : essais variétaux, phytotechnie, irrigation...

TCHAD :l'introduction de la culture du blé au Tchad remonterait au XIXème siècle et se fixe principalement dans les cuvettes lacustres du Lac Tchad (L=14°N - altitude 200-400m) ; des zones secondaires de culture intéressent les ouadis centraux et est du pays : Lac Fitri, région de Largeau, d'Abèché.
En 1963, 2700 tonnes étaient produites sur 1350 Ha, soit un rendement moyen de 2 tonnes/Ha. Les surfaces en production doublaient en 1966 sous l'autorité de la SEMABLE.
Des essais variétaux et de phytotechnie ont été entrepris de 1970 à 1973 par la SODELAC en collaboration avec l'I.R.A.T : travail du sol, rotations culturales (avec mais et coton), doses d'irrigation.

HAUTE-VOLTA : les premières introductions de blé remonteraient à 1928, dans la région de Bobo Dioulasso (L=11°N - altitude 350m). En 1963, l'I.R.A.T à Farako-Ba (L=11°N) et à Saria (L=12°N) entreprend des recherches sur les possibilités de la culture du blé : les premiers résultats concluent à l'impossibilité de cette culture en saison des pluies pendant laquelle on observe "un fort tallage, puis un jaunissement généralement avant montaison et un échaudage total après floraison" (H1). Par contre, il semble que la culture soit possible en contre saison fraiche, ce qui permettrait de valoriser les périmetres aménagés pour la riziculture en aval du barrage de Mogtédo (L=12°N) où les réserves en eau sont insuffisantes pour mener à bien deux cycles de riz par an. A partir de 1975, l'I.R.A.T intensifie ses recherches sur le blé dans le cadre du CERCI.

Zone de culture de saison des pluies

CAMEROUN :Catherinet dans sa synthèse sur le blé de 1967 souligne que " la culture du blé au Cameroun est actuellement une hypothèse. Il existe quelques champs de blé dans le nord du pays, vers Fort-Foureau (L=12°N), il s'agirait d'une pratique locale faite dans des conditions traditionnelles identiques à celles que l'on rencontre au Tchad".

Quelques tentatives de culture tant en basse altitude (Nord Cameroun) qu'en altitude (plateau de l'Adamaoua) révélèrent des possibilités particulièrement pour la zone d'altitude.
En 1974, l'I.R.A.T initiait une expérimentation pour la mise au point de la culture sur les Hauts Plateaux de l'Adamaoua (L=7°N - altitude : 1400m).

Zone de double culture

MADAGASCAR : le blé a été introduit à Madagascar au XVII ème siècle par les navigateurs portugais. Sa culture a été tentée en divers points de l'Ile : Fort-Dauphin, Diego Suarez, pour enfin s'établir à Antsirabe. En 1900, sur les terres fertiles de l'Ankaratra (région d'Antsirabe) sa production atteignait 200 tonnes ; en 1912 elle plafonnera à 500 tonnes.

Consécutivement aux attaques de rouilles de 1912, 1934, et 1969 ; en l'absence d'une politique d'incitation à la culture, celle-ci reste marginale pour satisfaire une demande spécifique locale : blé dur pour les fetes rituelles hindouistes, paille pour la fabrication de chapeaux par exemple. A partir de 1969, l'I.R.A.T met l'accent sur l'intéret de la culture du blé de contre saison en rizière pour limiter les risques de maladies.

Fort des possibilités offertes de deux saisons de culture, le gouvernement Malgache a lancé en 1979 un plan ambitieux de développement de la culture du blé auquel a été associé l'I.R.A.T pour les recherches au sein du FOFIFA.

Cette décision s'est surtout concrétisée par la construction en 1981 d'une minoterie de 50000 tonnes/an à Antsirabé.

*
* * *
*

LA CULTURE DE SAISON DES PLUIES

A partir des contraintes énumérées dans les généralités, il est aisé d'identifier les zones bien adaptées à la culture du blé.

Celles-ci ne se rencontrent que très rarement dans les zones d'interventions traditionnelles de l'I.R.A.T.
Elles existent cependant dans certaines régions du Cameroun et de Madagascar, objets de ce chapitre.

Description des facteurs du milieu

A MADAGASCAR

Localisation géographique : la culture de blé de saison des pluies reste circonscrite aux zones d'altitudes supérieures à 1500m telles le Vakinankaratra (L=19°S) et l'Ankaizina (L=14°S), cette seconde région bien que convenant parfaitement à la culture du blé, mais isolée et d'accès difficile, n'a jamais fait à notre connaissance l'objet de cette culture.

Qualité des sols : les sols susceptibles de convenir à la culture du blé sont d'origine volcanique à dominance basaltique et couvrent les régions de l'Ankaratra, du Vakinankaratra et de l'Itasy. On distingue trois épisodes volcaniques, à chacun d'eux correspond un degré d'altération différent auquel on peut rattacher une qualité de sol : les meilleurs sols (qualités physico-chimiques) correspondant aux zones d'altération la moins avancée (cf. AnnexeII).

Facteurs climatiques : le Vakinankaratra est caractérisé par des reliefs chahutés : cuvettes encastrées par des hauts reliefs, ensembles montagneux isolés, grandes vallées encaissées. Orientée Nord-Sud, la chaine montagneuse constitue "un obstacle perturbateur" pour les masses d'air humide, provoquant une "dissymetrie climatique" entre le versant oriental et le versant occidental où les pluies sont plus abondantes bien que plus concentrées dans le temps et où la saison sèche est à la fois plus marquée et plus ensoleillée.

Pour les températures, l'altitude intervient directement : des essais de culture dans l'Itasy **à des altitudes comprises entre 1100 et 1300m se sont toujours soldées par des échecs.** Aux latitudes du Vakinankaratra, la culture de saison des pluies n'est possible actuellement qu'audessus de 1500m (cf. AnnexeIII).

Aptitudes culturales des sols :

Le tableau de la page suivante résume les aptitudes des différentes zones...

Age du volcanisme	Régions point d'essai	versant	altitude m	conditions climatiques	aptitudes culturales
ancien	**Ankaratra**				moyennes à médiocres
	Ambohimandroso	Est	1600	favorables	
	Arivonimano	Ouest	1500	risques de sècheresse en fin de culture	
récent	**Vakinankaratra**				bonnes
	Bétafo	Sud-Est	1500	favorables	
très récent	**Vakinankaratra**				très bonnes
	Tritriva	Sud-Est	1700	favorables	
	Itasy				médiocre
	Analavory	Sud-Ouest	1200	températures trop chaudes	

AU CAMEROUN

Localisation géographique : les Hauts Plateaux de l'ADAMAOUA (L=7°N - 1100 à 1400m) on été retenus pour y développer la culture de blé de saison des pluies. Cette région est essentiellement constituée par le socle granitique (précambrien) recouvert de coulées basaltiques récentes (quaternaire).

Qualité des sols : l'unité de paysage qu'offre les Hauts Plateaux de l'Adamaoua devait permettre l'exploitation en régie de plusieurs milliers d'hectares d'un sol rouge ferrallitique sur basalte ancien. Pauvre chimiquement, comme tous les sols de ce type, c'est surtout au point de vue physique que l'on peut craindre des accidents (risques d'instabilité structurale) après quelques cycles culturaux si on ne veille pas à maintenir un taux suffisant en matière organique

Facteurs climatiques : malgré l'implantation de la culture en zone relativement basse, les températures, à cette latitude (7°N), peuvent convenir aux exigences de la culture.
Par contre, le maximum pluviométrique centré sur le mois d'aout coincide avec la mise en place de la culture, rendant les travaux du sol très délicats.

Aptitudes culturales : Pris dans de bonnes conditions,ces sols présentent des potentialités acceptables. Des resultats en essais permettaient d'escompter des rendements de 25 quintaux par hectare en grande culture. Mais pour n'avoir pas respecté les impératifs agronomiques de base, essentiellement au point de vue de la défense des sols, **l'opération de développement à abouti à un échec** (cf.Annexe IV).

Thèmes étudiés :

On abordera successivement les thèmes suivants :

- *la fertilisation*
- *les techniques culturales*
- *le choix variétal*

Chaque thème étant développé proportionnellement à la somme des travaux qui lui ont été consacrés.

LA FERTILISATION

La méthode basée sur la fertilisation de redressement a marquée de son empreinte les travaux de la Recherche sur la culture du blé aussi bien à Madagascar qu'ultérieurement au Cameroun.

Le Défi lancé par les Agronomes de restaurer la fertilité des sols tropicaux a été relevé par l'équipe IRAM (Madagascar) suivant les principes établis par le professeur Chaminade : **recherche des carences minérales et correction par des fumures de redressement.** Cette méthode exposée au cours du Colloque International qui s'est tenu à Tananarive en 1967 a soulevé certaines critiques, dont la plus importante concerne la rentabilité des fumures préconisées.
D'autres solutions présentées par d'autres équipes de chercheurs en Afrique prenaient en compte la fertilisation organique (Md19).

C'est après le changement d'équipe intervenu en 1972 à Madagascar et suite aux conséquences dues au premier choc pétrolier en 1974, qu'Arrivets et Guis, au sein de l'équipe du FOFIFA* (Ravoavy et Ramalanjoana), réorienteront le thème de la remontée de la fertilité des sols vers **"l'économie maximale de la fumure minérale en la limitant autant que possible à la complémentation des ressources locales, organiques pour l'essentiel"** (cf. Annexe V).

Au Cameroun, l'intéret de la matière organique s'imposera de lui meme au cours des expérimentations, **tant pour la fertilité du sol que pour sa protection (stabilité structurale).**

Principaux travaux et résultats :

A MADAGASCAR :

La démarche de la 1ère équipe :

Le Colloque sur la fertilité des sols tropicaux (Md19) **avait consacré l'emploi quasi-obligatoire de la fumure de redressement comme préalable à la mise en valeur des Tanety.** La fumure préconisée sur défriche s'élevait à :

600 unités de P205 (sous forme d'Hyper-réno)
300 unités de K20 (sous forme de KC1)
100 unités d'azote
2000 Kg/Ha de Dolomie (chaux magnésienne)

La fumure d'entretien pour les cultures de blé suivantes était de :

100 unités d'azote
60 unités de P205
90 unités de K20

*FOFIFA : Centre national de la recherche agronomique malgache

Les essais :

La culture du blé a été expérimentée dans les différentes régions jugées aptes sur les points d'essais suivants :

Régions	Point d'essai	Altitude	Type de sol
Tananarive	Ampangabe	1200m	sur socle cristallin
Itasy	Sakay	1100m	idem
Ankaratra	Ambohimandroso	1500m	sur alluvions volcano-lacustres
Itasy	Analavory	1100m	sur volcanisme très récent
Vakinanka-ratra	Betafo	1600m	idem

Les essais ont porté :

1) sur des modifications de la fumure de redressement ramenée à : 300 unités de P2O5, 90 unités de K2O et 1 tonne de Dolomie à l'hectare.

2) sur des modification de la fumure d'entretien portée à :
100 unités d'azote, 90 unités de P2O5, 90 unités de K2O et 2 tonnes de Dolomie à l'hectare.

3) sur des doses croissantes d'azote de 0à200unités/Ha

4) sur des corrections de carence en oligo-éléments.

Les résultats :

Les premières tentatives de culture de blé en saison des pluies (campagnes 1969 à 1971) ont fait ressortir que les contraintes relevaient en premier lieu du **climat** (température liée à l'altitude), puis de **la fertilité naturelle** des sols

Type de sol	Socle cristallin	Alluvions vulcano lacustre	Volcanisme très récent
Altitude			
1100m	Sakay		Analavory
1200m	10q/Ha(1)		19q/Ha(1)
1500m	Ampangabe	Ambohimandroso	Betafo
1600m	8-12q/Ha(1)	22q/Ha(1)	29q/Ha(1)

(1)niveaux des rendements obtenus dans les différentes situations.

La fertilisation de redressement apparait indispensable quel que soit le lieu : les auteurs signalent qu'à Betafo, "deux essais mis en place sur de nouvelles parcelles qui n'ont pas reçu de fertilisation de redressement donnent des résultats sans intéret"(Md23).

Les essais de recherche de carence en oligo-éléments ont mis en évidence **l'effet positif du Bore** à la dose de 2,8 unités de Bore/Ha, spécialement à Ambohimandroso.

Au terme des essais de culture de blé en saison des pluies menés jusqu'en 1972, les auteurs concluent à " des résultats acceptables à Ambohimandroso et Bétafo ; il ne semble pas en etre de meme pour l'Itasy, le Sakay et Tananarive..... la fumure de redressement est indispensable"(Md23).

Le tableau ci-dessous rend compte des rendements obtenus avec différentes variétés dans les deux meilleures situations(en q/Ha).

Situation	Ambohimandroso		Betafo (1)	
	1971 (2)	1972 (3)	1971	1972
Catcher	33	33	16	24-25
Florence-Aurore	20	23	11	5 et 22
Romany	49	40	17	16 et 22
Tobari	39	31	13	6 et 8

(1) à Betafo, après application d'une fumure de redressement sur le précédent cultural et d'une fumure d'entretien sur la culture de blé.
(2) à Ambohimandroso en "ouverture" avec application de la fumure de redressement.
(3) à Ambohimandroso la 2ème année, avec une fumure d'entretien sur la meme parcelle qu'en (2).

La démarche de la 2ème équipe :

A partir des résultats concernant les "systemes de fumure"(Md45) Arrivets et col. ont réorienté les essais de fertilisation du blé vers deux thèmes :

1) **Fumure strictement minérale** avec **réenfouissement des résidus de récolte** pour limiter les exportations par la plante.

2) **Fumure organo minérale** avec exportation des résidus de récolte que l'on considère utilisés comme litière et/ou fourrage ; exportation compensée par un apport de 5 tonnes/Ha de "poudrette de parc" ***qui correspond à la pratique actuelle en paysannat***

Pour chaque thème, on étudie l'effet de l'apport cumulé d'année en année de doses vulgarisables d'engrais, soit seuls soit combinés avec des apports initiaux élevés .

Pour respecter l'alternance des cultures, la fertilisation blé est étudiée dans le cadre de la rotation Soja-Blé avec un mais en 1ère année.

Les essais :

Le tableau suivant dresse par point d'essais l'inventaire des thèmes étudiés.

Points d'essais	Types de sols	Aptitude culturale d'après RAUNET	Essais - fertilisations - campagnes 79 - 80 80 - 81
Manjakandriana	ferrallitique très désaturé évolué sur socle	mauvaise hors de la zone retenue par RAUNET	Factoriel à 3 niveaux Fertilisation minérale : 0; Niveau 1; Niveau 2 - Fumure organique : 0- 15T- 30T/ha de fumier
Ambohimandroso	ferrallitique très désaturé évolué sur basalte ancien voir annexe	moyenne à médiocre	Essai type soustractif - 0 - 1 résidus de récolte Essai factoriel - Niveau 1-2 Fumier
Betafo	sur volcanisme récent voir annexe	bonne concurrence avec les cultures vivrières	Essais courbes de réponses N - P - K
Analavory	sur volcanisme récent	médiocre bonne fertilité du sol températures trop chaudes	Essais courbes de réponses N - P - K

Les points d'essais pris dans une fourchette d'altitude compatible avec la culture, ont été retenus pour leur représentativité des différentes situations pédologiques :

1) **les sols évolués sur socle :** extremement pauvres, ils sont les plus importants en superficie sur les Hauts Plateaux.

2) **les sols évolués sur volcanisme ancien (basalte) :** riches en argile et en matière organique, ils représentent de vastes surfaces dans l'Ankaratra et le Vakinankaratra qui conviendraient bien à la culture du blé.

3)**les sols sur volcanisme récent** sont les sols qui conviennent le mieux à la culture du blé, mais leur superficie est réduite et ils sont déjà occupés par les cultures vivrières.

L'approche de l'équipe Arrivets a été de substituer à une fumure de redressement à apporter en bloc, quelle que soit la localisation , des fertilisations adaptées aux différentes situations : types de sol, successions culturales - soja et mais ont été retenus dans les rotations avec le blé.

Les résultats :

Le tableau ci-dessous présente les résultats des deux premières campagnes réalisées par la 2ème équipe :

Localisation	Manjakan-driana	Ambohiman-droso	Analavory	Betafo
Altitude	>1400m	1600m	=>1200m	1600m
Type de sol	sur socle cristallin	volcanisme ancien	volcanisme récent	
1ère année	blé<5q/Ha	mais=20q/Ha	blé=8q/Ha	mais=60q/Ha
2ème année	mais=77q/Ha	blé=4-7q/Ha	mais=90q/Ha	blé=20q/Ha

Interprétation-Conclusion :

Tirer des enseignements des deux premières années d'expérimentation du FOFIFA serait prématuré, néanmoins il se dégage les points suivants :

1)les résultats confirment **la bonne aptitude culturale des sols évolués sur volcanisme récent**, dès la première année, alors qu'à Ambohimandroso les rendements en "ouverture" sont faibles : "effet défriche" ?
Nous tirerons le meme enseignement de Manjakandriana, en regrettant l'absence de mais en 1ère année.

2)les résultats de la 2ème année, alors qu'ils sont bons pour le mais et le soja, **restent très bas pour le blé**, exception faite de Betafo.

De ces constatations il ressort que : le mais peut etre considéré ici comme **une plante test en regard de la fertilité du sol** d'autant mieux que la "variété"383 utilisée est **une population locale bien adaptée aux conditions climatiques** ;

dans cette optique, les résultats plus que modestes obtenus avec le blé comparativement au mais relèverait en grande partie d'une mauvaise adaptation de la culture ; et partant , que la fertilisation ne parait pas etre le facteur explicatif des bas rendements du blé, à moins d'une **carence spécifique non identifiée.**

Empruntons à Arrivets les conclusions tirées du point d'essai d'Ambohimandroso concernant la fumure d'un sol ferrallitique très désaturé sur défriche :

> "Les rendements en blé sont très faibles, meme compte tenu de l'*effet défriche*. Il faut espèrer **une amélioration du coté variétal.** Par contre, les deux termes du binome mais-soja, d'ailleurs très classiques, sont bien adaptés.
> En fumure strictement minérale il est indispensable d'apporter à la fois du Phosphore, de la Potasse et de la Dolomie plus de l'azote sur le mais. Sauf pour le Phosphore les doses moyennes ont donné des résultats pratiquement égaux à ceux des fortes doses.
> **L'effet défriche parait moins grave quand on apporte du fumier la première année.** Notons que cette situation de carences multiples du sol est idéale pour une utilisation maximale de la fumure organique, par essence complète (bien que pas toujours "équilibrée" conformément au besoins des cultures). Si on ne dispose que de 5 tonnes de "poudrette" pour un hectare de défriche, il suffit d'y ajouter du Phosphore (selon les possibilités financières) et des doses très faibles de Dolomie et de Potasse (peut etre 100 à 200 Kg de Dolomie et 50 Kg de KCl), ainsi qu'un complément de fumure azotée (100 à 150 Kg d'Urée à la montaison ou à la floraison).
> Dans les deux cas, avec ou sans fumier, l'apport de Phosphates est indispensable et sa rentabilité est excellente, immédiatement pour la dose la plus faible, de façon plus étalée pour la dose de "redressement".
> En grande culture mécanisée, coopératives, fermes d'Etat, etc..., sans fumier le plus souvent, l'apport de la dose de redressement parait logique. Les rendements sensiblement plus élevés dès la première année permettant un meilleur amortissement du matériel.
> En culture paysanne manuelle, avec un peu de fumier en général, le choix dépendra des disponibilités financières de l'agriculteur et du prix, plus ou moins subventionné, des Phosphates (apport initial moyen : 200 Kg/Ha d'Hyper-reno)".

EN RESUME : Sur les sols évolués sur volcanisme récent, une fertilisation d'entretien est suffisante dès la 1ère année de mise en valeur.

Sur les sols évolués sur volcanisme ancien, et à fortiori sur socle cristallin, sous réserve de confirmation des résultats déjà obtenus :

1)le Phosphore apparait le pivot de la fertilisation et des doses élevées sont à recommander.

2)l'effet dépressif de la défriche pourrait etre atténué, sinon supprimé par des apports initiaux de fumure importants.

3) les déficiences de ces sols en K, Ca, Mg, peuvent etre corrigés par des apports modérés de Dolomie et de Chlorure de Potassium.
"Cela va contre les idées traditionnelles en ce qui concerne le chaulage (apport de Dolomie) mais dans le sens des résultats obtenus ces dernières années sur des sols analogues :ultisols et oxisols en Amérique du Sud : il n'est pas nécessaire de relever systèmatiquement le Ph au dessus du seuil où l'ion Al+++ toxique précipite"(Md5).

AU CAMEROUN :

La démarche :

Les très mauvais résultats (4q/Ha en moyenne sur 1000 Ha) obtenus sur les Hauts-Plateaux de l'Adamaoua par la Sodéblé, obligèrent à reconsidèrer la pratique de cette culture, et orientèrent les recherches particulièrement sur la fertilisation.
L'analogie des situations, et les espoirs d'alors mis dans l'usage de la fertilisation de redressement conjugués aux impératifs d'une culture industrielle (rentabilisation rapide des investissements) amenèrent tout naturellement **à transposer au Cameroun la démarche suivie par l'I.R.A.M.**

Les thèmes et les résultats :

Les premiers essais mis en place ont révélé une carence grave en Phosphore dans ces sols acides, identifiée par ailleurs par les analyses de sol (Annexe) et les observations au champ (C9).

Ces premiers résultats orientèrent tout naturellement les travaux sur la fertilisation vers des essais de réponses à des doses croissantes en P2O5 et en CaO, l'objectif étant de **fixer à brève échéance le niveau de la fumure de redressement.**

Par ailleurs, d'autres essais ont porté sur la forme des Phosphates, leur mode d'apport et l'utilisation combinée de Chaux et de matière organique.
Ces essais ont mis en évidence(C7) :
1)une action éphémère de la fertilisation de redressement, meme en présence de Chaux .
2)un effet favorable, meme à dose faible, d'un apport annuel d'engrais phophaté soluble.

Face à ces résultats peu satisfaisants tant au point de vue économique que technique, c'est une contrainte d'ordre culturale qui a permis fortuitement d'améliorer en partie cette situation : un essai combinant P205 et CaO à différentes doses, avait été semé en soja en premier cycle ; dans l'impossibilité de le récolter (pluviometrie trop abondante) il fut enfoui comme engrais vert. Les expérimentateurs constatèrent alors,"que le précédent soja-engrais vert avait joué un grand role "(C'7)

Le tableau ci-après est révèlateur de cet effet favorable :

année	1977		1978		1979	
Tmt.	Fumure	Kg/Ha	Fumure	Kg/Ha	Fumure	Kg/Ha
1	0	172	0 + SEV*	117	0 + SEV*	1420
2	240 P205 + 1000 CaO	1426	260 P205 + SEV	632	0 P205 + SEV	2248
3	**		**		**	
4	**		**		**	
5	**		**		**	
6	240 P205 + 4000 CaO	1435	260 P205 + SEV	1117	3000 P205 + SEV	2110

* dose de redressement apportée en Avril au semis du soja;
** doses croissantes de CaO(1977), de P205(1979).
SEV : soja engrais vert.
P205 sous forme d'hyper-réno.

Interprétation - Conclusion :

Il apparait en premier lieu que les rendements **plafonnent à 25q/Ha** en essais, quel que soit leur objet ; que **des apports massifs de P205 et de CaO n'améliorent en rien cette situation.** Par contre, on peut substituer à ces apports massifs d'engrais, des enfouissements de matière organique permettant d'obtenir des niveaux de rendement voisins, sinon meilleurs.

Les auteurs en viennent à recommander cette pratique :

"le moyen le plus rapide et le moins cher actuellement pour la récupération des sols ferrallitiques sur basalte ancien de l'Adamaoua pour le besoin d'une agriculture en général et la culture du blé en particulier passe par **l'apport constant et régulier de la matière organique".**

D'autre part, des essais doses d'azote n'ont donné aucun résultat positif.

CONCLUSION GENERALE SUR LA FERTILISATION DU BLE DE SAISON DES PLUIES

Ce qui frappe en premier lieu, **c'est la concordance des résultats auxquels ont aboutis les expérimentateurs en partant de deux hypothèses différentes** : à Madagascar, l'équipe Arrivets s'était fixée l'utilisation de la matière organique en milieu paysan, pour **des raisons économiques** ; au Cameroun, ce sont **les faits expérimentaux** qui ont imposé l'emploi de la matière organique, malgré les espoirs fondés sur la fertilisation de redressement pour obtenir le plus rapidement possible des niveaux de production satisfaisants permettant d'assurer la rentabilité des investissements.
Les conclusions auxquelles aboutit Birie-Habas* se font l'echo des propositions d'Arrivets : "D'après les résultats de 1978, l'hypothèse de la possibilité d'un redressement de la carence phosphoréee par des apports massifs d'engrais ou de relèvement du pH par le chaulage, ne se vérifie pas. Par contre, il ressort que les problèmes de fertilité du sol sont liés au maintien dans ce sol **d'un taux convenable en matière organique**".

Il importe de souligner ici que **le mais a donné de bons résultats** (60q/Ha) sur les terres de la Sodéblé avec **des fumures raisonnables.** Ces résultats, en conformité avec ceux de Madagascar et compte tenu du fait que le mais est une plante bien adaptée **aux conditions locales et exigeante en regard de la fertilité** nous forcent à croire que ***la réussite de la culture du blé tient autant sinon plus aux améliorations relevant des techniques culturales qu'au "peaufinage" de sa fertilisation minérale***

Enfin, nous pensons que le role de la matière organique mériterait d'etre approfondi au niveau de ses actions sur la micro-flore, le complexage d'ions...

*Etat actuel des recherches agronomiques à la Sodéblé. Mission d'évaluation. Birie-Habas (1979).

LES TECHNIQUES CULTURALES

Les techniques culturales s'entendent ici comme l'ensemble des moyens à mettre en oeuvre pour lever :

1) **les contraintes d'ordre pédo-climatiques :** débouchant sur des propositions *de calage des cycles.*

2) **les contraintes d'ordre biologiques :** concurrence entre plantes, défense des cultures pour *l'optimisation du rendement dans un milieu donné.*

3) **les contraintes liées aux facteurs humains** que déterminent *le mode de production.*

On verra que ***le mode de production*** est à prendre en compte à chaque étape du choix des techniques à proposer pour l'établissement du calendrier cultural ; à cet égard, les travaux menés au Cameroun et à Madagascar sont complémentaires. A Madagascar,il s'agit de développer une culture en paysannat alors qu'au Cameroun,l'option retenue est celle d'une culture entièrement mécanisée de type industriel.

Nous traiterons simultanément les résultats obtenus dans les deux pays.

Contraintes, Essais et Résultats

Les contraintes pédo-climatiques (cf.diagrammes Annexe III) :

la pluviometrie : Cultivé à une altitude convenable pour répondre aux exigences thermiques, c'est **la pluviometrie** par sa durée (ici 6 mois) et sa répartition de type unimodal qui apparait **la contrainte climatique** la plus importante sous ces latitudes :

*à *l'implantation de la culture*, particulièrement en production mécanisée, où des manifestations d'érosion ont été observées en grande culture à la Sodéblé.

*à *la floraison*,où la violence des pluies et leur durée nuit à la fertilité de l'épi.

*à *la récolte* qui pour garantir une bonne conservation du grain, oblige à moissonner **hors pluie.**

A priori, une saison des pluies de 6 mois, autorise deux cycles de culture :

1er cycle : culture de saison des pluies.

2ème cycle : culture de fin de saison des pluies.

Au Cameroun :

Des essais "dates de semis" réalisés en 1976, montraient que seule la culture de deuxième cycle était possible :

variété		Chris-Sénégal	Mexipack	Sonalika	Jupateco
Date de semis					
30/04	Rdt*	10,2	2,0	1,3	0,0
	Pds1000 grains	12g	20g	23g	18g
25/08	Rdt*	33,4	7,2	21,6	16,3
	Pds1000 grains	32,2g	19,3g	41,8g	30,9

* Rdt = Rendement en quintaux par hectare (q/Ha).

Les autres variétés testées (27 variétés) ont donné des rendement inférieurs à 10 q/Ha en premier cycle ; en deuxième cycle, la dispersion des rendements obtenus traduit l'importance **de l'adaptation variétale.**

A Madagascar :

Différents essais ont montré **qu'il est techniquement possible de produire du blé pendant les deux cycles.**

Par ailleurs, sur le point d'essai d'Arivonimamo, pendant la campagne 1980-1981, un essai **"dates de semis"** (9 dates) couvrant la période du 1er décembre au 31 mars suivant, conduit **avec trois variétés à cycles différents** a donné des rendements médiocres (<5q/Ha) à l'exception **des semis de la 1ère quinzaine de décembre** (15q/Ha) et de **la période du 15 février au 15 mars** pour lesquels le rendement n'a pas été déprimé (>10q/Ha) soit par :

- l'effet néfaste d'une pluviométrie excessive pendant la floraison des semis de fin décembre à fin janvier.
- un déficit hydrique au cours de la phase de remplissage du grain des semis tardifs de fin mars.

Dans des zones où l'humidité de l'air reste une grande partie de l'année au-dessus de 85%, les conditions précaires de conservation des récoltes conduisent en paysannat à n'envisager la culture du blé qu'en deuxième cycle. Le grain sera alors récolté dans des conditions d'humidité permettant son stockage temporaire (H2O%<14).

Les températures : Alors que la contrainte pluviométrique pèse notamment sur l'environnement (érosion, difficultés de mise en place de la culture, fortes humidités...), les températures ont une action directe sur le développement du blé.

Au cours de celui-ci, certaines phases conditionnent directement le rendement : il en est ainsi de la phase d'initiation florale (stade D,F - Annexe) au cours de laquelle "s'élabore" la fertilité de l'épi. L'espèrance d'un bon rendement passe par le respect des exigences thermiques de la culture ; ainsi pour la phase d'initiation florale :

- une température moyenne journalière comprise entre 17 et 30° et une amplitude jour-nuit supérieure à 12° sont requisent.

Bien que sur **les Hauts Plateaux de l'Adamaoua**, les maxima ne dépassent pas 30° et les minima restent inférieurs à 16° pendant toute la saison de culture, Grignac (C6) met au compte de **la brièveté de la phase d'initiation florale** due aux "températures élevées", la faible fertilité des épis de la plupart des variétés observées (15 à 26 g/1000 grains au lieu de 40). De plus, **l'amplitude jour-nuit parait limite** mais s'accroit avec la tardiveté des semis et Monthe( ) mentionne pour les semis du 1er au 15 aout une augmentation du nombre de grains, de leur grosseur, et de fait du rendement pour les semis tardifs. De meme après deux campagnes d'essais (1975&1976), Birie-Habas note que :

- le nombre de grains par épi est maximum pour les semis du 15 aout et du 1er septembre pour les variétés tardives.
- le poids de 1000 grains est toujours très faible pour les semis précoces. Il est maximum pour les semis du 1er au 15 septembre pour les variétés précoces, et pour les semis du 15 aout au 1er septembre pour les variétés tardives.
- le cycle des variétés parait plus court en semis précoces (difficultés de bien déterminer la date de maturité en période humide?) et tardifs (sècheresse).

Ici les températures "élevées" rendent compte d'une mauvaise localisation de la culture : altitude insuffisante (1400m) compte tenu de la latitude du lieu (L=7°N).

A Madagascar, dans le Vakinankaratra, les zones comprises entre 1500 et 1800m satisfont aux exigences thermiques du blé. A ces altitudes, les amplitudes thermiques restent limites (10-11°) pendant la période d'initiation florale et vont diminuant de janvier à mars ( ). Aux altitudes supérieures, on peut redouter une réduction de la fertilité de l'épi due aux minima inférieurs à 13°. On regrettera qu'à notre connaissance, aucune étude n'ait été entreprise sur ce thème.

Durée du jour et Ensoleillement : Aux latitudes considérées, la photopériode est courte et rend obligatoire l'emploi de **cultivars apériodiques** (cf. Annexe VI).
Les fortes précipitations réduisent considérablement l'insolation. Grignac fixe à 8 heures le seuil en deça duquel les pertes par respiration l'emportent sur l'assimilation chlorophylienne, entrainant une chute de rendement.
Ces faibles insolations sont d'autant plus préjudiciables qu'elles se situent pendant les phases de floraison et de remplissage du grain.

Sur **les Hauts Plateaux de l'Adamaoua**, les durées d'insolation excluent la culture du blé en premier cycle de saison des pluies ; la période la plus favorable sur le plan de l'ensoleillement étant comprise entre les mois de novembre et février.

Les résultats négatifs enregistrés dans les essais "Densité de semis" pourrait relever du facteur insolation. Birie Habas note : "On ne trouve aucune influence de la densité sur les rendements, **les meilleurs rendements sont obtenus avec des variétés à gros grains.**

A Madagascar, l'insolation varie selon la localisation par rapport au massif de l'Ankaratra : elle est plus importante sur le versant occidental. Au vu des diagrammes, le déficit est particulièrement net en février et justifie de caler la phase de floraison en dehors de cette période défavorable.

Evaporation : Ce facteur est particulièrement important au stade "remplissage du grain". Grignac fixe à 6mm/jour la demande audessus de laquelle on peut craindre un échaudage.

Au Cameroun, l'évaporation excessive (8mm/jour) du mois de novembre peut expliquer la faiblesse des poids de 1000 grains observés sur toutes les variétés (<40g).
A Madagascar, l'évaporation reste dans une fourchette favorable à la culture du blé tout au long de l'année dans la zone des Hauts Plateaux.

Les facteurs liés au sol et les facteurs biologiques étant interdépendants, nous les traiterons par Pays :

Au Cameroun :

L'étude, des paramètres climatiques a montré que sur les Hauts Plateaux de l'Adamaoua les meilleures conditions pour le blé sont regroupées pendant la saison sèche, exception faite du facteur hydrique naturellement. En saison des pluies, les exigences de la culture sont au mieux satisfaites **en calant la floraison sur les dernières pluies**, ce qui assure une récolte "hors pluie". Cette recommandation se trouve favorisée ici par :

- l'établissement d'une saison sèche bien marquée avec arret brutal des pluies.
- une bonne réserve en eau des sols utilisable après l'arret des pluies. Cette réserve en eau utile pourrait etre accrue par l'effet positif du labour qui favorise la profondeur d'enracinement (C1).

Cependant, du fait de la longueur des cycles des variétés disponibles, caler la floraison sur les dernières pluies revient à effectuer le semis entre le 15 aout et le 15 septembre **pendant le maximum pluviométrique.**

Les pluies excessives qui s'abattent à cette période ont soulevé des problèmes insolubles en grande culture **du fait des techniques adoptées (mécanisation) et des objectifs fixés (40000Ha).** Elles sont à l'origine de **l'échec de l'opération Sodéblé** (cf. Annexe VII).

Pour adapter la culture du blé aux contraintes pédo-climatiques, la Recherche s'est trouvée confrontée au double problème de la **protection du sol** (sur un périmètre de 40000Ha (cf. Annexe IV) et de **l'implantation d'une culture très mécanisée.**

De plus, pour mettre à profit la longue saison des pluies, on avança que deux cycles de culture par an rentabiliseraient mieux les investissements ; ainsi, différentes rotations furent expérimentées avec le blé en deuxième cycle. Après quelques essais portant sur des productions grainières en premier cycle, il fut admis que **les fortes pluies de juillet et aout** poseraient des problèmes de récolte et de sèchage, et l'on remplaça la culture de 1er cycle par **une culture de soja engrais vert.**

Préparation du sol

Pour satisfaire à cette double culture, des essais**"mode de préparation du sol"** furent mis en place pour rendre compte des possibilités pratiques de ce **calendrier "serré"** (voir tableau).
De ces essais il ressortait :

au niveau de la culture de 1er cycle (soja-grain, mais)
1) Effet positif du labour par rapport au pseudo-labour.
2) Effet négatif du sous-solage.

au niveau de la culture de 2ème cycle (blé).
1) Effet positif du labour par rapport au pseudo-labour.
2) Sous-solage sans effets.
3) Précèdent sojà très supérieur au précèdent mais (Rendement Blé : 23q/Ha contre 16q/Ha).

au niveau des observations des profils culturaux
1) Le sous-solage ne laisse aucune trace (observation déjà faite précèdemment).
2) Effet positif du labour sur l'enracinement : les racines se concentrent préférentiellement autour des pailles enfouies et partiellement décomposées.
3) L'usage du pulvériseur léger a peu compacté le sol.
4) On observe un tassement net au niveau du passage des roues du tracteur, avec un effet dépressif sur l'enracinement.
5) Le travail uniquement aux disques, créé des zones d'hétérogènéités plus où moins compactes, ayant une incidence sur la densité racinaire.

De ces constatations, on dégagea le calendrier cultural suivant :

Cycle	Façons culturales	Culture
1er cycle	Pseudo-labour*	Soja engrais vert
2ème cycle	Labour (charrue à socs)** + Pulvériseur léger ***	Blé

*travail salissant. ** favorise l'enracinement (>1m).
*** lutte contre les adventices.

Grignac dans son rapport de mission (C6) met en garde contre les obstacles que peut soulever en grande culture ce calendrier cultural sur les points suivants :

1) une levée délicate du blé à cause :

a) de la médiocrité des travaux de préparation du lit de semence qui doivent etre exécutés sur une courte période avec des moyens importants peu compatibles avec une exécution soignée (pourtant primordiale pour la réussite de la culture).

b) de l'importance des pluies entrainant, si elles surviennent juste après le semis, un glaçage du sol et l'asphyxie des plantules.

2) des risques d'érosion pouvant entrainer complètement le lit de semence avant enracinement correct des plantules.

3) l'intervention délicate du désherbage en prélevée contre les graminées et les cypéracées.

Les contraintes biologiques :

Nous traiterons ici de la concurrence entre plantes et de la protection de la culture.

La concurrence entre plantes peut etre mise en évidence par des essais densité de semis. De tels essais nous apparaissent intéressant pour juger globalement de l'adaptation d'une culture à un milieu donné.

Nous illustrerons ceci par un essai conduit aux densités de 100,150 et 200 Kg/Ha avec deux variétés : Sonalika et Chris-Sénégal.

Semée à la "bonne date" avec une fertilisation importante (120N-300P-60K) et protègée par une lutte antiparasitaire intensive (17 traitements fongicides et 6 traitements insecticides), on constate que :

1)les rendements ne sont pas affectés par les densités : Sonalika = 21q/Ha, Chris-Sénégal = 17q/Ha - les rendements obtenus correspondent à ceux obtenus sur l'ensemble des essais.

2)le nombre d'épis au m2 augmente avec la densité.

3)le poids de 1000 grains est relativement constant pour Chris-Sénégal alors qu'il **baisse pour Sonalika lorsque la densité augmente.**

L'auteur note à propos de cet essai : "il semble qu'un facteur limitant très contraignant domine les facteurs du rendement. Il peut s'agir d'un seul facteur maladie ou de la combinaison d'un facteur maladie et d'un facteur nutrition minérale à déterminer".

Dans les conditions de l'essai, lorsque des compensations entre les facteurs du rendement se manifestent pour des rendements aussi modestes, nous pensons qu'il s'agit d'une mauvaise adaptation globale de la culture au milieu donné relevant du choix variétal.

On rappellera ici que l'étude des facteurs climatiques (p22)de la région de l'Adamaoua concluait de la meme manière à une mauvaise adaptation de la culture de blé pour la saison des pluies.

Protection des cultures :

En saison des pluies, le parasitisme constitue un des freins essentiels au développement de la culture du blé en zone intertropicale. Le mode d'exploitation retenu par la Sodéblé passait obligatoirement par l'emploi généralisé de pesticides.
Les principaux parasites observés sur le blé et les résultats des traitements anti-parasitaires sont reportés dans l'annexe .

Nous retiendrons ici :

Lutte anticryptogamique :

- effet positif du traitement des semences avec un des produits courants du commerce.
- en culture, seul Grex (manèbe + Benomyl) a donné des résultats (traitement à la montaison à raison de 3kg/Ha).

Lutte contre les adventices :

Birié-Habas fait remarquer qu'après de nombreux pseudo-labours, l'envahissement par les mauvaises herbes est à dominance de graminées.

Grignac souligne ( ) l'intervention délicate que représente le <u>désherbage en prélevée</u> contre les graminées et les cypéracées.

En complément des herbicides, Birié-Habas recommande le déchaumage de saison sèche et le labour à la charrue à socs (à 30 - 35 cm).

Lutte contre les insectes :

L'incidence des attaques d'insectes sur les rendements du blé parait actuellement secondaire.

A Madagascar

Dans ses fiches signalétiques (Md17) Guis rend compte de l'état d'avancement des travaux de la Recherche (IRAT, FIFAMANOR ,FOFIFA) sur le Blé jusqu'en 1978. Peu de résultats concernent les techniques culturales comme le montre le tableau de la page suivante :

Régions	Choix des sites	Précèdents culturaux	Préparation du sol	Date de semis
Antsirabe	Eviter les sols engorgés et à pH 5 Favorable à pH 6	Pomme de Terre et Légumineuse à graines recommandée	Aucun essai Recommandé : enracinement profond bonne nutrition minérale tolérance sècheresse.	Favorable fin Janv. risque de rouille augmente avec précocité du semis.
Tananarive	-----	aucune mention	----------	du 10/01 au 15/02
Moyen Ouest	très peu de résultats de la Recherche ; il est fait mention de culture de Blé traditionnelle sur des surfaces parfois importantes.			

Contrairement au Cameroun, les préoccupations d'alors étaient essentiellement d'ordre agro-chimique (remontée de la fertilité des sols) ; ce qui est aisé à comprendre étant donné le mode de production en paysannat où en effet, les problèmes d'implantation de la culture et les risques érosifs sont ici minimisés : petites parcelles, faible puissance de travail, faible profondeur de labour, **bonne connaissance du terroir**, main d'oeuvre disponible pendant les périodes de pointes.

Par contre, s'agissant d'une culture nouvelle, il convenait de mettre au point des techniques appropriées aux exigences de la culture et en relation avec le niveau de technicité du paysannat local à savoir :

- choix des zones favorables.
- place du blé dans les rotations "traditionnelles".
- techniques culturales.

Le choix des zones favorables :

Dans son étude (Md21) concernant les aptitudes des régions des Hauts Plateaux à la culture pluviale du Blé, Raunet associe aux facteurs pédo-climatiques les contraintes humaines ; le tableau suivant rend compte de cette étude :

REGIONS	CLASSES D'APTITUDES		CLIMAT	QUALITE DES SOLS	RELIEF D'ENSEMBLE	SUPERFICIE TOTALE Ha	ESTIMATION DE LA "SURFACE UTILE" %	Ha	ESTIMATION DE LA "SURFACE LIBRE" PAR RAPPORT A LA "SURFACE UTILE" %	Ha
TRITRIVA	1	TRES BONNE	TRES BON	++++	--	1350	75	1000	0	0
BETAFO	2	BONNE	ASSEZ CHAUD	++++	--	4500	50	2150	0	0
Ouest ANTSIRABE	3	BONNE	TRES BON	++++	--	18000	75	13500	0	0
AMBATOMADINIKA	4	MOYENNE	TRES BON	++++	+++	8500	25	2000	0	0
Moyen ANKARATRA	5	MOYENNE	TRES BON	+++	--	78000	60	47000	50	23500
Bas ANKARATRA	6	MOYENNE A MEDIOCRE	MOYEN A BON	--	-	140000	75	105000	50	52500
BASSINS VOLCANO-LACUSTRES	7	MOYENNE A MEDIOCRE	BON	--	0	52000	60	32000	50	16000
ITASY	8	MEDIOCRE	CHAUD	++++	--	30000	20	6000	0	0
Haut ANKARATRA	9	MAUVAISE	TROP FROID	-	++++	50000	10	5000	100	5000
SOCLE PENTES FAIBLES	10	MAUVAISE	BON A L'EST CHAUD A L'OUEST	-	--		60		60	
SOCLE PENTES FORTES	11	TRES MAUVAISE		-	++++		30		60	
CUVETTES HYDROMORPHES	12	NULLE	BON	0	0	9100	0	0	0	0
RELIEFS ROCHEUX	13	NULLE	BON	0	+++	63400	0	0	0	0

Qualité des sols

0	très mauvaise
-	mauvaise
--	médiocre
---	moyenne
++++	bonne
+++++	très bonne

Relief d'ensemble

0	reliefs plats	(pente 2 %)
-	" peu accidentés	(jusqu'à 10 %)
--	" assez accidentés	(" 20 %)
---	" accidentés	(" 40 %)
++++	" très accidentés	(" 60 %)

APTITUDES REGIONALES A L'INTRODUCTION DU BLE PLUVIAL DANS LA REGION ANKARATRA-VAKINANKARATRA-ITASY

Cette étude a permis de circonscrire en premier lieu les opérations de développement de la culture du blé de saison des pluies **aux zones du Moyen et du Bas Ankaratra** ; puis de l'étendre aux bassins vulcano-lacustres et au secteur du Haut-Ankaratra (altitude >2000m). Les régions les plus favorables (aptitude 1 à 4) au point de vue sol correspondent **aux zones de production vivrières à forte densité de population** pour lesquelles le blé, compte tenu de son faible niveau de production, **ne peut se substituer, en dehors d'une politique incitative ruineuse et défavorable**, aux productions traditionnelles servant à l'approvisionnement en nourritures de base : le blé étant cultivé ici à des fins industrielles et non d'auto-consommation.

Dans ces conditions, cette spéculation s'adresse en premier lieu aux exploitants désireux de diversifier leur production dans le cadre d'une agriculture de marché. On rencontre dans le Moyen et Bas Ankaratra, région à faible densité de population et où l'on trouve de nouvelles terres à mettre en valeur, ces conditions favorables.

Les rotations culturales :

L'objet était de tester différents précédents au blé afin de :

- controler le parasitisme.
- économiser la fertilisation sur le blé.
- effacer le plus rapidement possible "l'effet défriche".

Celton (Md14) mentionne des attaques graves de nématodes après pommes de terre ou haricots à Ambohimandroso ; néanmoins, en se référant à Bocquet (Md28) il recommande les rotations haricot - blé ou pomme de terre - blé pour la région d'Antsirabé.

Les essais de fertilisation ont été conduits, eux, sur le binome soja-blé. Pour mettre à profit la durée de la saison des pluies, des essais de double culture ont été implantés avec un haricot en 1er cycle. Ils ont montré la nécessité de recourir à des variétés précoces au risque d'utiliser le haricot.....en engrais vert avec un effet positif sur le blé.

Les techniques culturales :

Dans son rapport "Evaluation de la Recherche Agronomique sur le Blé à Madagascar" Celton (Md14) signale que les techniques de préparation du sol et leurs influences sur le rendement n'ont pas été étudiées, pas plus que l'emploi des herbicides.C'est à partir de 1979 que l'accent a été mis sur ces problèmes et peu de résultats sont disponibles actuellement après deux campagnes (79-80 et 80-81).

La préparation du sol :

Dans leur synthèse (Md8) Bozza et Guis rendent compte de l'incidence de l'état structural du sol sur la végétation du blé, et en premier lieu sur <u>son enracinement</u> : un sol rappuyé étant favorable.
Les auteurs regrettent par ailleurs, de n'avoir pu comparer différents types de préparation du sol faute de matériels. Ils ont constaté cependant que la localisation de l'acide phosphorique sous forme de D.A.P n'avait pas d'effet positif sur l'enracinement.

Les densités de semis :

Pour pallier les faibles rendements, il est d'usage de recommander (Md14) des densités de semis plus importantes pour atteindre 400 à 600 épis par m2.
Des essais multilocaux conduits sur ce thème ont donné des fluctuations de rendement importantes (de 5 à 25 q/Ha) suivant les conditions, permettant la conclusion suivante : **les densités les plus élevées produisent toujours les rendements les plus faibles.**

Protection des cultures :

Bien que relèguée actuellement au second plan du fait de l'importance limitée de la culture et de **son caractère dispersé**, la difficulté du maintien de conditions phytosanitaires favorables (controle des adventices, lutte contre les rouilles) **constitue en paysannat**, un des freins les plus importants au développement de la culture du blé de saison des pluies en paysannat.

Avant de conclure sur les techniques culturales, nous voudrions mettre l'accent ici sur **le jaunissement du blé** (cf. Annexe VIII) en cours de culture. Observé aussi bien sur les Hauts Plateaux malgaches que sur l'Adamaoua, les expérimentateurs dans ces deux régions reconnaissent à ce phénomène la capacité à causer de graves dégats pouvant conduire à l'anéantissement total de la culture. Nous mentionnons ce phénomène à dessein au chapitre des Techniques culturales car il a trop souvent été assimilé à des carences minérales, négligeant ainsi d'autres hypothèses :

1) d'ordre culturales : implantation de la culture, engorgement du sol, potentiel rédox trop bas...
2) d'ordre variétale : adaptation variétale.
3) d'ordre biologique : microflore, utilisation de la matière organique.

*
***
*

CONCLUSIONS SUR LES TECHNIQUES CULTURALES

Les Techniques culturales représentent *les moyens à mettre en oeuvre pour exploiter au mieux un milieu donné par une culture donnée.*

L'étude comparée des exigences du blé et des facteurs du climat a mis en évidence l'importance de ces derniers pour le blé : définition des contraintes culturales (dates de semis, rotation, ...).

Les Techniques culturales dont l'objet est de répondre à ces contraintes,doivent prendre en compte :1) le niveau de production régional de la culture proposée, pour définir le niveau d'intensification.
2) la "fragilité" du milieu pour la conservation des sols.

C'est pour n'avoir pas tenu compte de ces deux impératifs que *la Sodéblé à échoué au Cameroun.*

En se basant sur le niveau de production régional de 13q/Ha pour le blé de saison des pluies dans les pays voisins (en fait, les rendements oscillent de 46q/Ha au Zimbabwe (sur 40000Ha) à 5q/Ha au Cameroun (sur 2000Ha)*) et sur les rendements en essais (de 20 à 30q/Ha pour Madagascar et le Cameroun), on peut estimer à **15q/Ha** le niveau de production en milieu réel pour ces deux pays.

*CIMMYT 1983 - World Wheat Facts and Trends.

Il apparait d'emblée que l'option technique retenue par la Sodéblé est économiquement incompatible avec le potentiel de production alors que 15q/Ha peuvent satisfaire le paysan malgache.
En fait, si le niveau de 15q/Ha peut etre grandement dépassé, en bonnes conditions à Madagascar, des rendements supérieurs à 35q/Ha ayant été obtenus par un agriculteur d'avant garde du Moyen Ankaratra, il n'est pas en passe de l'etre à la Sodéblé en grande culture (5q/Ha en moyenne en 1982!).

Cette différence s'explique aisément par la bonne connaissance de son terroir qu'a le paysan malgache qui prend en considération "la fragilité" de son milieu, alors que **la SOMDIAA, étrangère au milieu**, a mal évalué les problèmes dans au moins deux domaines : - la défense et la conservation des sols.
- le niveau d'intensification de la culture.

Au niveau de la défense et la conservation des sols : "il apparait que le facteur principal du mauvais rendement du blé dans l'Adamaoua pouvait etre la disparition de la matière organique par un mauvais management des sols associé à l'érosion pluviale", nous dit Birie-Habas *.
Au niveau de l'intensification de la culture : on a privilégié un souci de "productivité" au détriment des normes d'une agriculture rationnelle :

- lutte contre l'érosion.
- respect des rotations, en évitant de mettre le blé derrière défriche ou derrière un autre blé.
- prendre distance avec l'emploi <u>inconsidéré</u> inadéquat et <u>incontrolé</u> des produits phytosanitaires.

Le respect de toutes ces contraintes permettra sans doute à la Sodéblé d'obtenir des résultats meilleurs, car en agriculture il n'y a pas de miracle (C7).**

Malheureusement, l'échec cuisant de la Sodéblé n'est pas le seul du genre en milieu tropical et malgré les promesses fondées sur la culture en milieu paysan à Madagascar, l'opération Blé y est loin d'etre une réussite ; ce qui prouve cette fois encore que pas plus que" les usines clefs en main" , "l'agriculture clefs en main" (sous le controle des organismes de développement souvent étrangers) n'est la clef du développement.

* Etat actuel des recherche agronomiques à la Sodéblé. Mission d'évaluation. Birie-Habas (1979).
** Birie-Habas note également : "Ce projet ne pourrait etre valablement renfloué que dans le cadre d'un développement intègré comportant mais, soja, l'élevage et le blé et de longues rotations comprenant des soles en paturage". Mission d'évaluation 1979.

LE CHOIX VARIETAL

Nous limiterons notre étude à l'exposé des objectifs de sélection et aux résultats acquis.

Trop longtemps perçu comme un accommodement, le choix variétal s'est imposé depuis peu sous l'impulsion d'organismes internationaux, tel le CIMMYT, pour des considérations financières où il apparait plus économique d'adapter une plante à un milieu donné plutot que le contraire!

Le choix variétal vient en appui des deux thèmes : Fertilisation et Techniques culturales ; il a pour base des objectifs de sélection définis à partir des obstacles auxquels se heurtent ces deux autres thèmes.

AU CAMEROUN

Détermination des objectifs de sélection :

Les objectifs de sélection ont été clairement formulés par Grignac dans son rapport de mission "Etat actuel et orientation de la sélection variétale du blé à la Sodéblé" (C6).
De par la localisation de la culture, le premier critère retenu concerne le **type "printemps non photopériodique".**

L'exposé concernant les Techniques culturales a mis en évidence certains freins au développement du blé à la Sodéblé, à savoir :

- le calendrier cultural "serré", du à la double culture.
- les difficultés d'implantation du blé en pleine saison des pluies.
- des facteurs climatiques néfastes à la fertilité des épis et favorisant le parasitisme.

Face à ces obstacles, Grignac propose :

Une diversification des rythmes de développement :

L'utilisation de variétés à cycles différents permet d'augmenter la période favorable à la réalisation des semailles par :

1) l'élargissement de la plage d'intervention devenant indispensable lorsque le projet atteindra les 40000 Ha prévus.

2) des variétés à cycle long (>150j) **devraient permettre d'assurer l'implantation de la culture avant les fortes pluies de Juillet - Aout.** Dans l'allongement du cycle, Grignac voit une amélioration de la productivité : tallage important, bonne fertilité des épis,..

3) des variétés à cycle moyen (110-130 jours) et court (90 -100 jours) pour répondre aux exigences actuelles. Les cycles courts pourraient etre cultivés aussi en contre saison sous irrigation après un mais de saison des pluies.

Nous rappelerons ici que des possibilités d'irrigation existent en saison sèche et que cette période convient parfaitement au blé.

Améliorer la fertilité des épis :

On a noté une fertilité très faible des variétés classiques (15 -26 grains) à cause de la brièveté de la phase d'initiation florale due aux températures élevées. Grignac propose d'augmenter la productivité en sélectionnant pour la fertilité, car l'aptitude au tallage parait difficile lorsque les conditions de milieu sont chaudes.

Améliorer la résistance aux maladies (en particulier septoriose, fusariose et rouilles) et prédateurs:

Grignac souligne l'importance du respect des rotations dans la lutte contre la fusariose ; il souligne par ailleurs que l'utilisation exclusive des variétés de type "printemps" doit permettre de lever facilement le probleme de la qualité technologique ; ce qui n'est pas le cas avec les triticales qui, par contre, se comportent bien à la Sodéblé.

Le Matériel Végétal :

Antérieurement à l'intervention de l'I.R.A.T, la Sodéblé disposait de quelques variétés utilisées en Tunisie et au Sénégal (Florence-Aurore - Sonalika-...).
Dès 1974, l'I.R.A.T a mis l'accent sur l'aspect adaptabilité variétale par de nombreuses introductions de blé tendre, dur, de F2 printempsxhiver, de triticale et d'orge provenant pour l'essentiel du CIMMYT et des USA.
Grignac (C6), note que le "choix n'a porté que sur **un matériel assez peu diversifié**" et que "l'effort de diversification du matériel doit s'intensifier en introduisant des variétés ou des lignées en provenance de pays très différents : méditerranéens, Inde, Pakistan, Egypte, Amérique du Sud..." Il souligne également l'importance d'une sélection de descendants de croisements - **variétés précoces CIMMYT x variétés européennes** - effectués dans **le milieu d'utilisation** qui "**crée des lignées mieux adaptées aux conditions particulières que les lignées sélectionnées ailleurs**".

Les Résultats :

Birie-Habas, dans sa note concernant "L'Etat actuel des Recherches Agronomiques à la Sodéblé" (1979) fait état des résultats suivants :

1)Proposition de 3 variétés à cycles différents issues des essais de criblage de 2000 variétés principalement du CIMMYT.

Sonalika (100 jours)
Jupatéco (112 jours)
Chris-Sénégal (122 jours)

qui ont données des rendements en essai de 30 à 35q/Ha et pour lesquel on peut espèrer 15 à 18q/Ha en grande culture.

2)Les espoirs sérieux fondés sur les lignées de Bulk 235 CIMMYT (>31q/Ha) et des variétés IBWSN 149 et 152 pour les cycles moyens (110 - 130 jours).

3)L'intéret des Triticales telle Bacum (32q/ha).

4)Enfin dans la quete des variétés à cycle très long, Birié-Habas signale l'allongement du cycle avec la précocité du semis pour la variété Bambui (136 - 165 jours), et la bonne tenue de 8 variétés semées entre le 30 juin et le 15 aout à l'égard des maladies cryptogamiques. A ce sujet, Monthe signale (C7) une amélioration de certaines caractéristiques telles le tallage, la longueur de l'épi, la robustesse de la tige. Cet auteur constate au sujet des introductions de diverses provenances :

- une bonne tenue : - des introductions du CIMMYT, pour les blés à cycle court et long, pour les Triticales (10ème ITSN).
- des introductions du Brésil, malgré une sensibilité notable à la verse;
- des rendements faibles, dus aux sensibilités aux maladies qui obligent à renoncer aux matériels originaires du Kenya.
- un mauvais comportement des lignées de Montpellier, malgré des rendements de 32q/Ha pour L.28.

Conclusion :

En conclusion, on citera les propositions de programme de Recherches soumises par Birie-Habas pour la période 1979-1982, où il est demandé :

1)d'intensifier les recherches sur les variétés à cycle long permettant un semis en juin ; l'accent est mis sur - les facteurs du rendement : fertilité de l'épi, poids de 1000 grains, tallage et nombre d'épis au m2.

- un cycle de 150 jours ou plus.
- les caractéristiques du grain.
- la tolérance à la septoriose, à l'helmintosporiose, à la fusariose.

2)de continuer les recherches sur les cycles courts et moyens, pour un meilleur étalement des semis.

3)d'intensifier les recherches sur le Triticale et sur l'orge ; les Triticales pouvant apporter une solution à l'adaptabilité des céréales panifiables sur les sols pauvres et acides de l'Adamaoua.

A MADAGASCAR

Détermination des objectifs de sélection :

C'est *le mode de production en paysannat* qui fixe les objectifs de la sélection ; en effet, cette culture sur les Hauts Plateaux Malgaches se caractérise par :

1)**de faibles moyens techniques et financiers** ayant des conséquences au niveau : de la fertilisation du sol, des techniques de préparation du sol et d'implantation de la culture, du complexe parasitaire, enfin de la récolte : du battage à la conservation du grain.

2)**une dispersion géographique de la culture** sur le Moyen et Bas Ankaratra avec une grande hétérogénéité pédoclimatique (versant est - ouest,...).

3)**les motivations du paysan pour cette culture :**

- destination du produit (essentiellement la minoterie, les galettes, provenderies,...); des sous-produits (paille,son,...).

Ces caractéristiques permettent de définir "le profil" des variétés pour lever les contraintes suivantes :

- sensibilité aux maladies (septorioses rouilles,...).
- sensibilité au pH acide, à la toxicité aluminique et ferrique.
- niveau de fertilisation faible.

De plus ces variétés devront avoir un bon enracinement et une bonne vigueur au départ, caractéristiques de rusticité,le paysan demandant en plus une paille moyenne à haute.

Les impératifs de caler la floraison après les pluies néfastes de Février et de conserver la possibilité de double culture (haricot en 1er cycle) obligent à disposer 1) pour la double culture de variétés de cycle court (90 jours) semées en février, avec récolte en Mai.

2) pour la simple culture de variétés de cycle long (150 jours) semées en décembre, récoltés fin avril.

Dans leur synthèse Bozza et Guis (Md8) exposent leur démarche en souhaitant pouvoir disposer des variétés nouvellement créées pour la zone intertropicale. Les travaux ne prévoient pas de créations variétales.

Cette démarche repose sur un criblage à 2 niveaux :

1)**Adaptation large** par la mise en place d'une collection lourde de variétés nouvellement créées répondant aux contraintes climatiques (photopériode, températures) et parasitaires (rouilles, septorioses).
Cette collection serait établie en 1 ou 2 lieux et observée en saison des pluies et en contre saison (avec irrigation d'appoint).

2)**Adaptation aux conditions locales** (rusticité pour répondre à la dispersion de la culture) : par des collections multilocaleslégères avec des variétés issues de la collection lourde. L'objet est de retenir ici des variétés à cycles différents, bien adaptées aux contraintes locales (culturales, pluviometriques,...) ; les variétés retenues sont ensuite observées en essais variétaux (4 à 5 variétés mises en comparaison),puis soumises à des tests de comportement en paysannat.

Les Résultats :

Disposant de "faibles moyens" et dans l'impossibilité d'introduire de nouvelles variétés (législation de quarantaine inadaptée), les études se sont limitées à :

- la reconstitution d'une collection nationale à partir des variétés "disponibles" sur place, épuration en 1ère multiplication dans l'optique de l'élaboration d'un catalogue national blé.

- tester en collections légères des variétés (32 en 79-80, 28 en 80-81) :
  - déjà anciennes (Romany - variétés "Lac")
  - du CIMMYT (1976-1978)
  - des obtentions locales dénommées "Fifa"*

Le tableau suivant rend compte des longueurs des cycles semis-floraison et du rendement des "meilleures variétés" tamponnant bien le milieu (rusticité) :

campagne 1980-81.

LIEUX	RENDEMENT KG/HA			CYCLE S.F NBRE DE JOURS			
VARIETES	BETAFO (2)	ARIVONIMAMO (6)	AMBOHIMANDROSO (6)	BETAFO	ARIVONIMAMO	AMBOHIMANDROSO	NANOKELY
	Sol fertile	Vieille station	En ouverture	1 600 m	1 300 m	1 600 m	2 000 m
FIFA 89.5	2 792	2 014	OBSERVATIONS INCOMPLETES	73	71	86	84
IAS 63	2 305	1 833		63	64	86	89
TCL 10	1 361	2 083		74	64	79	85
FIFA 74 - 2	2 930	1 861		81	71	80	85
IBWSN 108	1 361	1 722		78	71	79	89
IBWSN 92	1 375	1 542		69	57	71	74
IBWSN 112	1 430	1 667		81	71	73	85
ROMANY	1 688	1 939	407	63	64	83	86

(n) = plane d'application : 2 = ultramisme vieux.
6 = aucun - (Ben-Antsirabe, versant occidental)

*variétés "Fifa" obtenues par FIFAMANOR, organisme de coopération ayant pour objectif le développement de l'agriculture et de l'élevage dans la région du Vakinankaratra (zone d'Antsirabé).

CONCLUSIONS SUR LE CHOIX VARIETAL

"Au Cameroun, la SODEBLE n'a pas répondu aux espoirs mis en elle, en dépit d'investissements importants et de **l'introduction de plus de 5000 variétés de blé depuis 1975,...**Les recherches se poursuivent mais il semble que toutes les conditions ne soient pas réunies" (G12).

Nous avons mentionné en introduction à ce chapitre du Choix variétal que celui-ci doit venir en appui à la fertilisation et aux techniques culturales ; à condition que la mise en pratique de ces dernières ne soit pas une **transposition absurde** (cf. Annexe IV), mais une adaptation raisonnée.

A contrario, à Madagascar, le mode de production en paysannat permet d'éviter *"les déboires de la SODEBLE*, et on ne peut que regretter qu'aucune politique d'introduction et de création variétale pour l'ensemble de la région des Hauts Plateaux ait été mise en place.

LA CULTURE DE CONTRE SAISON

L'attrait de la culture du blé de contre saison sèche tient en premier lieu **aux besoins en eau restreints du blé** qui lui permettent de valoriser :

- de faibles ressources en eau
- des infrastructures rizicoles en saison sèche (culture du blé en casier).
- des situations particulières : battement de nappe, culture de décrue, remontée de la frange capillaire.

Le choix judicieux des zones de culture en saison sèche et fraiche ajoute à l'avantage d'une consommation en eau réduite par la plante **une bonne satisfaction de ses exigences thermiques.**

Ses faibles besoins en eau et sa tolérance au sel*, font du blé une culture de 1er choix dans les zones à eaux salines.

Enfin nous avons vu que les freins au développement de la culture du blé de saison des pluies en **zone intertropicale** provenaient essentiellement des précipitations, inconvénient qui disparait avec la saison sèche.

Pour l'exposé qui va suivre, nous présentons deux parties correspondant à deux écologies particulières :

1) Madagascar
2) Les pays Sud-Sahéliens

* salinité de la solution du sol : 7 mmohs => chute de rendement du blé = 7%, du soja = 40%

9 mmohs => chute de rendement de l'orge = 5%

Description des facteurs du milieu

A MADAGASCAR

Localisation géographique :

Madagascar par sa diversité, offre la possibilité **de plusieurs modes de culture du blé de saison sèche**, chaque mode étant spécifique d'un milieu donné (Md20). Parmi ces possibilités, le gouvernement Malgache , pour des raisons socio-économiques (accessibilité à la Minoterie sise à Antsirabe, facteurs physiques favorables, constatation de la productivité élevée des Hautes-Terres par la double culture annuelle riz-blé) et face à l'impossibilité physique d'accroitre le terroir rizicultivé, a opté pour le développement de la culture du blé de saison sèche dans les régions des Hauts Plateaux et du Lac Alaotra .

L'IRAT a été associé à ce projet, limitant son intervention **essentiellement au mode de culture sans irrigation**. On rappelle ici que ce mode de culture serait possible sur quelques 300000Ha contre seulement 6000Ha avec irrigation. Pour des raisons essentiellement de température, la culture n'est préconisée qu'au dessous de 1700m d'altitude.

Qualité des sols :

Pour satisfaire aux besoins en eau, meme modestes, la culture du blé est envisagée **exclusivement en rizière, après un riz :** l'alimentation en eau du blé s'effectuant naturellement par remontée de la frange capillaire de la nappe phréatique **sans le moindre appoint d'irrigation.** En général, les sols de rizières ont un niveau de fertilité naturelle supérieur aux sols des "Tanéty" environnantes.

Raunet, dans son étude agro-pédologique(Md20) a établi une cohérence **spatiale** des systemes de bas-fonds et des plaines alluviales sur les Hauts-Plateaux, ce qui a permis une **systèmatisation des types de rizières convenant à ce mode de culture** :l'aptitude à la culture du blé sans appoint d'irrigation des rizières des Hauts - Plateaux dépend essentiellement de la situation de la nappe phréatique par rapport à la parcelle cultivée (Md9), situation qui détermine les modalités d'engorgement du sol (drainage et approvisionnement en eau). Raunet propose de se servir des critères simples suivants pour définir les types de rizières :

1) existence ou non d'un cours d'eau individualisé : la profondeur du cours d'eau (entaille), la largeur de la vallée, permettent d'évaluer le rabattement de la nappe. Par contre, l'absence d'entaille laisse présager des risques importants d'engorgements du sol.

2) la couleur superficielle du sol en saison sèche : **les couleurs ternes** (gris à noir) indiquent des sols hydromorphes **se réoxydant mal**, riches en matière organique. Ils nécessitent toujours un bon drainage pour le blé. **les teintes brunatres à brun-rougeatre** sont spécifiques des sols hydromorphes minéraux qui se **réoxydent rapidement** et où la matière organique est bien humifiée. Ces teintes sont typiques des alluvions des vallées assez larges (>200m) et entaillées (>1.5m).

"Ici le drainage n'est pas nécessaire, les sols y sont généralement plus riches et moins acides que les sols franchement hydromorphes". Le lecteur trouvera dans l'étude de Raunet (Md20) une description régionale détailléee où sont mentionnée les cas particuliers.

On retiendra en conclusion "que le blé risque beaucoup plus de souffrir de l'engorgement des sols, meme en saison sèche, que de sècheresse"(Md20).

Les facteurs du climat :

Nous nous limiterons à la région des Hauts-Plateaux (voir diagrammes climatiques en annexe III). Dans cette région, la culture du blé **s'intercale** entre deux campagnes de riz. Durant cette période, qui couvre de Mai à Octobre, les conditions climatiques sont **globalement favorables au blé :** ciel clair, humidité relative faible et températures basses **réduisent considérablement le parasitisme.**

la pluviometrie : très faible, reste cependant plus marquée sur le versant oriental (sous l'influence des alizés), que sur le versant occidental ; elle se manifeste sous forme de **pluies fines :** crachins, bruines. A ces précipitations s'ajoute **la rosée matinale** partout présente sur les Hauts Plateaux.

l'humidité de l'air : oscille entre 70 et 80%, elle reste plus élevée dans les bas-fonds et les plaines que sur les reliefs environnants, "elle à tendance à faire baisser les températures minimales en fin de nuit".

la durée du jour : varie de 10,77h en juin à 12,92h en décembre et correspond toujours à une **photopériode courte.**

l'insolation : est minimum en juin pour la période considérée (Mai à Octobre) avec 6,5h à Ambatolampy (brumes matinales,...)et 7,5h à Antsirabe ; puis augmente jusqu'à 8 - 9h en Octobre où elle est maximum - le stade floraison-remplissage du grain est **le plus sensible à ce facteur.**

les températures : conviennent bien au blé jusqu'à 1400m, leurs minima sont centrés sur juillet.

les risques d'orages de grele : présentent une réelle menace pour les cultures de contre saison, spécialement sur l'Ankaratra.

Les aptitudes culturales des sols :

Les sols de rizière peuvent convenir à la culture du blé sans appoint d'irrigation à condition d'assurer :

- une bonne réoxydation de l'horizon superficiel (0-20cm).
- une bonne remontée capillaire (structure continue, texture assez fine, hauteur de nappe).
- une bonne réalisation des préparations superficielles **tenant compte du niveau technique du paysannat.**

On écartera les sols hydromorphes, très organiques à tourbeux et les sols lessivés à gley, très acides et très difficiles à drainer.

Enfin aux objections concernant le mode d'approvisionnement en eau par la remontée capillaire, on répondra que les mauvais rendements qu'il nous a été donné d'observer relevaient, dans la grande majorité des cas, d'excès d'eau plus que d'un déficit hydrique.

LES PAYS SUD SAHELIENS

Localisation géographique :

Traditionnellement on rencontre la culture du blé au nord d'une ligne orientée Nord-Ouest/Sud-Est, de la Mauritanie (20°N) à la cuvette du lac Tchad (12°N), grace à l'atténuation de l'influence océanique. Des essais de culture du blé ont été entrepris par la recherche au sud de cette ligne : au Sénégal (16°N) et en Haute - Volta (11°N).

Bergé et Collin (G3) mentionnent pour leur part " que grace à de nouvelles variétés et à **une irrigation bien controlée**, cette culture peut se faire vers le Nord à partir de 13°N.
L'homogénéité, tant au niveau des conditions climatiques et des techniques culturales, qu'au niveau des résultats nous permet de regrouper les résultats obtenus dans les divers pays situés au Nord du 13ème degré de latitude Nord à savoir : Mauritanie, Sénégal, Mali, Niger, alors que la Haute-Volta fera l'objet d'une présentation séparée : en effet à cette latitude, les exigences climatiques du blé ne sont plus satisfaites normalement et sa culture **relève du défi.**

PAYS AU DESSUS DU 13° DE LATITUDE NORD

Facteurs du climat :

Le climat est ici de type tropical à quatre saisons marquées (Ma7). Les exigences du blé sont au mieux satisfaites au cours de la **saison sèche froide qui s'étend de Novembre à février.** A cette saison les températures sont relativement basses et les amplitudes journalières importantes. L'insolation convient d'autant mieux que l'on monte en latitude. "La contrainte la plus importante est le risque d'apparition d'un vent sec et chaud : l'Harmattan, qui peut souffler assez tot dès février et entrainer l'***échaudage*** (G2)."Il est probable qu'à l'action intrinsèque du vent s'ajoute **l'effet traumatique** des particules sableuses qu'il entraine"(Ma6).

Qualités du sol et aptitudes culturales :

Dans ces régions la culture du blé n'a été étudiée qu'en **régime artificiel** par la Recherche agronomique. On rappelera ici les cultures traditionnelles de décrue sur le Faguibine (cf. historique).

Implantées pendant la saison sèche et froide, les cultures de blé sont dans la majorité des cas localisées près des fleuves, pour pouvoir disposer des ressources en eau suffisantes. Elles bénéficient alors de sols alluvionnaires, argilo-limoneux profonds, convenant bien au blé.

Au Sénégal et en Mauritanie : le blé est cultivé dans des périmètres irrigués bordant le fleuve Sénégal où l'on trouve :

1) les sols **Fonde** qui "conviennent le mieux à la culture - excès d'eau faciles à éviter" (S4). Ils sont argilo-limoneux et reposent sur un sable à pseudo-gley à partir de 50-60cm.

2) les sols **Hollalde** plus lourds, homogènes sur tout le profil, ils sont argileux à gley et conviennent moins.

- on signalera pour mémoire, les sols **Nalde**, très argileux, décrit par Dobos (Mu2) en Mauritanie qui ne conviennent pas à la culture du blé.

Au Mali : le blé a été implanté à 1) Kogoni sur trois types de sol :**Dangeblé, Dian,Moursi.**

2) Diré sur des sols "argilo-limoneux à texture fine, battant en début de saison des pluies"(Ma7).

Au Niger : à Lossa, où les sols sont "globalement considérés comme peu favorables à la culture irriguée.... forte hétérogénéité et diversité des sols...A condition de ne pas etre submergés trop longtemps, les sols argileux en surface, meme salés, paraissent les plus favorables au blé. Par contre, là où le sol est très sableux en surface(sable >90%), le blé reste chétif"(N2).

En régime artificiel, l'aptitude culturale des sols, tient en premier lieu à la qualité de l'irrigation, qui requière "un planage aussi parfait que possible, que l'infiltration de l'eau dans le sol soit lente et progressive et qu'un drainage correcte soit assuré"(Ma7).-cf. Techniques culturales-

PAYS AU DESSOUS DU 13° DE LATITUDE NORD

En Haute Volta : trois lieux ont été retenus pour l'expérimentation de la culture du blé : Sourou - 13°06N
Kou - 11°40N
Banfora - 10°44N

Ces localisations offrent une transition particulièrement intéressante pour ce qui concerne la limite sud de la culture.

Facteurs du climat :

Le climat est de type soudano sahélien à quatre saisons marquées.
La saison sèche froide, favorable à la culture du blé couvre la période de **décembre à février** et est encadrée par deux saisons **sèches chaudes.**

Pendant la période favorable à la culture,les températures qui augmentent lorsqu'on descend en latitude (cf. diagramme thermique), présentent une grande amplitude journalière avec :

- des minima <20° voir <15° certaines décades
- une faible humidité de l'air
- un rayonnement solaire important
- un rayonnement nocturne important
- des vents d'Harmattan (H4) qui ont une incidence sur l'insolation qui peut devenir déficitaire à certaines périodes.

"les amplitudes jour-nuit avoisinent les 20° du 20/11 au 15/3 mais se réduisent notablement à chaque remontée du Front Intertropical"(H2).
Nous verrons au chapitre Techniques Culturales la part prépondérante que jouent les **facteurs du climat sur les facteurs du rendement à ces basses latitudes.**

Qualité des sols et aptitudes culturales :

Ici encore, l'aptitude culturale des sols tient essentiellement à la qualité de l'apport d'eau. Deux modes d'irrigation : aspersion et gravitaire, ont été expérimentés sur trois types de sols différents :

1) à Banfora, sur sol sableux profonds et très filtrants, à pH acide, pour l'irrigation par aspersion.

2) dans la vallée du Kou, sur sols alluvionnaires légers et profonds, à pH acide, ainsi que dans le Sourou sur sols argilo-limoneux profonds, à pH neutre, pour l'irrigation gravitaire.

En expérimentation, des rendements élevés (3,5 à 3,9 T/Ha) ont été obtenus sur les sites de Banfora et du Kou. Les auteurs mentionnent les difficultés d'une conduite rationnelle de l'irrigation par gravité, spécialement en sol lourd (cas du Sourou).

Thèmes étudiés :

Nous retrouverons, dans le cas de la culture de contre saison, les memes thèmes que pour la saison des pluies, à savoir :

- **la fertilisation**
- **les techniques culturales**
- **le choix variétal**

LA FERTILISATION

Tout comme en saison pluviale, les études menées sur la fertilisation du blé de contre saison poursuivront les thèmes :

- fumure de redressement et remontée de la fertilité des sols.
- fumure organo-minérale, vulgarisable en paysannat.

A MADAGASCAR

Ces thèmes sont particulièrement bien illustrés par les travaux des deux équipes qui s'y sont succèdées au sein de l'IRAM, puis du FOFIFA (voir saison des pluies).

Dans l'optique de la remontée de la fertilité naturelle des sols tropicaux, la fertilisation fut étudiée par la 1ère équipe essentiellement sous l'angle des **fumures de redressement** ; pourtant si les sols de Tanety pouvaient justifier de l'application de cette méthode, il en va tout autrement pour les sols de rizières qui présentent en général un **niveau de fertilité bien supérieur** de par leur origine colluvio-alluviale leur teneur souvent élevée en matière organique et **surtout** par leur mise en valeur due à l'agriculteur (apport de fumier, engrais, par la riziculure).

La démarche de l'équipe IRAM :

La **fertilisation de redressement jugée indispensable au blé devait aussi bénéficier au riz**, les doses de redressement destinées au blé sont apportées **sur le riz** ; les essais consistent à observer la réponse du blé en arrière effet sur une ou plusieurs campagnes de riz. Ils furent conduits essentiellement en deux lieux proches de Tananarive :

- Belanitra : sol hydromorphe minéral argilo-limoneux.
- Mahitsy : sol hydromorphe bien pourvu en matière organique.

Les thèmes et les résultats :

Ils portent essentiellement sur :

1) l'étude des arrière-effets des doses de redressement :

pour P205 = 0-100-200-300-400-1000 unités.
pour la Dolomie = 0-10000-2000-3000-4000 Kg/Ha.
pour les apports de fumier = 0-25-50-75 T/Ha;

2) l'étude des niveaux d'azote et des carences en oligo-éléments.

Sur deux campagnes d'essais (1971-1972), les résultats soulignent :

1)l'importance du phosphore pour le blé mais également pour le riz

A Belanitra, on mentionne des rendements de 3T/Ha avec Catcher aux doses de 400 unités de P205 ; sur ce meme lieu, un essai étudiant "l'effet de P205 sur le riz et ses arrière-effets sur le blé (Md13)" donnait :

	Riz	Blé
sans fertilisation	5T/Ha	0,4T/Ha
sans P205 + 100N	5T/Ha	1,7T/Ha
300 P205 + 150N	7T/Ha	5,1T/Ha

Des essais analogues conduits à Analavory et au Lac Alaotra (0 - 400 P205) rendent compte de résultats similaires.

2)le role de <u>la dolomie</u> en fonction du type de sols, <u>tout spécialement pour les sols riches en matière organique</u>

- à **Belanitra**, des doses croissantes de 0 à 4000Kg/Ha de Dolomie ne donnent pas de résultats significatifs (2,1/2,3 T/Ha avec Nainari), alors qu'à **Mahitsy**, dans des conditions de climat semblables les rendements de Catcher augmentent significativement jusqu'à 2T/Ha de Dolomie (c.v=7.6%) :

Dolomie	Blé
0T/Ha	1,7T/Ha
1T/Ha	2,2T/Ha
2T/Ha	2,5T/ha

3)l'absence d'effet des apports de fumier tant sur le riz que sur le blé qui suit (SuperX - 2,2/2,7T/Ha- c.v=14%).

4)la réponse linéaire de l'azote jusqu'à 150 unités/Ha

On rappelera que compte tenu du mode d'alimentation en eau de la culture par remontée capillaire, l'azote est apporté en une seule fois avant labour.

5)l'effet de la carence en bore sur la stérilité des épillets : mise au compte des températures froides dans un premier temps, des essais ont montré que cette stérilité disparaissait avec l'apport de 20Kg/Ha de boracine (2,8B).

Il est fait mention par ailleurs, que cette carence en Bore ne s'est pas manifestée ni à Analavory, ni au Lac Alaotra, meme sur la variété Aztéca pourtant réputée très sensible.

Au terme des deux premières campagnes de saison sèche (1971-1972), les auteurs (Md13) concluent en matière de fertilisation du blé de contre-saison :"Le blé demandera une **forte fertilisation.** La carence en phosphore devra etre complètement effacée et un apport d'azote de 100 à 150 unités/Ha sera efficacement utilisé. Mais la correction de la carence en phosphore sera également très bénéfique pour le riz, la fertilisation devra tenir compte des carences en oligo-éléments, le bore en particulier (il est fait mention aussi du fer)...la culture du blé ne peut avoir que des avantages pour la riziculture. Des problèmes restent encore à résoudre, notamment celui de la culture du blé en sol tourbeux".

Il revient à l'IRAM le mérite d'avoir initié **la culture du blé de contre saison en rizière sans appoint d'irrigation, d'avoir décelé la carence en Bore,** essentielle dans ce cas et enfin d'avoir proposé une fertilisation en accord avec les principes de l'époque.

A partir de ces acquis, l'équipe FOFIFA s'est donnée pour tache d'adapter ces résultats aux **réalités actuelles** et en tout premier lieu la fertilisation en réduisant les apports préconisés :

- "luxueux" quand on connait la diversité et **la fertilité naturelle** des rizières.
- "non vulgarisables" actuellement quand on connait **les problemes d'approvisionnement en engrais** auxquels se heurte déjà le paysan pour sa culture principale qui reste le riz.

La démarche de l'équipe FOFIFA :

Cette **économie d'engrais** passe obligatoirement par **une fertilisation appropriée à chaque grand type de rizière** défini dans l'étude agropédologique de Raunet (Md20). A cette fin, des essais furent implantés en 13 lieux, sur l'ensemble des Haut-Plateaux à partir de 1980. Ces différents lieux ont été choisis en fonction des types de sols (minéral, organique, tourbeux) et des régimes hydriques (remontée capillaire, irrigation) qu'ils présentent.

Les thèmes et les résultats :

Les études concernant **la fertilisation en rizière de la culture du blé en paysannat :**

- prennent en compte le binome Riz-Blé, et évaluent l'incidence des niveaux de fertilisation sur chacune des cultures. Ici, les fertilisations sont apportées sur le blé et observées en arrière effet sur la culture de riz suivante, en saison des pluies.
- se limitent à deux niveaux de fertilisation définis à partir des résultats de l'IRAM : un niveau faible et un niveau fort, avec complémentation par 5T/Ha de fumier et/ou 1 ou 2 T/Ha de Dolomie.

En appui à ces essais, **quelques 150 parcelles** de prévulgarisation ont été mises en place chaque année depuis 1979.

Peu de résultats ont été obtenus sur le binome Riz-Blé (2 campagnes de blé en 5 lieux seulement ont pu etre étudiées). Néanmoins, il apparait qu'une fertilisation sur le précédent riz **serait défavorable pour le blé qui suit.** La meme observation a été faite sur d'autres essais (non publiés), et s'est confirmée sur les parcelles de prévulgarisation (Md11).

L'essai fertilisation à deux niveaux devait permettre:

- de comparer les niveaux faible* et fort** à l'absence de fertilisation.
- d'observer : chaque élément N,P,K aux trois niveaux
  l'effet propre du Fumier à 5T/Ha en complément du niveau faible
  l'effet propre de la Dolomie à 2T/Ha en complément du niveau fort.

Dès la première campagne, trois types de rizières(tableau page suivante) ont pu etre décrits (Md18) à partir de leurs réponses aux différents traitements, en tenant compte :

1) des caractéristiques hydrologiques des parcelles (bon ou mauvais drainage)
2) du statut organique du sol (minéral, organique ou tourbeux)
3) de leur pédogénèse.

On notera que **les paysans eux-memes**, identifient très bien deux types de rizières : 1)"**Horaka**" : sol hydromorphe riche en matière organique, difficile à drainer correspondant au type III.

2)"**Saka**" : sol hydromorphe minéral, facile à drainer correspondant aux types I et II.

En complément à cette première classification, on notera que **les meilleurs rendements** sont obtenus dans les rizières de **Type I** (3T/Ha)alors que les **mauvais rendements** (0.5T/Ha) le sont dans celles du **type III.**
Ces constatations ont fait ressortir **l'importance de l'état du sol sur le rendement du Blé :** engorgement ou non, présence ou non de matière organique...

En parcelles de prévulgarisation, l'accent fut alors mis sur les rizières de type II et III qui couvriraient une superficie estimée par Raunet **à 300.000 Ha (contre seulement 6000 Ha pour les rizières de type I).**

Des tests en prévulgarisation, applications simplifiées des essais de fertilisation, il ressortait :

1) un effet positif du fumier en complément du niveau de fertilisation faible dans les rizières de type II.
2) un effet positif de la dolomie en complément du niveau de fertilisation fort dans ces memes rizières.

* niveau faible : 67N-30P-30K + 20Kg/Ha de Boracine.** niveau fort : 135N-60P-60K + 20Kg/Ha de Boracine.

3) un effet dépressif sur le blé d'un apport de fertilisants sur le riz précédent dans les rizières de type II et III.

4) pour un meme niveau de production, les rizières de type II se satisfont d'une fertilisation en P et K inférieure à celle de type III.

TABLEAU : Caractérisation des types de rizière

Types / Caractéristiques		I	II	III
Réponses aux engrais	N	forte	forte	forte
	P	faible à nulle	moyenne	forte
	K	faible à nulle	moyenne	forte
	Fumier	nulle	nulle	forte
	Dolomie	nulle	nulle	nulle
Caractéristiques hydrologiques		Bon drainage Irrigation nécessaire	Facile à drainer	Difficile à drainer
Matière organique		pas d'accumulation de m.o	pas d'accumulation de m.o - sols minéraux.	accumulation de m.o - Tourbe à faible profondeur.
Origine pédologique		sur basalte volcanisme récent.	roches anciennes acides.	roches anciennes acides.

Partant de ces résultats, les auteurs (Md9) proposent des niveaux de fertilisation faibles, compte tenu des rendements moyens (2T/Ha) obtenus en milieu paysan, surtout liés à des techniques culturales **mal appropriées et aux variétés rustiques disponibles peu adaptées à l'intensification de la culture.**

Ces propositions constituent simplement **un niveau de référence encore grossier** illustrant ces tendances : fiabilité des test de prévulgarisation ? répétabilité dans le temps, dispositif du test meme qui associe la Dolomie au niveau fort, mais le fumier au niveau faible.

Un essai pluriannuel initié en 1983, devait permettre d'étudier l'action concomitante de **la Dolomie et du Fumier** en complément **d'un niveau moyen de fertilisation** (67N-44P-32K + Boracine) en différents lieux apparentés aux types II et III. Seuls deux lieux ont portés cet essai la 1ère année :

1) Behenjy : sol hydromorphe minéral (type II).

2) Ambatolampy : sol hydromorphe organique, **bien drainé** avant la mise en place de l'essai (type III).

De cette première année de culture(Md29), il ressort, pour les deux types de sols :

Pour le rendement en grains :

1) **une réponse linéaire** pour le fumier de 0 à 10T/Ha, pour la Dolomie de 0 à 800Kg/Ha.

2) **l'absence d'interaction entre fumier et Dolomie**, avec une meilleure efficience de la Dolomie à Behenjy et du fumier à Ambatolampy.

Pour le rendement en paille :

1) une réponse linéaire du fumier et de la Dolomie, avec absence d'interaction à Behenjy.

2) une interaction entre le fumier et la Dolomie à Ambatolampy.

Pour le rapport grain/paille :

1) il apparait indépendant des traitements et reste voisin de 0,5 à Behenjy.

2) il dépend des traitements et oscille entre 0,3 et 0,6 à Ambatolampy, où un apport de 400Kg/Ha de Dolomie, sans fumier, favoriserait la paille au détriment du grain (rapport égal à 0.3).

Enfin, ces essais menés avec les paysans (mise à disposition de la rizière, préparation du sol, conduite et entretien de la culture) ont donnés **4,2T/Ha en moyenne à Ambatolampy** (meilleure parcelle de 16m2 : rendement équivalent à 7T/Ha) et 1,8T/Ha en moyenne à Behenjy (meilleure parcelle à 3,3T/Ha).
Ces variations de rendements sont à mettre en partie au compte des difficultés de préparation du sol liées à la texture limono-argileuse.

Interprétation - Conclusion :

Les résultats très variables obtenus aussi bien en stations que sur les parcelles de prévulgarisation, et plus encore **les observations en culture** ont montré :

1) que **des niveaux moyens de fertilisation suffisent** pour obtenir de bons rendements dans de **bonnes conditions de culture.**

2) que l'augmentation des doses de fertilisants corrigent mal, ou pas du tout, les erreurs techniques.

3) que la Dolomie et le fumier jouent un role spécifique **qu'il convient d'approfondir.**

4) que dans la hiérarchie des facteurs limitants, **les techniques culturales passent avant une augmentation globale de la fertilisation :** les facteurs de réussite (ou d'échec) étant regroupés sur la période "préparation du sol - implantation de la culture".

En dehors des Hauts Plateaux des essais de culture du blé ont été réalisés au **Lac Alaotra** par la Somalac et sur **la cote** où des résultats ont été obtenus à Tuléar (avec irrigation gravitaire) et à Antanimalandy (culture de décrue).

Au Lac Alaotra, des essais conduits de 1972 à 1976, sur **sol tourbeux** (Sahamaloto, Bemanjato) n'ont donné que de faibles rendements (Catcher - 0,5 à 1,5T/Ha) malgré de fortes fumures (0 à 200N, 0 à 400P, 0 à 4T/Ha de Dolomie). Depuis 1981, l'approche thèmatique de la Somalac est similaire à celle poursuivie sur les Hauts Plateaux. Dès la première campagne, les essais rendent compte des memes résultats :

1) **en sol organique**, le fumier apparait important, Charpentier (Md7) attribue cet effet à la restauration d'une vie microbienne dans ces sols très réducteurs. Cet effet apparait d'autant plus important que les conditions de cultures sont mauvaises. Ce fait avait déjà été souligné par Guis en 1979 (Md27).

2) **en sol minéral** dépourvu de matière organique, le fumier apparait intéressant en complément d'une fertilisation faible. Charpentier note que dans ces sols, la Dolomie ne présente aucun effet.

Comme sur les Hauts Plateaux, les conclusions relatives à la première campagne en paysannat relèguent au second plan la fertilisation pour mettre en relief **l'importance des problèmes liés à la mise en place de la culture.**

Il est intéressant de noter la **concordance des résultats obtenus** dans ces deux régions, meme s'il est prématuré de tirer des conclusions après ces premières campagnes - au mieux 3 années d'expérimentation - ce qui est **insuffisant compte tenu des phénomènes liés aux sols.**

LES PAYS SUD SAHELIENS

La culture du blé est envisagée ici exclusivement avec irrigation gravitaire ou par aspersion - autorisant le fractionnement de l'azote.
A condition d'implanter la culture sur de bons sols : argilo-limoneux à limoneux suffisamment filtrants, on s'accorde à reconnaitre que la fertilisation du blé de saison sèche **ne pose pas de problèmes particuliers dans ces régions.***

Quand les conditions sont défavorables, comme c'est le cas à Lossa sur les terrasses du Niger (sol très hétérogène, à profil vertique, présentant des teneurs élevées en sodium) ou en Haute Volta, dans la région du Sourou, sur sol lourd, Quideau (N2), Poisson (H3) préconisent des **apports répétés de matière organique.**

Les niveaux de fertilisation proposés restent modérés et reflètent **la bonne fertilité naturelle de ces sols** généralement alluvionnaires. Ainsi à Diré au Mali, Sapin n'a observé aucune différence entre le témoin absolu et le niveau de fertilisation le plus élevé (92N,90P,60K) avec Florence Aurore :

Témoin absolu (0N,0P,0K) = 2,6T/Ha
92N, 90P, 60K = 2,7T/Ha

*Seydoux note dans la région de Diré-Tombouctou, zone d'élevage, qu'il est fait traditionnellement usage de fortes quantités de poudrette de parc apportées soit au semis, blé de décrue, soit au semis et/ou en début de végétation en irrigué .

de meme sur des courbes de réponse à N (avec 90P) : Témoin 0 = 3,28T/Ha
92 N = 3,36T/Ha
avec la variété Hindi Tosson.

On signale que les **eaux d'irrigation sont chargées de limons, et la couche prospectéé par les racines est importante**(Ma5).

En général, si les auteurs s'accordent sur l'intéret du fractionnement de l'azote - trois apports : semis, tallage et montaison - il en va différemment pour les doses (1/4-1/4-1/2 ; 1-1-1; 3/8-3/8-1/4). Lucido (H5) rappelle "l'importance du dernier épandage sur le rendement et la qualité du grain".

Dans les essais de fertilisation pour cette zone, les rendements obtenus vont de 3,5 à 5,0 T/Ha pour les variétés bien adaptées comme Mexipack et Siete Cerros (S3 - S4) ; les meilleurs rendements ont été obtenus en Mauritanie où Dobos (Mu2) fait état de 6T/Ha avec Jupateco obtenues en apportant en fumure de fond : 23N, 80P, 60K et de l'urée en couverture à raison de 50kg/Ha au début Tallage, au début montaison et en fin de montaison.

Enfin nous mentionnerons les résultats moyens(de 1,6 à 3T/Ha) obtenus avec Mexipack en **Haute-Volta** dans des essais "courbes de réponse"
à N (de 0N à 160N/Ha)
à P (de 0P à 100P/Ha)
à K (de 0K à 100K/Ha)
Ces résultats moyens illustrent la part prépondérante du climat (influence de la latitude) dans l'interaction **Climat - Fertilité du sol** et soulignent le caractère illusoire **d'une démarche axée essentiellement sur la fertilisation.**

CONCLUSIONS GENERALES SUR LA FERTILISATION DU BLE DE CONTRE SAISON

Les résultats obtenus en contre saison sèche confortent les conclusions que nous avons formulé pour la saison des pluies :

1) Quel avantage est-on en droit d'attendre des niveaux de fumure élevés, à fortiori des doses de redressement?
Cette "foi" dans la fumure de redressement n'a-t-elle pas occulté des problèmes plus importants, liés à la biologie du sol par exemple ?
Ici encore, **la matière organique**, principale richesse **des agriculteurs du Tiers Monde**, semble jouer un role non négligeable qui mériterait d'etre mieux connu.

2) Quand les conditions de cultures sont satisfaites, nous avons vu qu'il était possible d'obtenir de bons rendements avec une fertilisation modérée La fertilisation doit venir en complément des améliorations apportées aux techniques culturales et au mode de production.

Démisov donne pour 1,6T de grains et 2,8T de paille les exportations suivantes en Kg/Ha : N=54, P=22, K=45 (in Principes d'agriculture tropicale -Ed. MIR-Moscou).

3) L'intéret prépondérant que nous avons porté ici à Madagascar, tient d'une part, à l'importance des travaux qui y ont été menés à cause de la grande variété des situations possibles (types de sol, mode de culture), d'autre part à l'évolution des modes de pensée : en effet, le passage d'une situation "d'abondance" à l'état de "pénurie" a conduit à une révision des principes de base, faisant passer la Recherche des Stations (où elle visait surtout à **l'augmentation des rendements par l'accroissement des fertilisations**) dans les Rizières pour prendre en compte **les capacités réelles de l'agriculture locale.**

Ce changement d'attitude, loin d'échouer, a donné des résultats intéressants. Il a amené la Recherche à reporter plus particulièrement son attention sur les techniques culturales.

LES TECHNIQUES CULTURALES

La démarche suivie en contre saison sèche procède de celle suivie en saison des pluies. Les traits essentiels sur lesquels l'IRAT est intervenus concernent une culture :

1) de diversification, permettant de valoriser de faibles ressources en eau. "Dans le Sahel où l'eau est le facteur limitant, le blé utilise mieux l'eau que le mil, le sorgho ou le riz et donne des grains plus riches en **protéines et en lysine**"(Ma 9)..

2) de 2ème cycle, pendant l'intercampagne de la culture principale - essentiellement le riz - .

3) dont la production reste essentiellement **l'affaire du paysannat.**

4) fournissant une récolte en 3-4 mois qui permet de faire la soudure avec les productions de saison des pluies.

Les contraintes

Les facteurs climatiques (cf. diagrammes Annexe III) :

Ils sont nettement plus favorables à la culture du blé qu'en saison des pluies ; en premier lieu par le niveau très faible de la pluviomètrie, par des températures nocturnes plus basses, des amplitudes thermiques plus importantes, un bon ensoleillement et surtout une hygromètrie plus faible, gage d'un meilleur état phytosanitaire de la culture.

la pluviomètrie :
Nulle dans les pays Sud Sahéliens, elle se manifeste sous forme de bruines et de crachins sur le versant oriental des Hauts Plateaux malgaches. Raunet (Md20) signale l'intéret des précipitations occultes qui présentent un atout important pour la réussite de la culture sans appoint d'irrigation.

les températures :
Pour les pays Sud Sahéliens, elles conviennent d'autant mieux qu'on remonte en latitude. A Madagascar, l'effet de l'altitude limite cette culture aux zones situées **en dessous de 1500m.**

durée du jour et ensoleillement :
Aux latitudes considérées, la photopériode reste courte et rend obligatoire l'usage de **cultivars apériodiques.** En zone Sud Sahélienne, l'insolation convient d'autant mieux qu'on monte en latitude (voir Lossa, Tombouctou). Dans ces régions, l'insolation peut cependant se trouver réduite par les vents d'Harmattan.
A Madagascar, l'insolation est fonction de la situation géographique par rapport aux alizés d'est qui apportent les crachins et le brouillard, cependant "à partir du 15 aout, la nébulosité diminue"(Md20).

l'évaporation :
Favorable pendant toute la saison sèche à Madagascar (entre 1,2 et 3,4mm/jour), elle devient **limitante,** dans les pays Sud Sahéliens à partir **du mois de mars** où elle peut dépasser 6mm/jour, faisant craindre " l'échaudage du grain".

autres facteurs :
A Madagascar, les périodes gélives sont concentrés sur juillet et ne sont à craindre **qu'au dessus de 1500m.** A cette contrainte s'ajoutent **les risques de grèle** qui existent dès le mois d'octobre et dont l'occurence maximale se situe en novembre (risque de grèle 1 jour sur 3 à Ambatolampy!).
Pour les **pays Sud Sahéliens**, la "contrainte" la plus importante est le risque **d'apparition précoce de l'Harmattan**, vent sec et chaud, qui peut souffler dès le mois de février et entrainer "l'échaudage"(G2) : "il est probable qu'à l'action intrinsèque du vent s'ajoute l'effet traumatique des particules sableuses qu'il entraine" (Ma 6).

Les facteurs liés au sol :

Dans les pays Sud Sahéliens, il n'est pas fait mention de problèmes liés au sol, venant interférer sur le calendrier cultural. Par contre, il en va différemment à Madagascar, **où l'état du sol** laissé par **le précèdent riz** apparait comme **la contrainte majeure** tout spécialement pour les parcelles où **la nappe est proche**
A Madagascar,dès 1972, les problèmes de dates de semis, dépendants étroitement de l'état du sol, sont clairement évoqués : "le jeune blé tolère très mal l'excès d'eau, et une humidité excessive de la rizière amènera une mortalité élevée des jeunes plants. D'un autre coté, si la rizière est trop sèche, la germination se fait mal, et meme, si elle se fait, le blé s'enracine mal. Il y aura donc là une bonne appréciation et un tour de main à acquérir pour réussir le semis du blé"
(Md 24).

A la lumière de notre expérience de ce type de culture à Madagascar, nous préciserons que tout excès d'eau est **rédhibitoire pour le blé à quelque stade que ce soit** et particulièrement à la levée et à la floraison ; mais plus que **l'excès d'eau** c'est le niveau de **réoxydation** du profil (0-20cm) qu'il faut prendre en compte. Par contre, à condition d'implanter la culture sur des parcelles répondant aux critères de choix définis par Raunet (Md 20) nous n'avons jamais rencontré de culture ayant souffert d'engorgement ou de sècheresse.
A cette contrainte de réoxydation du profil s'ajoute les difficultés de préparation du sol.

Les facteurs biologiques :

Les conditions climatiques de la saison sèche assurent un bon environnement à la culture du blé (ensoleillement, hygrométrie faible) et partant un meilleur état phytosanitaire. Les études ne font pas mention de problèmes particuliers concernant la protection des cultures : au séminaire Inter Etat Blé (H5), seule la Haute Volta souligne les risques d'attaques cryptogamiques induites par l'irrigation par aspersion.

Par ailleurs, il y a accord pour reconnaitre que la lutte la meilleure et la plus économique contre les adventices est encore **l'alternance** plante inondée - blé ou plante sarclée - blé.
A Madagascar, où l'hygrométrie est plus élevée, le très bon état phytosanitaire des cultures est à mettre actuellement en partie, au compte de son **caractère encore très dispersé.** En parcelles paysannes sur les Hauts Plateaux, Bozza fait état d'attaques d'insectes (Md 12) et Charpentier, au Lac Alaotra signale l'envahissement des parcelles par les adventices (Md 15).

Les facteurs humains :

La conclusion du séminaire Inter Etat Blé de Ouagadougou (1977), intéressant les pays Sud Sahéliens, prévoyait que "l'autosuffisance en blé pour certains d'entre eux est envisageable à court ou moyen terme" (H5). Les statistiques de productions montrent (cf. Annexe IX) qu'en 1982, ces pays sont loin d'avoir réalisé leur ambition. Et pourtant, si techniquement la culture est au point, les causes de cet échec était déjà clairement exprimées dans cette conclusion où l'on peut lire que " pour réaliser de hauts rendements, il convient de respecter **quelques exigences**, notamment l'époque de semis, la préparation du sol, la maitrise de l'eau". Tous les auteurs s'accordent à reconnaitre dans cette dernière exigence **la cause de l'échec du développement du blé** dans cette région.

Au Sénégal, Jamin souligne que "le blé tendre qui connait une **réussite technique incontestable**, ne trouve pas d'échos favorable en milieu paysan...la parfaite maitrise de l'eau et du calendrier cultural qu'exige cette culture, sont autant de facteurs défavorables"(S4). De meme au Mali, "le planage parfait du terrain est une condition essentielle de réussite de la culture du blé en irrigué" (Ma1).Sapin conclut dans son rapport de mission Sénégal 1983 : "le blé n'est pas cultivé, car il exige un planage parfait qui est impossible à obtenir dans les conditions actuelles des petits périmètres villageois". En plus des contraintes d'irrigation, ce meme auteur mentionne comme frein à l'extention en culture manuelle du blé irrigué "la pénibilité de l'irrigation à la calebasse", il propose d'économiser l'eau grace à des techniques appropriées et de disposer **de variétés à cycles très courts.**

A Madagascar, le développement de **la culture du blé en rizières** se heurte aux memes problemes. Outre la méconnaissance des exigences du blé ; **la riziculture s'oppose par plus d'un aspect à la culture du blé :**

- les techniques de préparation du sol, primordiales pour l'implantation du blé, restent ignorées du riziculteur à cause **des pratiques traditionnelles de mise en boue et de repiquage du riz.**
- en végétation, ces deux cultures peuvent manifester des symptomes identiques traduisant des causes très différentes ; il en va ainsi du **"jaunissement"** qui correspond à **un manque d'eau pour le riz mais à un excès pour le blé.**

Enfin, l'idée fausse trop souvent partagée sur les Hauts Plateaux est de croire que la culture du blé en rizière **avec irrigation** donne de meilleurs résultats, en fait, la zone "traditionnelle de culture du blé avec irrigation est circonscrite à la région d'Antsirabé qui outre la très bonne

fertilité de ses sols, a bénéficié du bon encadrement technique de FIFAMANOR depuis 1973. En dehors de cette zone (estimée à 6000 Ha de rizières irrigables en contre saison), les quelques observations effectuées sur quatre campagnes (de 1979 à 1983) concluent très généralement **au role néfaste des irrigations.**

Les thèmes étudiés et les résultats

Les dates de semis :

LES PAYS SUD SAHELIENS

Dans les pays Sud Sahéliens (au Nord de 13°Nord), les agriculteurs procèdent traditionnellement au semis du blé entre le **15 novembre et le 15 janvier.** Sapin note que "les agriculteurs avaient tendance à semer trop tardivement... due au désir de diminuer le nombre d'irrigation" (Ma5). En fait, c'est le relèvement des températures moyennes et de l'ETP (au dessus de 6mm/jour) à partir de mars-avril qui obligent à caler la phase *Remplissage-Maturation* avant cette période et impose **des dates de semis précoces** (on notera cependant que les semis trop précoces lorsque les températures sont encore chaudes sont à éviter, car celles-ci nuisent à une bonne implantation de la culture : enracinement, tallage déficients).
Des essais "dates de semis" (tableau suivant) échelonnés d'octobre à décembre à Diré au Mali,Sapin conclut :

- les semis de novembre sont les plus avantageux.
- les années à saison "très froides" sont les meilleures années à blé.
- les variétés très précoces donnent les meilleurs résultats (Ma7).

Dates de semis	Rendement* (T/Ha)	Poids de 1000 grains	Commentaire
15 oct - 30 nov	3,4	29,5	
1 - 15 déc	3,0		Echaudage léger
15 déc - 15 jan	2,0	20,4	Echaudage important

* variété Hindi Tosson

En Haute Volta, la contrainte principale vient des **températures minimales insuffisantes** qui "conditionnent une date de semis **peu flexible**" (H3). Bono* situe cette date pendant la 2ème décade de novembre et la récolte au cours de la 2ème décade de février. Dans des essais "dates de semis x densités"* conduits en trois endroits, Poisson remarque "en premier lieu que **la fluctuation est la plus importante** pour le site de basse latitude de Banfora que celui à plus haute latitude du Sourou, cela est lié en grande partie à **la température minimale plus basse et pendant une plus longue période**" (H4).

* Note sur le "Séminaire technique sur le blé - Ouagadougou, oct 1977".
** 3 dates de semis de mi-novembre à début décembre, 3 densités : 150,200 et 250 kg/ha

Il ressort de ces essais qu'à la meilleure date (ici, début décembre), **le rendement le plus élevé** (4,6T/Ha) a été obtenu avec la densité **la plus faible.**
De plus, à cette densité de semis (150kg/Ha) :

- la hauteur de la plante (65cm environ)
- la longueur de l'épi (5 à 7 cm)
- le nombre de grains par épi (33 à 44)
- le nombre de "bon grains"

restent toujours les plus élevés quelle que soit la date du semis.
Les semis effectués à 200 et 250kg/Ha ont produit des rendements plus élevés aux autres dates (4T contre 3,6T/Ha) grace à une densité de plantes et d'épis bien supérieure (de 30 à 100%), **INCOMPATIBLE** à notre avis avec une bonne végétation.

Pour le blé en zone intertropicale, Grignac préconise, quant à lui, les chiffres suivants que nous comparons aux chiffres obtenus en Haute Volta:

Facteurs	mini	moyen	Maxi	150kg/ha	200	250
nb de pieds/m2	300	350	400	422 / 522	577 / 620	774 / 832
tallage fertile	----------	1,15	----------	1,00 / 1,02	1,02 / 1,05	1,03 / 1,15
nb d'épis/m2	350	400	500	433 / 557	610 / 652	846 / 918
nb d'épillets	minimum 15			12 / 10	9	8
poids de 1000 grains (g)	minimum 35			36,6 / 33,8	35,3 / 33,5	33,4 / 36,2

Ces résultats illustrent **le caractère marginal de cette zone pour le blé,** Baldy souligne (H2) "l'importance de l'effet des paramètres adverses", il note d'autre part, "que l'analyse de la qualité des grains constitue en effet un intéret primordial de jugement de l'adaptation du blé à son milieu".

Du tableau précédent, on s'étonnera avec les auteurs (H2), de l'augmentation du tallage avec les densités et on émettra certaines réserves à propos des poids de 1000 grains et des rendements mentionnés considérant les longueurs d'épis (de 4 à 7 cm), le nombre de grains par épi (de 21 à 44) et le pourcentage de "mauvais grains" (de 30 à 50%).

A MADAGASCAR

Les essais "dates de semis" ont révélé très rapidement **l'importance capitale de l'état du sol de la rizière.**
Sur les Hauts Plateaux, les conditions climatiques conviennent bien à partir de mi-mai (températures moyennes =<20°c). Jusqu'à 1800m, les exigences thermiques sont satisfaites jusqu'au **stade D** (T°>=10°c) ; par contre, les besoins du **stade floraison** (E-F) pour lesquels Grignac fixe à 17°c le seuil journalier et à 13°c le minimum nocturne , ne sont plus satisfaits au-dessus de 1400m du mois de mai à celui d'octobre(Md21) où l'on observe couramment **une réduction de la fertilité (portion d'épis avortée).** En limitant la culture à 1400m, les risques de gel, souvent évoqués, se trouvent réduits : Raunet les évalue entre 1 et 10 jours/an, centrés sur juillet.

La solution qui consisterait à repousser la floraison en septembre (cycle plus long par exemple) se heurte à deux obstacles :

1) concurrence avec la culture de riz suivante
2) risques importants d'orages de grêle en octobre. "La grêle est fréquente sur les Hauts Plateaux en général et dans le massif de l'Ankaratra en particulier..... elle est cependant **assez rare de mai à septembre**,mais elle reste à craindre pendant tout le reste de l'année, spécialement d'octobre à décembre, les chutes étant les plus fréquentes en novembre"(Md21).

Au lac Alaotra (700-800m), il est conseillé d'attendre les températures plus fraiches de juin - juillet pour implanter la culture. Charpentier (Md15) note "qu'une variété de 120 jours peut etre aisément mise en place en contre-saison sans que les travaux propre à la culture du riz en soient perturbés".

Les densités de semis :

En illustration à notre proposition d'apprécier l'aptitude d'un milieu à une culture donnée à partir des "densités de peuplement" nous mentionnerons les résultats obtenus par Dobos en Mauritanie (Mu2) où, pour des densités de semis de 300 à 600 grains/m2 l'auteur observe une **augmentation régulière des rendements** de 2,8 à 4,8T/Ha sur sol **"Fondé" uniquement**, les sols "Hollaldé" et "Naldé", n'ont donnés, respectivement, que 2,4 et 0,9T/Ha **quelle que soit la densité de semis.**
A Madagascar, à partir des essais de densité de semis et de peuplement, Guis conclut : "l'augmentation de la dose de semence par hectare n'est pas la solution au faible peuplement du blé en culture de contre saison , elles augmentent les concurrences entre plants" (Md18).
On recommande à Madagascar de semer à 150kg/Ha (pour des semences de qualité moyenne) avec des interlignes de 20cm.

Préparation du sol - Conduite de la culture :

EN PAYS SAHELIENS

La préparation est guidée par les préoccupations de l'irrigation : Sapin, au Mali, conclut : "le système de planches est le meilleur, le système des cuvettes pose des problèmes d'irrigation et de superficie utile (importance relative des diguettes), la maitrise de l'eau y est difficile et il y a souvent asphyxie, le système de billons est intéressant" (Ma5). Quideau, à Lossa (Niger) relève comme inconvénients liés aux techniques d'irrigation à la raie : "les risques de comblement des fossés par ensablement et les pertes d'eau par ruissellement au cours des pluies dans les parcelles planées et billonnées... sur les parcelles planées mais non billonnées, le ruissellement est moindre". Cet auteur recommande le sous-solage en saison sèche, pour accroitre l'infiltration, il signale enfin "que la mise en place d'une couche ou d'un horizon de surface peu perméable ont protégé les horizons profonds de l'action déstructurante de l'eau" (N2).

"l'eau **étant le facteur essentiel**, il faut mener une formation approfondie..." nous souligne M. Coulibaly, directeur du projet "Action blé Diré"(Ma8).

On rappelera donc ici les résultats obtenus par Sapin en matière d'irrigation :

- préconiser l'irrigation à la raie à peu près partout, en sols légers, où elle semble donner satisfaction ; mais il y a lieu de ne pas dépasser des longueurs de raies de plus de 50 mètres.
- en sols très lourds, il préconise la sub-irrigation, tout en mettant en garde "contre la nocivité d'un excès d'eau, **surtout au semis**". Se référant à des travaux du CIMMYT, il note que "le développement et le rendement du blé sont sérieusement diminués à cause du taux de diffusion très lent de l'azote dans le système racinaire **entrainé par cet engorgement** " (réduction du nombre de talles, de la fertilité des épis et des dimensions du grain).A l'appui de cela, il note qu'une inondation de 4 jours "apparait défavorable au semis et au 45ème jour, correspondant à des besoins accrus en oxygène (métabolisme intense), alors que cette meme inondation, réalisée aux 15ème et 30ème jours après semis augmente la hauteur de la plante, le nombre de talles et la production de paille, celle du 65ème jour favorise le grossissement du grain et le rendement.

Sur ce meme thème, Viguier dans un rapport de 1941 sur la culture du blé au lac Faguibine, mettait déjà en garde contre l'inondation, risque principal jusqu'à épiaison, tout en reconnaissant que si "l'eau ne séjourne pas plus de 2 à 3 jours, l'effet est excellent" (Ma6).

Pour les doses et les fréquences, Sapin propose : "dans les pays secs d'irriguer quatre fois par mois, en donnant à chaque fois 50mm, ce qui donne au total 600mm par saison" (G10). A Diré au Mali, "une irrigation tous les 10 jours est la meilleure" (Ma2). Afin d'économiser l'eau d'irrigation, une variante est proposée sur la base d'une irrigation tous les 15 jours jusqu'à la montaison, puis tous les 10 jours - avec une dose fixe de 50mm-.

A MADAGASCAR

Raunet (Md20) insiste : "le drainage et la préparation du sol seront les thèmes prioritaires à vulgariser ; ce ne seront pas les plus faciles car ils sont à l'opposé des pratiques de la riziculture". Si la "technique la plus simple consiste à travailler le sol à une humidité optimale et à semer le plus rapidement possible après l'émottage pour assurer une bonne germination" (Md13), Charpentier au Lac Alaotra et Bozza sur les Hauts Plateaux se sont vus obligés "d'envisager d'autres techniques culturales qui tiennent compte des différentes catégories de sol" (Md7) et partant une **autre démarche.** Bozza précise dans sa note concernant les essais de matériels (Md10) : "dans notre démarche au cours de ces essais de matériels, nous nous sommes refusés à vouloir imposer, comme c'est trop souvent le cas, **un nouveau matériel spécifique** d'une opération culturale donnée. Au contraire, nous avons tenu à concilier au mieux les intérêts du paysans et les exigences de la plante :

1) en conseillant une meilleure utilisation du matériel disponible chez les paysans.

2) en proposant des transformations simples et peu couteuses du matériel existant.

3) en soumettant des choix de matériels et des techniques d'intervention en fonction des types de sol.

Les catégories de sol se définissent en fonction de **leur aptitude à etre travaillés** (taux d'argile, de limons fins, de matière organique) ; les auteurs soulignent les difficultés liée **sessentiellement à l'émottage-affinage du sol** et proposent différentes solutions (cf. Annexe X). On notera que Charpentier, pour des sols particulièrement lourds, s'est inspiré des techniques traditionnelles employées dans la région du Lac, tout en mettant en garde contre certaines pratiques comme l'irrigation après semis qui ne doit etre réservée qu'aux sols filtrants. Il propose aussi d'effectuer "des irrigations souterraines" à partir de drains afin de maintenir un niveau de nappe suffisant.

Bien implanté, le blé cultivé en rizière, sans appoint d'irrigation, ne réclame pratiquement aucun entretien (excepté une surveillance phytosanitaire). Il en va différemment en culture irriguée, où la conduite de l'irrigation réclame une attention soutenue, et partant de nombreuses heures de travail.

Interprétation - Conclusion :

L'un des traits essentiels du blé de "contre saison", réside dans le fait qu'il s'agit **d'une culture secondaire dont la production reste essentiellement fondée sur le paysannat.** Pour nous, le développement de cette culture passe **obligatoirement** par la prise en compte **des contraintes liées aux facteurs humains** qui éclairent d'un jour nouveau les "quelques exigences" de cette culture (H5).

A l'appui de cette constatation, nous citerons à nouveau M.Coulibaly, directeur du projet "action blé Diré" (un des mieux engagés actuellement) : "Bien que la culture du blé soit ancienne à Diré - (allusion aux introductions marocaines, et aux cultures de l'époque coloniale) - **l'encadrement des paysans demeure nécessaire. En effet, les connaissances et les techniques ne sont pas encore bien avancées et la maitrise de l'eau est loin d'etre acquise.**

Enfin, on regrettera que la recherche ne se soit pas intéressée à des thèmes plus traditionnels, tels **les cultures de décrue** qui à en croire Viguier avait donné de bons résultats sur le lac Faguibine, où ont été obtenus des rendements de 1,0 à 2,0T/Ha sur un millier d'hectares en 1941. Ces résultats sont à mettre au compte **d'une adaptation judicieuse des techniques culturales des sorghos et mils traditionnels à la culture du blé** ; illustration dont plus d'un "développeur" gagnerait à s'inspirer(cf. Annexe XI).

LE CHOIX VARIETAL

EN PAYS SUD SAHELIENS

En Haute Volta :

Détermination des objectifs de sélection :

Les travaux ont porté essentiellement sur **l'adaptation aux conditions climatiques** par l'introduction "de variétés d'origines diverses sans discrimination quant à l'espèce (Triticum durum, aestivum) et notamment quelques variétés sélectionnées par le CIMMYT au Mexique "(H2). L'objectif reste ici **l'obtention de rendements élevés** (>4T/Ha) par l'augmentation de la densité d'épi/m2 (>600 épis/M2) en gagnant sur l'interligne (réduit à 15 et meme 12cm) "sans trop perdre sur la longueur de l'épi, le nombre d'épillets, le nombre de grains et le poids de 1000 grains" (H2).

Les résultats :

Très rapidement, les introductions en provenance du Mexique et des U.S.A **se sont révèlées les plus intéressantes.**
En essais variétaux et de comportement, des rendements de 5T/Ha et plus ont été obtenus. "L'analyse des conditions climatiques générales en Haute Volta font penser que des blés bien adaptés (tels Mexipack, Siete Cerros, Giorgo,Penjamo..) pourront donner des rendements remarquables dans la zone allant du 11ème au 13ème degré Nord et notamment au Sourou" (H2).
Grignac fait état (Ma10) de bons rendements **en essais** obtenus en 1979 avec Siete Cerros (4,3T/Ha en 96 jours) et des lignées de Montpellier pour des cycles inférieurs à 100 jours (L101 : 6,3T/Ha en 88 jours) : la question que nous poserons est de savoir ce que deviendront ces **rendements élevés** assujettis à des **dates "peu flexibles"** et des techniques culturales **contraignantes**, en milieu paysan ?

Au nord de 13° de latitude

Nous nous référerons pour cette zone, essentiellement aux travaux effectués dans la région de Diré par Sapin avec l'appui scientifique de l'ENSA de Montpellier (Grignac - Ma 7,9 &10).
Les études menées à Diré (16° Nord) **représentatif de la zone sub-sahélienne favorable au blé**, illustrent bien l'intérèt que présente le **thème du choix variétal** pour faire face aux inconvénients décrits au chapitre des **techniques culturales**

Objectifs de sélection :

Grignac, dans son compte rendu "Amélioration de la production du blé en zone tropicale" (Ma10), dresse l'inventaire des principales caractéristiques des variétés adaptées aux conditions de culture de la zone intertropicale.

influence sur les facteurs physiques :

1) brièveté du cycle de développement (ne pas dépasser 90-95 jours) pour l'économie de l'eau, pour éviter les risques d'échaudage à partir de mars - avril suivant les lieux.

2) indépendance à la photopériode ou adaptation à des photopériodes courtes.

3) tolérance aux hautes températures liée :
- à la profondeur d'enracinement
- à la durée de vie des racines
- à une faible surface foliaire
- à une résistance élevée à la transpiration

4) aptitude à donner de gros grains, à cause :
- des amplitudes journalières inférieures à 7°, provoquant une faible initiation florale
- de l'ETR importante pendant la phase de méiose-floraison entrainant une diminution de poids de l'ovaire et partant du grain.

5) résistance à l'égrenage du au vent (Harmattan).

6) faible respiration nocturne de façon à limiter les pertes provoquées par la longueur de la nuit.

7) faible aptitude au tallage (cycle court, températures élevées) compensée par des épis très fertiles, à nombreux grains.

A partir de ce **profil variétal** qui privilégie la composante fertilité des épis, Grignac met en garde contre des densités de semis trop élevées.

influence sur les facteurs humains :

1) brièveté du cycle de développement permettant : l'économie de l'eau diminuant la pénibilité de l'irrigation et de disposer d'une **période d'un mois** (15 oct. - 15 nov.) pour réaliser les semailles dans **de bonnes conditions.**

2) qualité nutritionnelle élevée (protéines, lysine).

3) adaptation à l'agrotechnie des agriculteurs :
- assurer une bonne levée (bonne énergie germinative coléoptile long,..).
- tamponner les irrégularités de l'irrigation (résistance élevée à la sécheresse, bonne tolérance à l'asphyxie radiculaire..).

Le matériel végétal :

Très abondant (3500 lignées). Très diversifié : en provenance des pays méditerranéens, du moyen orient, des sélections du CIMMYT.
Observé dans des conditions très sévères à Montpellier (il existe, malgré des conditions très différentes, une bonne concordance des résultats entre Montpellier et certaines situations tropicale (Ma10)).
Grignac souligne la difficulté de réunir à la fois grande précocité et fertilité suffisante des épis.

La sélection des lignées (réalisée à Montpellier)issues de nombreux croisement a porté sur la précocité à la floraison et à la maturation, fertilité des épis (composante la plus importante), grosseur du grain et rendement en protéines (35 lignées retenues sur 2000).

Les résultats :

Le tableau suivant résume les résultats obtenus au Mali à Diré.

Variété	Rendement (T/Ha)	Cycle (jours)	Origine
Siete Cerros	3,85	102	CIMMYT
Limpopo	4,20	95	CIMMYT
L 385	5,00	98	Montpellier
L 170	4,93	102	"
L 395	4,97	98	"
L 390	4,33	104	"

En grandes parcelles, les lignées L 385 et L 170 ont atteint des rendements **supérieurs à 3T/Ha chez des agriculteurs utilisant des techniques simplifiées** (Ma10).

A MADAGASCAR

Le matériel végétal :

Le choix variétal a porté sur le **criblage des variétés disponibles** sur la grande Ile, suite aux introductions réalisées par l'IRAM et aux sélections* de FIFAMANOR.Un filtrage à deux niveaux, comme pour la saison des pluies, a été réalisé par Guis (on rapellera ici qu'il n'existe pas de catalogue national).

*FIFAMANOR a initié en 1973 un programme d'amélioration variétale du blé (introductions du CIMMYT, croisements avec des variétés insulaires, telle Romany..) qui s'inscrit dans le cadre d'une action de développement agro-pastorale dans la région d'**Antsirabe**, zone dont les particularités sont : Altitude >1500m, très bonne fertilité du sol, mode de production en paysannat avec **irrigation d'appoint.**

Une collection "lourde" de 108 variétés a été observée dans deux régions climatiques distinctes, sur types de sols différents, en vue d'une adaptation large :

1) Sur la Cote Ouest

- en irrigué sur sables roux à Tulear(1981).
- en décrue sur "baibohos" d'Antanimalandy (1977-79).

2) Sur les Hauts Plateaux, sans appoint de l'irrigation

- sur sol hydromorphe, faiblement organique, très filtrant (risques de sècheresse) à Mahitsy (1978-79).
- sur sol hydromorphe minéral avec controle de nappe (risques d'asphyxie) à Belanitra (1979).

Une collection "légère", définie à partir des résultats de la précédente ; mise en place en 12 lieux des Hauts Plateaux, pour vérifier l'adaptation aux conditions particulières de chaque site, en fonction de :

- l'altitude (de 1200 à 2000m).
- du type de sol (de très organique à minéral).
- du type de culture (avec ou sans irrigation).

Les résultats :

De la collection lourde

Guis (Md18) a retenu en particulier :

sur la Cote ouest : Penjamo et IBWSN 170 à Tuléar, où les cycles levée-floraison oscillent entre 70 et 80 jours, alors qu'ils se réduisent à 40-60 jours à Antanimalandy, où de bons résultats ont été obtenus avec Penjamo, Siete Cerros, Fifa 32 et 49.
Dans cette écologie, les rendements semblent indépendants de la longueur des cycles.

sur les Hauts Plateaux : A Mahitsy, la profondeur de la nappe au moment du semis tardif à limité les rendements (nappe à 140cm au semis). Malgré ces conditions particulières, dont n'ont meme pas bénéficiées les variétés précoces, les **rendements s'ordonnent indépendamment des cylcles.**
Pour cette région Guis a retenu pour leur bonne régularité :

IBWSN 108, 112, 114 et Fifa2, 23, 49

Ici, les cycles levée-floraison se situent dans une fourchette de 70-80 jours, et on notera le bon comportement des variétés Fifamanor.

De la collection légère

Sur l'ensemble des sites, Guis (Md18) note la supériorité de IBWSN 108 et 114 ainsi que de Pitic.

Une bonne corrélation entre **la longueur du cycle et le rendement**, les cycles levée-floraison variant de 65 à 110 jours en fonction de l'altitude.

Variétés	Rendement (T/Ha)	Cycle *
IBWSN 108	1,9	L
" 114	1,8	LL
Pitic	1,8	L à LL
Romany	1,5	L
Fifa 23	1,7	M
Africa Mayo	1,6	M
Fifa 44	1,5	C
Tanori	1,3	C

* C=court, M=moyen, L=long, LL=très long

Le résultat de ces "filtrages" a permis de disposer de quelques variétés bien adaptées à l'écologie des Hauts Plateaux (rusticité). Cette adaptabilité s'est vérifiée également **au Lac Alaotra**, où Charpentier notait dès la première campagne, la bonne tenue des variétés IBWSN 108 et Pitic 62 "performantes et rustiques"(Md15) ; en 1983, ces qualités étaient confirmées tout spécialement en sols hydromorphes organiques, là où les risques d'asphyxie étaient à craindre. Ce meme auteur souligne également :

la belle tenue des IBWSN 112 et 114.

le comportement moyen de Romany et Tanori (variéts témoins).

la mauvaise tenue (jaunissement) de BW 19** et 42H sur ces meme sols.

En sols hydromorphes minéraux, IBWSN 108 a donné également d'excellent résultats, alors que F.E et 763 ont du etre éliminés.

Enfin Charpentier(Md15) fait remarquer que "**les variétés à cycle long** rattrapent mieux une mauvaise préparation du sol".

Interprétation - Conclusion

Pas plus qu'en saison des pluies, il n'a été prévu de création variétale blé pour la culture de contre saison à Madagascar, en dehors des activités propres à FIFAMANOR. Cet "oubli" illustre à nos yeux, une fois de plus, le peu de crédit accordé au choix variétal. Cette attitude est tout à fait paradoxale pour Madagascar quand on connait la diversité des milieux et les contraintes qu'elle soulève.

En illustration à cette affirmation, nous prendrons le cas de la variété **BW 19 :**

Au Lac Alaotra, Charpentier la rejette car **inadaptée aux sols où des risques d'asphyxie sont à craindre.**

Sur les Hauts Plateaux, en culture paysanne, elle a **manqué de rusticité**, donnant des rendements, en moyenne moitié de ceux de Romany, comme il apparait dans le rapport "Fin de campagne de contre saison 1983 Kobama - Volet agricole"

** variété proposé à la vulgarisation par FIFAMANOR en 1982

Pourtant cette variété, nouveau cheval de bataille de FIFAMANOR, c'est bien comportée dans la zone d'influence de cet organisme, pour le type de culture préconisé par lui (cf. page 65).

Convaincu de l'importance de la sélection, nous énumérerons ci-après les principales caractéristiques que nous jugeons indispensables à une variété pour une adaptation de la culture du blé de contre saison sur les Hauts Plateaux et au Lac Alaotra.

Caractéristiques communes aux deux régions :

1) Indépendance à la photopériode, ou adaptation à des photopériodes courtes.
2) Tolérance vis à vis de l'asphyxie radiculaire (horizon réduit, mal réoxydé...).
3) Tolérance au pH acide, à la toxicité de Fe et Al.
4) Adaptation à l'agrotechnie des agriculteurs nécessitant : rusticité, bonne énergie germinative (bonne levée), fort enracinement, tallage.
5) Adaptation à la destination des produits.
6) Rythme de développement.

Caractéristiques spécifiques :

Au Lac Alaotra : on conseillera des cycles longs qui rattrapent mieux une mauvaise préparation du sol(Md15).

Sur les Hauts Plateaux : les risques de grêle obligent à fixer la maturité, au plus tard, aux premiers jours d'octobre (à préciser) quels que soient les sites, et tout spécialement dans l'Ankaratra.

Aux altitudes supérieures à 1400m, il convient d'autre part de fixer la floraison en aout, après les minima de juillet. On sélectionnera ici pour les froids, en recherchant :

une grande prolificité des épis,pour pallier aux portions d'épis avortées .

des variétés à petits grains pour une maturation plus rapide.

On notera que l'allongement du cycle avec l'altitude est favorable au tallage, on recherchera des variétés à tallage élevé, permettant des floraisons mieux étalées dans le temps, réduisant ainsi les dégats dus au gel.

CONCLUSION GENERALE SUR LES TECHNIQUES CULTURALES ET LE CHOIX VARIETAL POUR LA CULTURE DE CONTRE SAISON

En introduction au Choix variétal pour la culture de saison des pluies, nous indiquions que ce thème doit venir en appui à la Fertilisation et aux Techniques culturales, les objectifs de sélection découlant alors des obstacles auxquels se heurtent ces deux thèmes.

En mode de production en paysannat, comme c'est le cas ici, cette recommandation prend toute sa valeur, car la possibilité de jouer sur les différents facteurs de production est limité en ce qui concerne la fertilisation par le faible pouvoir d'achat du paysannat (combiné à des difficultés d'approvisionnement), et reporte le problème sur une meilleure satisfaction des autres exigences culturales.

En limitant les possibilités offertes par le "choix variétal", la seule issue reste alors les techniques culturales, très souvent contraignantes pour le paysan.

LE BLE PAR DELA L'ALIMENT

Parmi les pays que nous venons d'étudier, seuls le Mali et Madagascar ont choisi délibérément le mode de production en paysannat (cf. orientation des recherches poursuivies).

Au Mali, l'Action Blé semble bien engagée. "L'agriculture Africaine" - 1981 - lui consacre une page où l'auteur s'accorde à reconnaitre la bonne maitrise du projet : - développement harmonieux : 50 ha en 79-80, 315 ha en 82-83.
- désenclavement de la zone, infrastructure routière.

A Madagascar, il est trop tot pour pouvoir se prononcer, néanmoins il est permis de fonder de sérieux espoirs quand on connait les potentialités tant humaines (savoir faire du paysan des Hauts Plateaux) que du milieu (bonne fertilité naturelle des rizières, terroir de quelques 300 000 ha !).

Le succès de la culture tient ici essentiellement **au type de vulgarisation** qui sera choisi ; ainsi aussi bien l'échec de la Sodéblé que notre expérience à la Kobama montrent qu'il ne convient pas d'aliéner le développement d'une culture aux intérêts d'un industriel : L'expérience du Cameroun en est un exemple frappant.

Afrique Agriculture (n°93 -' Mai 1983) consacre à la situation de la Sodéblé une rubrique où n'apparaissent jamais les rendements ; "*première phase de 10 000 ha est en cours d'achèvement*" - en fait sur 7000 ha défrichés, on apprend que 4 000 ha sont mis en culture de mais/blé/soja.
on est rassuré car les prévisions de production pour 1984-85 portent sur 9000 T de mais, 1 200 T de blé et 200 T de sorgho. "On" s'empresse de rappeler que "*l'objectif final est de 125 000 T de céréales. On note enfin qu'une maiserie de 50 T/Jour sera mise en service en 1983 !*

A nos yeux, le développement de la culture du blé, tout comme du vivrier traditionnel, passe obligatoirement par le paysannat, du fait :

*1) **de la fragilité des écosystèmes** : où "les techniques extensives **mises au point depuis des générations**" - jachère, outillage léger adapté à une terre qui ne peut supporter de profonds labours.... - A cet égard, le transfert des conceptions agronomiques européennes dans les régions tropicales s'est souvent révélé désatreux et c'est **pour avoir transgressé les règles imposées à l'agriculture par la rudesse du climat** que les entreprises modernes de culture ont essuyé des échecs sérieux : intensification de l'érosion mécanique et chimique des sols, destruction rapide de la fertilité et **baisse non moins rapide et catastrophique des rendements** (69).*

*2) **de la vocation essentiellement agricole de ces pays** où "le véritable héros de la bataille du développement c'est le paysan. C'est sur lui que repose en dernière analyse le décollage du Tiers Monde". (La main et l'outil - E. Pisani).*

*3) **de la précarité du milieu** où"la productivité doit etre considérée comme l'art d'économiser ce dont on manque et de bien gèrer les ressources que l'on a". (La main et l'outil - E. Pisani).*

Ainsi, là où les exigences du blé paraissent normalement satisfaites et ne relèvent pas de "l'exploit", telles les zones de culture traditionnelles (cf. Historique) : on peut développer sa culture. Par contre, pour les autres pays, l'importation de blé (ou de farine) apparait la règle ; afin de limiter les sorties de devises (argument souvent avancé pour justifier les projets), on pourra dans un premier temps développer les techniques à base de farines composées ; et à plus long terme, proposer une alternative à base de produit vivriers non panifiables à l'exemple des Tortillas au Mexique ou du Mofo gasy à Madagascar.

Le blé **devrait etre** cultivé pour ses particularités agronomiques : très bonne valorisation de l'eau et besoins en températures moins élevé que pour les autres cultures plus tropicales et non pour un symbole particulier auquel l'usage le rattache:

"L'homme est ce qu'il mange, sa nourriture porte témoignage sur son rang social,la civilisation, la culture qui l'entoure".(Les structures du quotidien - F. Braudel - Ed. A. Colin).

*Enfin, le blé apparait etre actuellement, avant tout **un facteur de paix sociale** restant à l'abri "du ravitaillement capricieux des vivriers locaux" (approvisionnement à l'étranger) et "en raison de son bas prix" (largement subventionné au niveau de la vente au détail). (G12)*

*De cet **avantage politique** découle plusieurs inconvénients :*

*1) il favorise le phénomène d'urbanisation, et "crée à plus long terme des habitudes alimentaires inadéquates qui ne pourraient etre satisfaites avec des populations en accroissement rapide et **au revenu par tète insuffisant** (G12).*

*2) attentifs à cette **paix sociale**, les politiques parent au plus pressé et délaissent le vivrier traditionnel pour s'engager souvent dans des impasses, avec "effet de compétition négatif sur les producteurs locaux de blé ou d'autres céréales contribuant au sous-emploi rural"(G12), entrainant un exode vers les villes.*

*3) il accroit "la dépendance vers des marchés mondiaux spéculatifs, **éloignant de l'objectif de l'autosuffisance alimentaire**" (G12) avec les conséquences d'une intégration croissante de la filière Blé telle qu'on l'observe malheureusement actuellement (minoteries, boulangeries industrielles...) d'une part et l'assurance pour le fournisseur d'un marché captif d'autre part.*

ANNEXES

		page :
I	Biologie et physiologie du blé	1
II	Description des principaux sols des régions étudiées	5
III	Diagrammes climatiques	10
IV	Mise en valeur des terres et érosion	17
V	Approches de la fertilisation	21
VI	La photopériode	23
VII	Une agriculture sans paysans	25
VIII	Le jannissement du blé sur les Hauts Plateaux de l'Adamaoua	29
	L'effet défriche et ses symptomes à Madagascar	30
IX	Evolution de la production du blé en Afrique de 1969 à 1982	32
X	Préparation du sol et semis du blé en rizières sur les Hauts Plateaux malgaches	33
XI	La culture du blé sur les berges du Faguibine	37

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 38

ANNEXE I Biologie et physiologie du blé.

Le cycle du blé peut etre divisé en trois périodes:
- végétative.
- reproductive.
- maturation.

1. Période végétative

- *germination-levée* :

le premier élément formé ; la coléorhize s'allonge d'abord, puis 5 à 7 racines séminales apparaissent. Lorsque le coléoptile atteint la surface du sol, on dit que la **plante a levé.**

Cette phase dépend :
- de la qualité de la semence (qualité et pouvoir germinatif).
- de la température du sol : Somme des températures°=220°/j.
- de l'humidité du sol (faible pour le blé, le grain pour germer, absorbe 30% de son poids en eau).
- de l'état sanitaire des semences utilisées.
- des conditions physiques du sol: battance, engorgement,...
- de la profondeur du semis: besoins en température accrus (55°/j par cm au-dessous de 3 cm).

- *Tallage* :

il correspond à une ramification de la tige principale qui, chez les graminées, se produit sans allongement des tiges secondaires : on observe différents bourgeons au meme niveau; **le plateau de tallage.** Généralement, la première talle, apparait à l'aisselle de la coléoptile ou de la première feuille quand la plante atteint le stade "4ème feuille".
Seules les feuilles s'allongent : GAINE et LIMBE. D'autres talles primaires prennent naissance à l'aisselle de la 2ème, 3ème et 4ème feuille, les talles primaires peuvent à leur tour produire des talles secondaires, tertiaires, ...

Au tallage, il apparait au niveau de chaque talle des **racines secondaires** (ou coronales) qui descendent **profondément avant de se ramifier** . Ces racines prennent le relais des racines séminales dont le nombre reste faible, mais qui ont une croissance en profondeur très rapide.

Seules, les racines secondaires peuvent assurer correctement la nutrition de la plante et satisfaire ses besoins en éléments fertilisants, les racines primaires jouent un role primordial pour l'alimentation en eau.

Le tallage herbacé dépend du temps qui sépare le début tallage (stade 4ème feuille) du début montaison et est fonction :

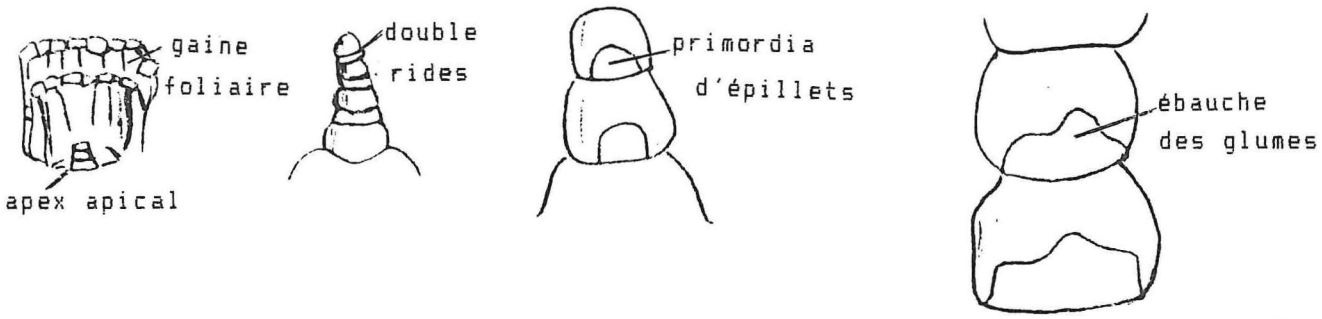
1) de la variété, un cycle court monte plus tot.
2) de la longueur du jour (voir photopériode).
3) de la température; une température élevée favorise l'émission des talles.
4) de la nutrition minérale; l'azote favorise le tallage.

Le tallage s'arrete quand le maitre brin commence à monter:**compétition apicale.**

2. Periode reproductive

On distingue les stades phénologiques suivant:

formation des épillets : **phase A-B**



Stade A -----> double rides -----> primordia -----> Stade B
maitre brin — d'épillets — ébauche
longueur: 0,5 mm — d'épillets
(apex apical)

Début tallage ----------> Tallage ----------> Fin tallage

spécialisation florale : **phase B-D** montaison
phase D-F floraison

Phase B-D

Stade B ----------> Stade C ----------> Stade D
Ebauche des glumes — Organes sexuels — Méiose pollinique

les apex des talles différencient aussi les ébauches d'épillets : les talles qui n'ont pas atteint le stade A quand le maitre brin est au stade B ne donneront pas d'épis .

Le tallage épi est toujours inférieur au tallage herbacé :

-le tallage herbacé est d'autant plus important que ler stade A est atteint plus tot et que la phase A-B est plus longue.

- l'azote favorise la formation de la matière verte dont il faudra raisonner l'apport en fonction du peuplement végétal.
- si la température active la production de matière verte, elle devient défavorable sur la montée en épis des autres talles en favorisant la compétition qu'exerce le maitre brin sur les autres talles.

Phase D-F

Stade D ----------> Stade E ----------> Stade F
Méiose pollinique — Epiaison — Floraison

L'azote agit favorablement sur la production de talles (en nombre) et sur le nombre d'épis ; mais cet accroissement de matière sèche s'accompagne d'une dilution proportionnelle de l'azote (entre les talles formés), aussi un apport d'azote est tout indiqué pour augmenter le nombre d'épis tout en se gardant des risques de verse.
On notera qu'un apport tardif profite moins aux tiges, mais augmente le nombre et la taille des grains.

3. Période de maturation

Phase F-Mo

La floraison qui suit de près l'épiaison dure environ 6 jours.
Grignac fixe à **17°C le minimum en dessous duquel on peut craindre une baisse de fertilité des épis** (et à 13°C le minimum nocturne); enfin les périodes gélives lui sont fatales.
A la floraison, la croissance de la tige s'arrete et les substances accumulées dans les tiges migrent dans les grains, la matière sèche augmente jusqu'au stade M.o .Au cours de cette phase se situe le**Palier hydrique** au cours duquel *le grain accumule l'amidon et les protides.*

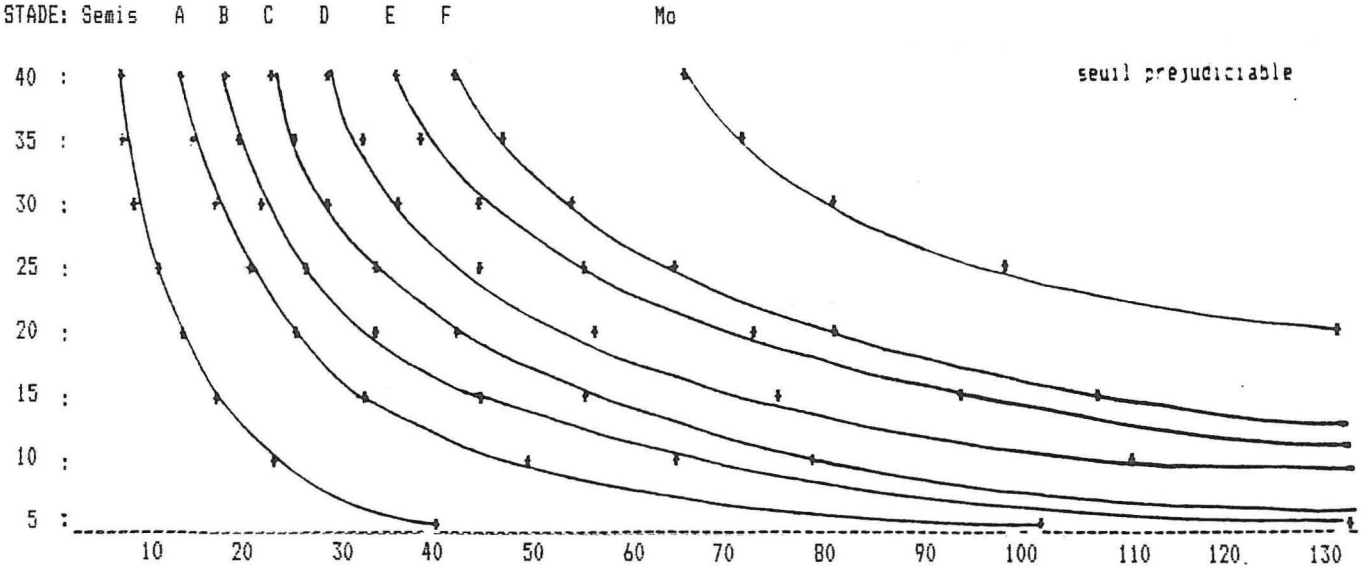
Le grain se déssèche ensuite, il est mur 30 à 45 jours après la fécondation.

La fécondation agit directement sur le rendement ; l'avortement des épillets dépend :
- de la variété (productivité)
- des conditions climatiques
- de l'état des réserves au moment de la méiose (bon développement de la plante)

Au cours du palier hydrique, si l'E.T.P. est excessive(> 6mm/jour) et/ou la température >30°C, la migration des réserves ne s'effectue pas normalement: il y a *échaudage.*

Le graphique (page suivante) présente les contraintes climatiques pour chaque stade de développement.

STADE	Somme des T° pour atteindre ce stade.	Commentaires	Interventions
Semis-Levée	220°/j	+ 55°/j par cm de profondeur à partir de 3cm	Bonne préparation du lit de semence
A B	500°/j 650°/j	**Tallage herbacé** pendant la phase A-B : formation des épillets **Stade B** : arret de la différenciation des des talles secondaires. Températures élevées (>25°) : raccourcissement de la phase A-B (nb. épillets faibles,épis courts, tallage épis).	Apport d'azote : - meilleure croissance des talles secondaires - réduction de la concurrence entre talles. - allongement de la phase A-B
C	800°/j	**Formation des organes sexuels :** si T° élevées, avortement des épillets.	- Irrigation
D	1100°/j	**Méiose pollinique :** fertilité, nb. de grains par épi. **Formation des ovaires :** grosseur des grains. amplitude jour/nuit supérieure à 12°.	- Irrigation - Apport d'azote : grossissement du grain.
F	1450°/j	**Floraison - fécondation :** si T°jour>30° ou T°jour<17°, diminution de la fertilité de l'épi, (portion d'épi avorté).	- Irrigation - Calage des cycles
Mo	1650°/j	**Migration des réserves :** remplissage du grain si T°>30° : risque d'échaudage si ETP>6mm/j : risque d'échaudage	- Irrigation



CYCLE : Nombre de jours pour atteindre un stade donné en fonction de la température moyenne.

Annexe II Description des principaux sols des régions étudiées

1) Haute Volta :

Banfora : sableux profond et très filtrant, pH acide.

Vallée du Kou : alluvionnaire léger et profond, "argileux léger", pH acide.

Sourou : argilo-limoneux profond, pH neutre. Les sols du Sourou posent certains problèmes liés à l'irrigation (H 3).

2) Mali :

Diré, sols sur alluvions récentes du Niger, brun sub-arides (sols iso-humiques du système plaine) argilo-limoneux, à texture fine, battants en saison des pluies, pH acide, m.o=1.1% .

Kogoni, on rencontre trois types de sols (delta du Niger):

Danga blé, chatain évolué, de cote moyenne à haute, limono-sableux à limono-argileux, friable en surface, battant en saison des pluies.

Dian, brun peu évolué, de cote assez basse, argilo-limoneux compact, fentes de retrait après dessication, battant en saison des pluies.

Moursi, brun évolué, zone de bas-fonds très argileux à structure friable en surface et largement crevassé après dessication, ph à tendance basique, m.o 0,4 à 1%

3) Niger :

Lossa, les cultures sont établies sur les terrasses fluviatiles. Sur le glacis, les sols sont hétérogènes (mélange de divers matériaux d'origines très différentes. En profondeur, la variabilité est moindre (présence d'une arène d'altération du granite), on distingue:

les sols sableux d'origine eolienne **traditionnellement utilisés pour la culture du mil;** bonne aptitude culturale si l'horizon sableux est enfoui à > 40 cm.

les sols sableux faiblement argileux (argile <=12 %) ont donné des résultats médiocres (1981). QUIDEAU propose de les améliorer par des apports de fumure et enfouissement de matières organiques.

les sols sablo-argileux bruns alluvio-colluviaux sont hétérogènes(dépots alluvio-colluviaux fréquemment inclus dans les profils) : 12 à 30% d'argile, gravillons (2 à 10 mm) en proportion variable(10 à 60%). La couleur est généralement brun foncé avec des taches d'hydromorphie. Ces sols, dés la surface présente un pH élevé et plus de 20% de Na échangeable. Ils sont très compacts, peu structurés et durcissent fortement(kaolinite). En dehors du périmètre expérimental, ces sols **ne sont pas cultivés.** QUIDEAU propose de les améliorer par le gypsage, le sous-solage et le drainage.

les sols sablo-argileux alluviaux rougeatre, en bas de glacis (forte proportion d'éléments fins : argile 35%, limons 15%). Ces sols sont épais et souvent marqués par l'hydromorphie, peu cultivés jusqu'à présent, ils présentent des potentialités élevées(capacité d'échange élevée, K20 moyen et Na faible), sont délicats à travailler, déformation après engorgement.

4) Sénégal - Mauritanie :

sur une toposéquence des berge du fleuve Sénégal, on rencontre :

les sols de Dieri, sables dunaires.

les sols Fondé, évolués sur matériaux argilo-limoneux (30 à 40% d'argile,10 à 15% de limons) déficients en N et P, pourvus en bases échangeables, pH =6,7, hydromorphes à gley en profondeur, drainants, reposent sur du sable à 50-60 cm.

les sols Hollaldé, très argileux (60% d'argile,10% de limons) inondés chaque année par la crue.

DOBOS (Mauritanie) décrit un type supplémentaire *Naldé* argileux.

Les sols *Fondé* conviennent le mieux à la culture du blé.(S 4)

5) Cameroun :

La culture étant développée en un seul lieu, nous donnons page suivante l'analyse complète.

6) Madagascar :

Etant donné la grande variété des sols, nous présentons dans les tableaux (voir page suivante)deux types de sols en illustration de ceux des Hauts Plateaux (le lecteur se reportera en plus aux travaux de RAUNET: Md 20, Md 21).

ANALYSE D'UN SOL ROUGE FERRALITIQUE SUR BASALTE ANCIEN DE WASSANDE (GERDAT/MONTPELLIER)*

argile %	23,3
limon %	29,6
sable très fin %	18,4
sable fin %	19,4
sable grossier %	9,2
matière organique %	4,52
carbone %	2,62
azote total %	2,15
rapport C/N	12
P total ppm	800
P assimilable (olsen) ppm	18
Ca échangeable me %	0,60
Mg	0,40
K	0,20
Na	0,01
somme des bases échangeables me %	1,21
capacité d'échange me %	10,70
% saturation (v)	11
pH eau	4,80
pH KCL	3,90

ETUDE DE SOL DE WASSANDE PAR L'INSTITUT MONDIAL DU PHOSPHATE (A MONTPELLIER)*

Analyse de P (ppm)	
P total (perchlorique)	640 ppm
pouvoir fixateur	1 775 ppm
P assimilable olsen	35 ppm
P assimilable Saunders	135 ppm
P assimilable Truog	6 ppm
P assimilable Bray N-2	0,5 ppm
Fractionnement Chang et Jakson	
PAL	10 ppm
PFe	89 ppm
P Ca	37 ppm
P occlus	494 ppm
P organique	10 ppm

* SOURCE : Les problèmes de fertilisation à Wassande - Décembre 1977 - J. VELLY -

PROFIL AHM. 1

Sol "rouge" sur basalte ancien

Sol ferrallitique fortement désaturé gibbsitique modal

Situation : Près d'Ambohimandroso, 4 km à l'Ouest de la ville, sur le point d'essai blé.

Altitude : 1600 mètres

Modelé : Sommet de large interfluve, à pente faible (1%). Lambeau de planèze basaltique (partie terminale)

Matériau : Basalte de coulée mio-pliocène, à structure massive, épais de 4 à 5 mètres, recouvrant le socle granito-gneissique (qui affleure sur les bas de versants de l'interfluve)

Régime hydrique : Très bonne infiltration, excellent drainage.

Description :

0 - 20 cm : Brun-rougeâtre à brun-rougeâtre foncé (2,5 YR 3/4 à 4/4 à l'état sec). Homogène. Structure polyédrique anguleuse fine très développée. Nombreuses racines fines. Texture argileuse, sans éléments grossiers. Friable. Limite distincte et régulière.

20 - 100cm : Brun-rougeâtre à rouge (2,5 YR 4/4 à 4/6 à l'état sec). Sans taches. Homogène. Structure polyédrique anguleuse fine et moyenne très développée. Texture argileuse, sans éléments grossiers. Friable. Limite graduelle et ondulée.

100 - 160 cm : Rouge (2,5 YR 4/6 à l'état sec). Sans taches. Homogène Structure polyédrique anguleuse moyenne très développée. Texture argileuse, sans éléments grossiers. Friable. Limite nette et ondulée.

160 - 165 cm : "Stone-line" discontinue composée de fragments de basalte altéré grisâtre.

165 à plus de 200 cm : Début de la zone d'altération du basalte. Noyaux de basalte altéré gris (5 YR 5/2 à 5/3) et d'argile rouge (2,5 YR 4/6).

N° ECHANTILLON			AHM.1	AHM.2	AHM.3	AHM.4	
PROFONDEUR		cm	0-20	20-100	100-160	165-200	
HUMIDITE	à pF 4,2	%	25,76	22,20	27,04	31,52	
	à pF 3,0	%	46,17	37,09	35,22	53,61	
	à pF 2,5	%					
GRANULOMETRIE	Argile (0-2µ)	%	62,4	71,9	82,6	55,0	
	Limon fin (2-20µ)	%	19,0	14,1	5,4	16,9	
	Limon grossier (20-50µ)	%	9,8	4,5	4,5	18,1	
	Sable fin (50-200µ)	%	4,3	4,1	4,3	8,5	
	Sable grossier (200-2000µ)	%	4,6	5,3	3,2	1,4	
MATIERE ORGANIQUE	Matière organique	%	5,93	3,72	1,43	0,29	
	Carbone	%	3,44	2,16	0,83	0,17	
	Azote total	‰	3,26	1,81	0,80	0,16	
	Rapport C/N		11	12	10	11	
PHOSPHORE	Total	ppm	1328	1280	1735	2438	
	Assimilable (Olsen)	ppm	19	13	41	117	
COMPLEXE ABSORBANT	Ca	mé%	0,17	0,04	0,08	0,08	
	Mg	mé%	0,14	0,02	0,01	0,03	
	K	mé%	0,15	0,02	0,01	0,01	
	Na	mé%	0,02	0,01	0,01	0,01	
	Somme des bases	mé‰	0,48	0,09	0,11	0,13	
	Capacité d'échange	mé%	20,93	14,70	7,05	11,32	
	Saturation	%	2	1	2	1	
pH	pH eau		5,05	5,20	5,40	5,10	

PROFIL BT. 2

Andosol peu différencié
sur projections basiques très récentes

Situation : 5 km au SE de Bétafo. Bordure de la route Antsirabe-Bétafo.

Altitude : 1560 mètres

Modelé : Piémont de cône volcanique (Antsifotra). Pente 8%.
Culture de maïs

Matériau : Projections volcaniques scoriacées basaltiques (holocène)

Régime hydrique : Excellent drainage

Description :

0 - 80 cm : Noirâtre (humide), gris (sec). Cendreux et poussiéreux à l'état sec. Limoneux. Très friable. Humide. Homogène.

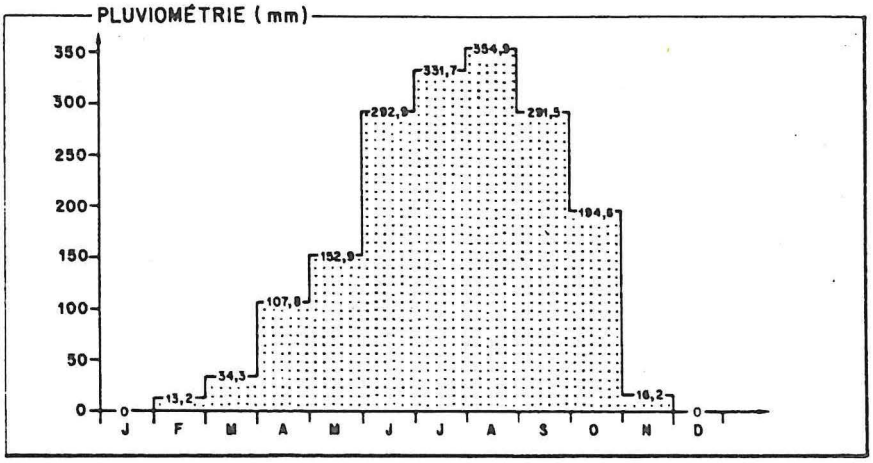
80 - 100 cm : Brun-ocre. Limoneux. Humide. Friable.

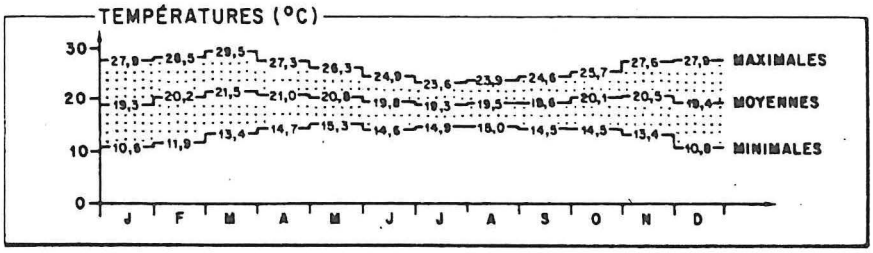
100- 120 cm : Graviers de scories de couleur ocre-jaune, alternés avec des lits noirs.

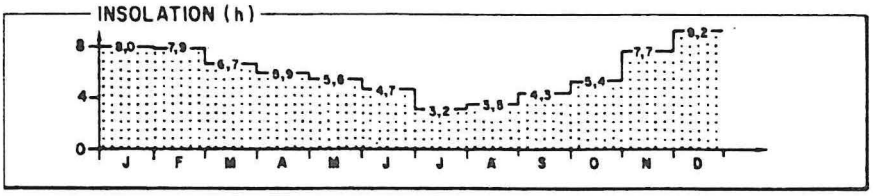
N° ECHANTILLON			BT 21	BT 22	BT 23		
PROFONDEUR		cm	0-80	80-100	100-200		
HUMIDITE	à pF 4,2	%	24,91	28,72	33,63		
	à pF 3,0	%	56,54	60,35	61,94		
	à pF 2,5	%	61,36	65,43	65,92		
GRANULOMETRIE	Argile (0-2µ)	%	24,2	21,0	13,7		
	Limon fin (2-20µ)	%	35,1	37,9	35,6		
	Limon grossier (20-50µ)	%	11,7	11,0	10,6		
	Sable fin (50-200µ)	%	11,9	11,6	15,5		
	Sable grossier (200-2000µ)	%	17,1	18,5	24,6		
MATIERE ORGANIQUE	Matière organique	%	11,71	12,43	10,31		
	Carbone	%	6,79	7,21	5,98		
	Azote total	‰	4,51	4,84	3,99		
	Rapport C/N		15	15	15		
PHOSPHORE	Total	ppm	2513	2528	2443		
	Assimilable (Olsen)	ppm	330	275	165		
COMPLEXE ABSORBANT	Ca	mé%	8,50	9,90	7,70		
	Mg	mé%	2,54	3,10	2,15		
	K	mé%	0,24	0,07	0,06		
	Na	mé%	0,06	0,09	0,13		
	Somme des bases	mé‰	11,34	13,16	10,04		
	Capacité d'échange	mé%	44,46	47,47	45,51		
	Saturation	%	26	28	22		
pH	pH eau		5,50	5,85	6,15		

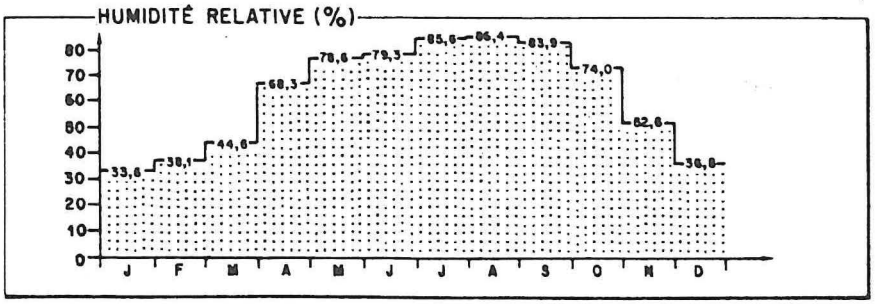
ANNEXE III Diagrammes climatiques

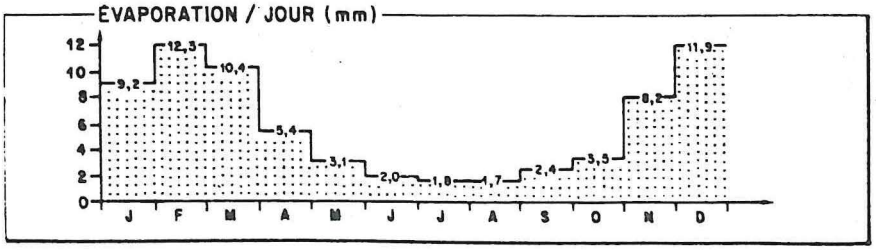
Cameroun - Wassandé



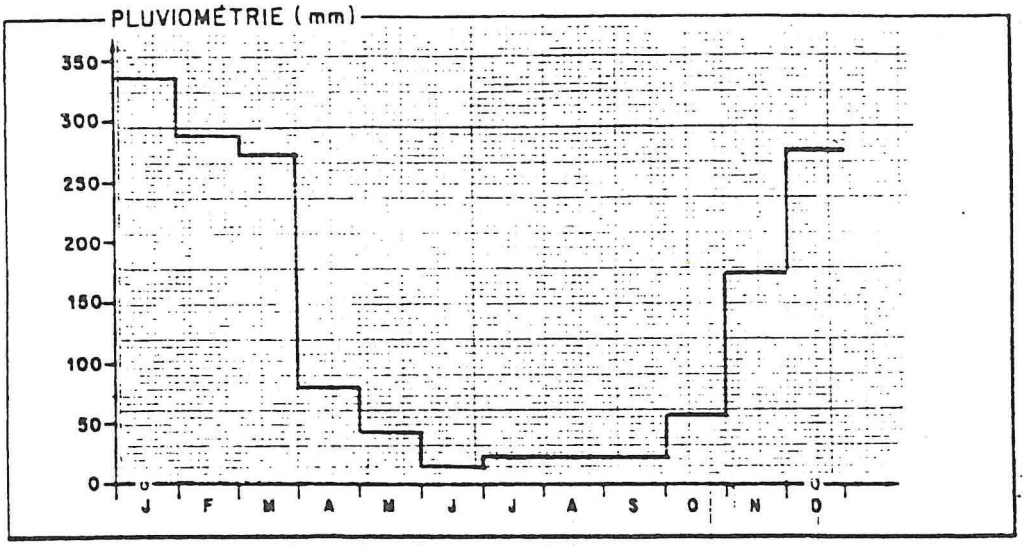


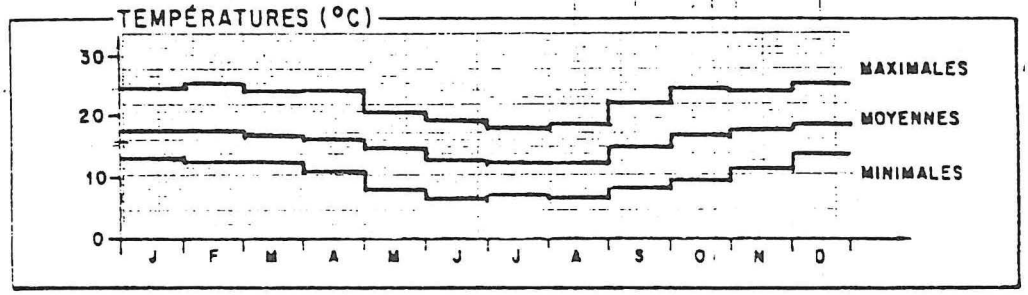


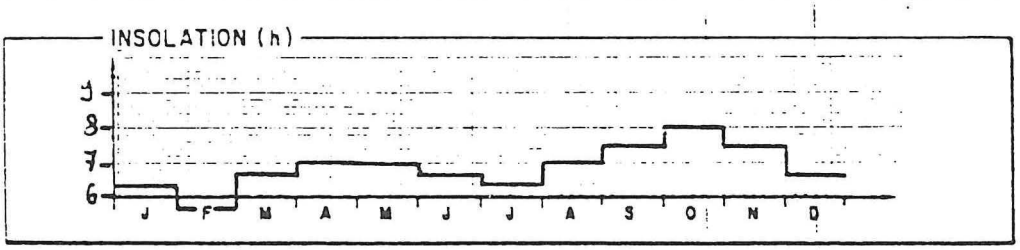


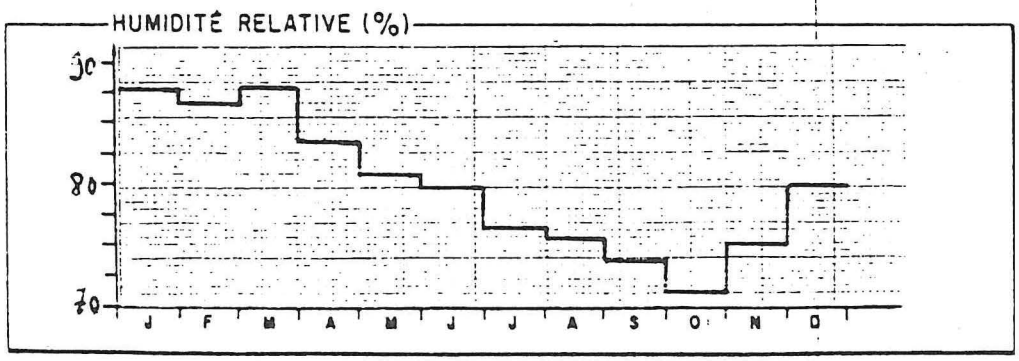


Madagascar
Ambatolampy (1555m)
Est Ankaratra





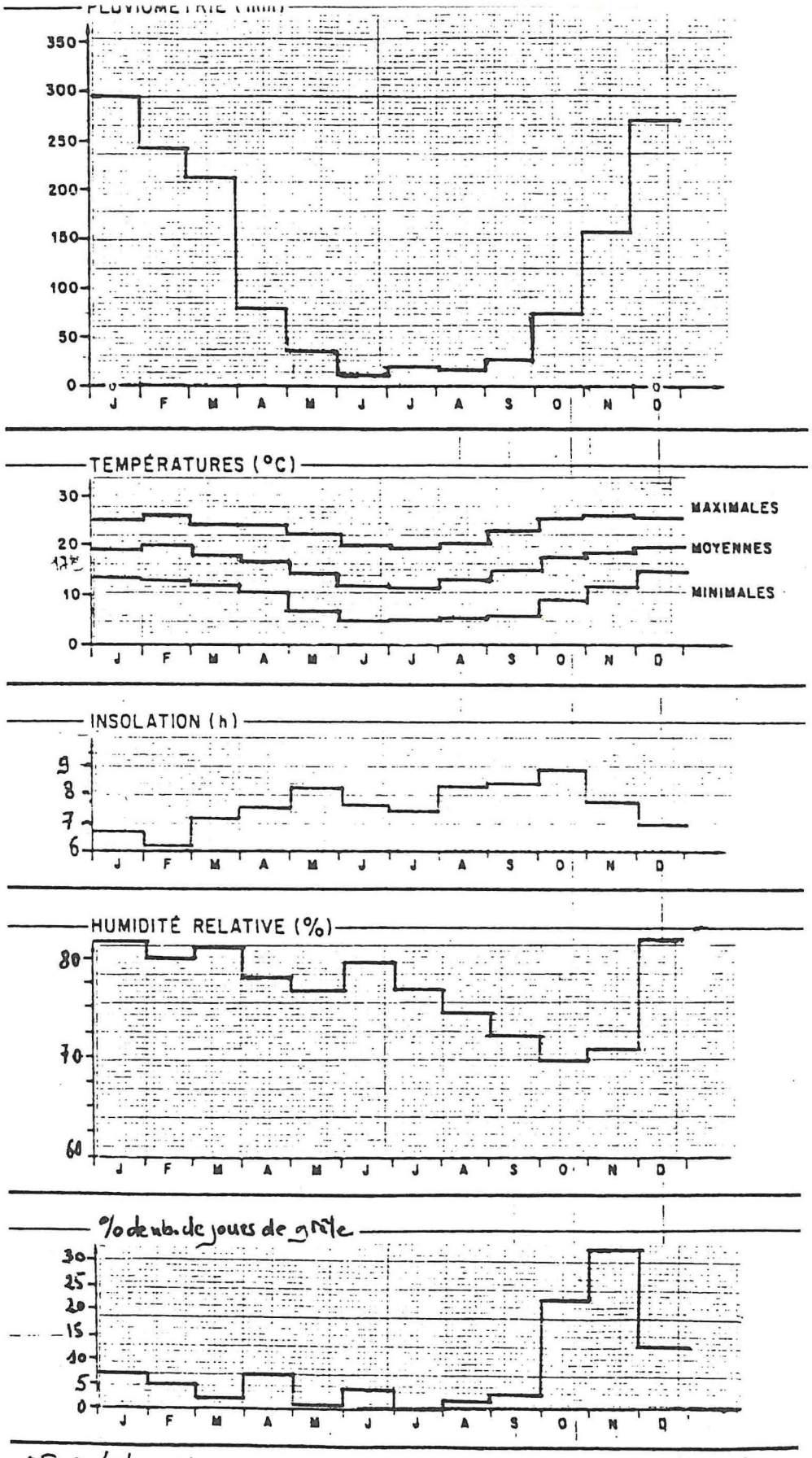




EVAPORATION / JOUR (mm) comprise entre 1,4 et 2,1 mm / jour
(Thornthwaite)

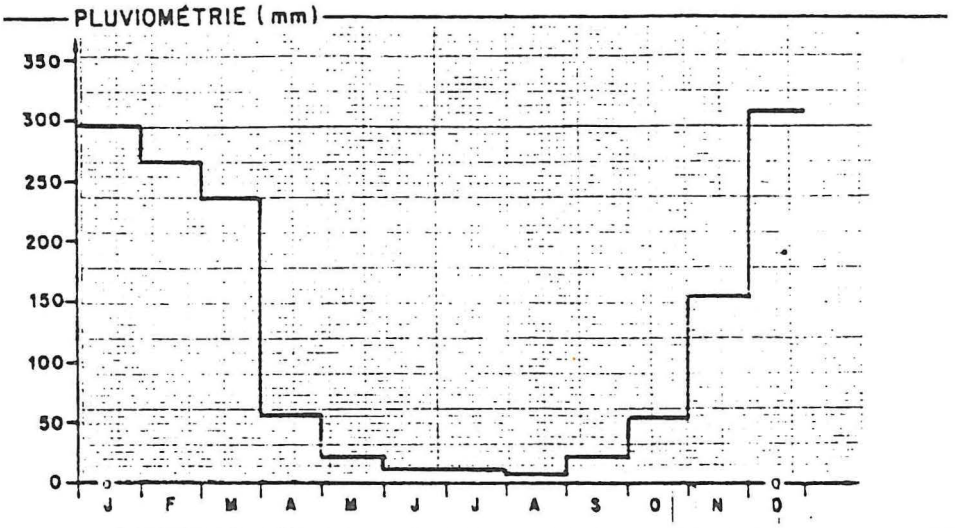
- La grêle est à craindre en octobre novembre

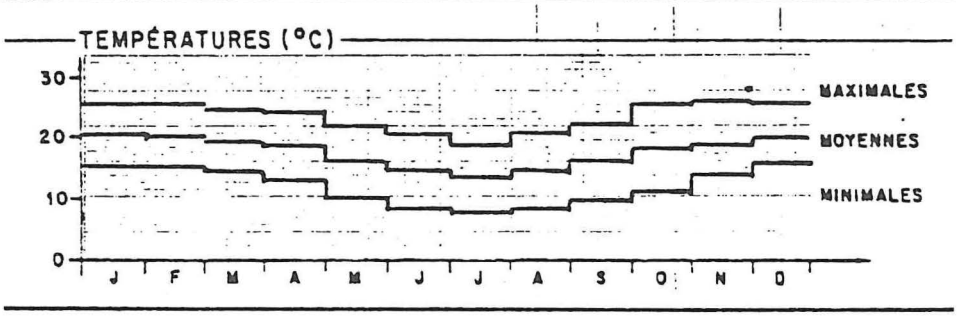
Madagascar
Antsirabe (1450m)
Sud-Est Ankaratra.



E.T.P. (Thornthwaite) comprise entre 2,4 mm/j et 3,2 mm/jour

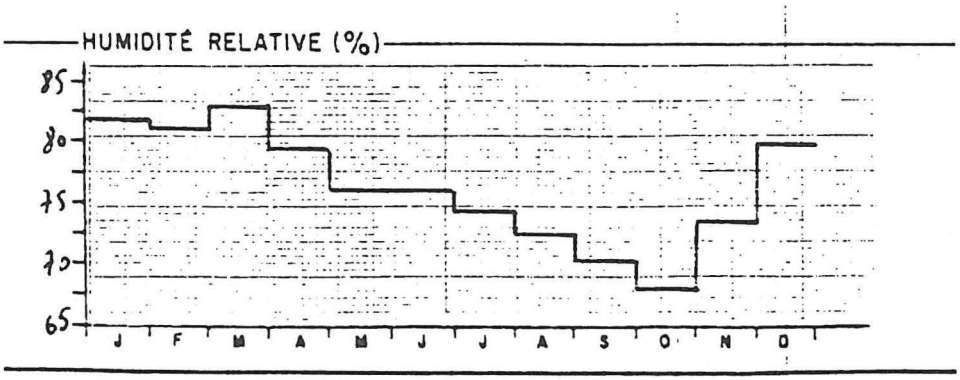
Madagascar
Arivonimamo (1450m)
Nord-Ouest
Ankaratra





INSOLATION (h) — Pas de relevés -

- ensoleillement plus important qu'Antananarivo

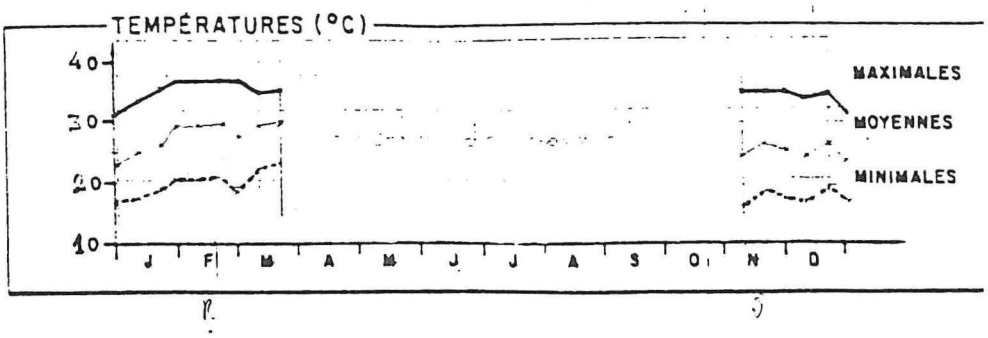


EVAPORATION / JOUR (mm) — Pas de relevés -

Haute Volta

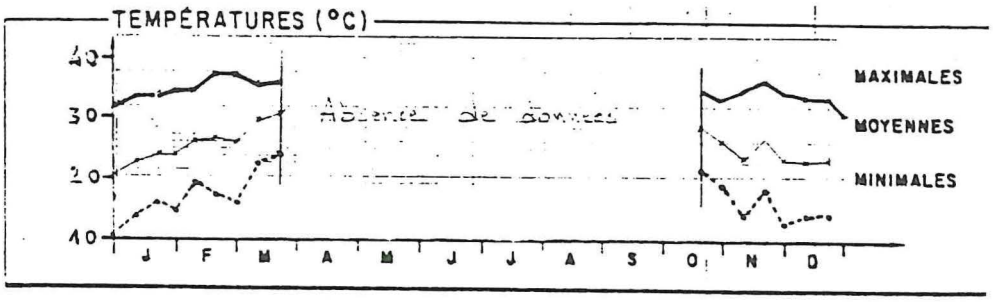
BANFORA

(10°44 N)



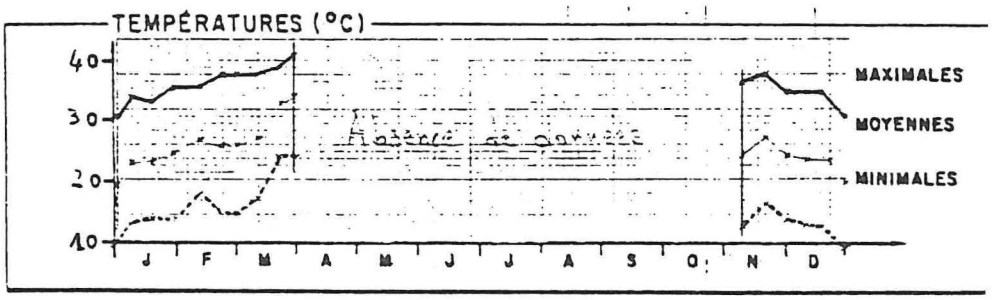
KOU

(11°40 N)



SOUROU

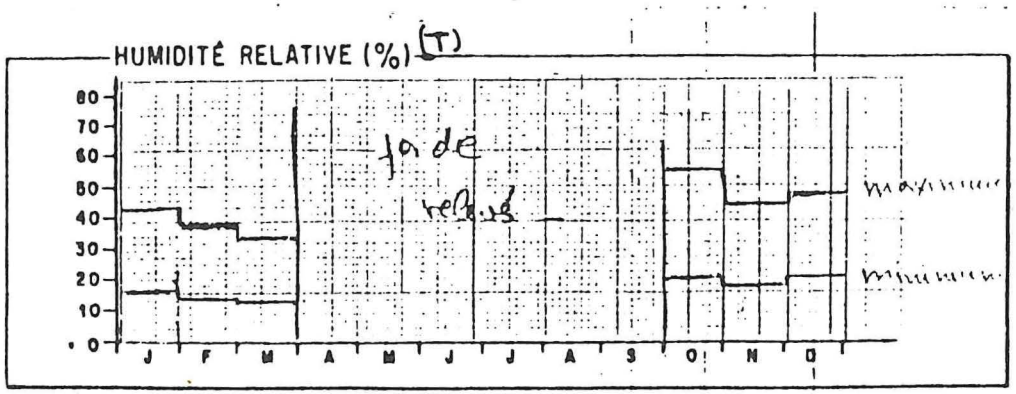
(13°06 N)

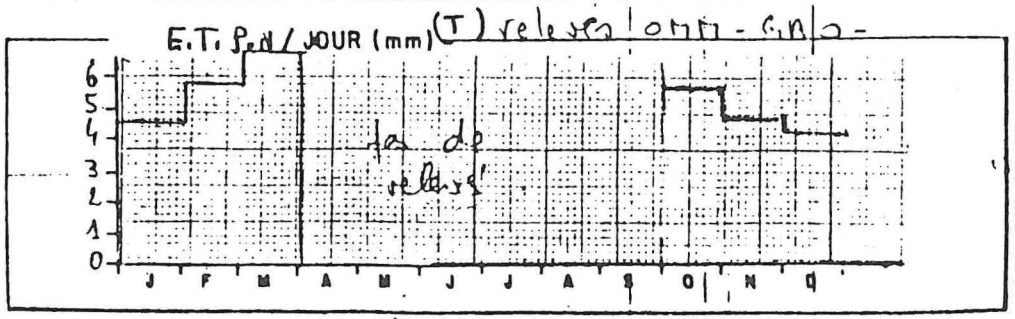


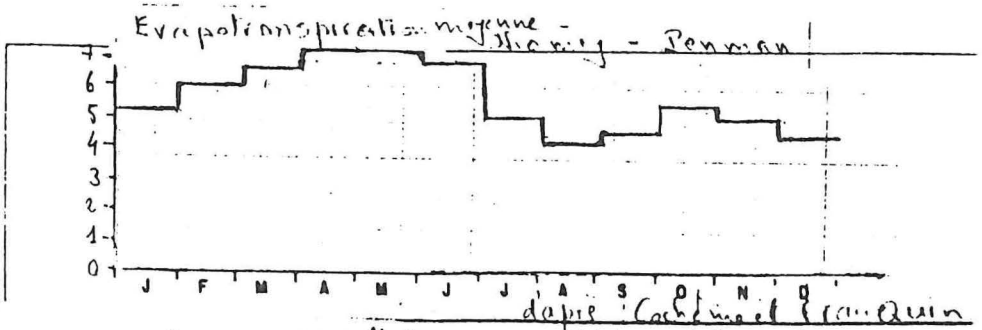
DIAGRAMMES CLIMATIQUES : Zone sahélienne

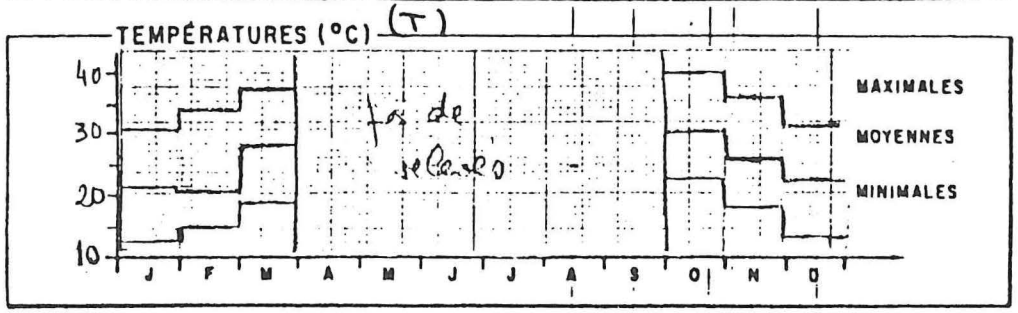
Mali :
Tombouctou (T)
Latitude : 17° N

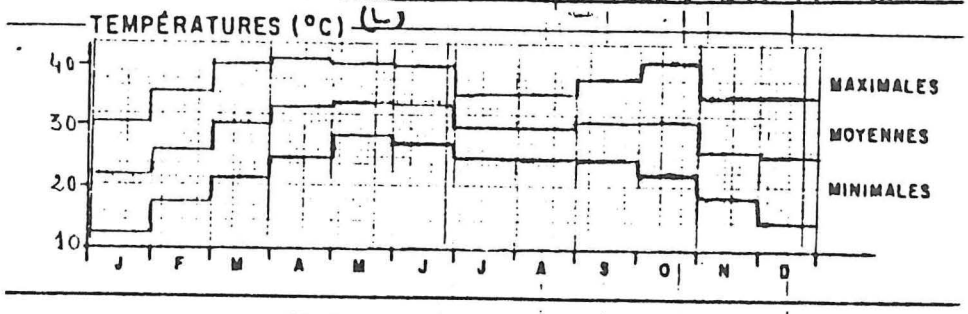
Niger : Lossa (L)
Latitude : 14° N.

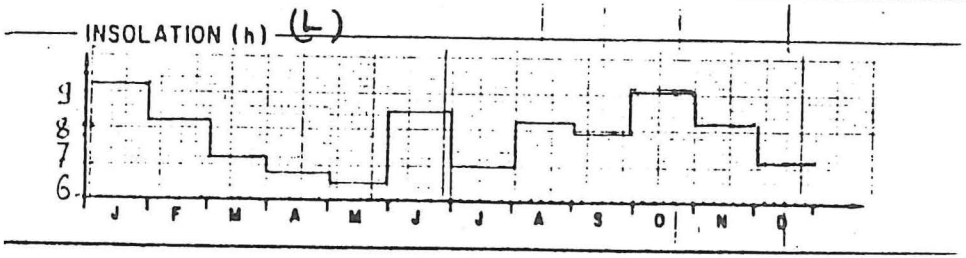


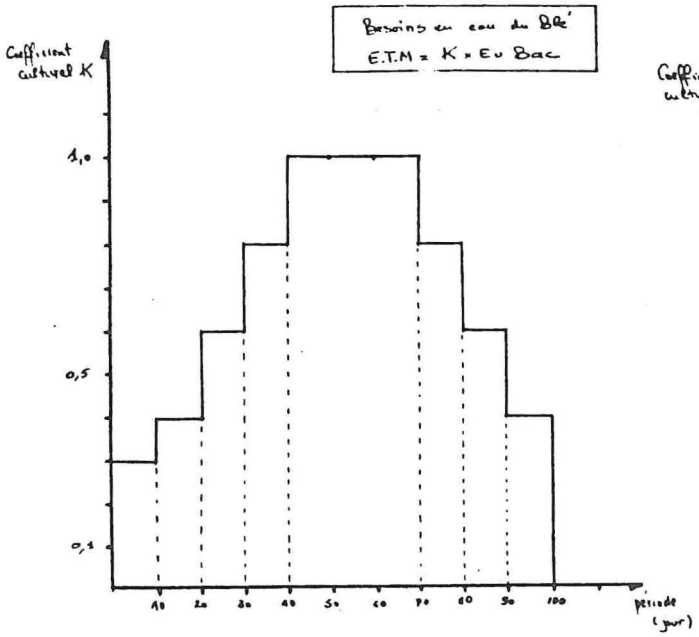




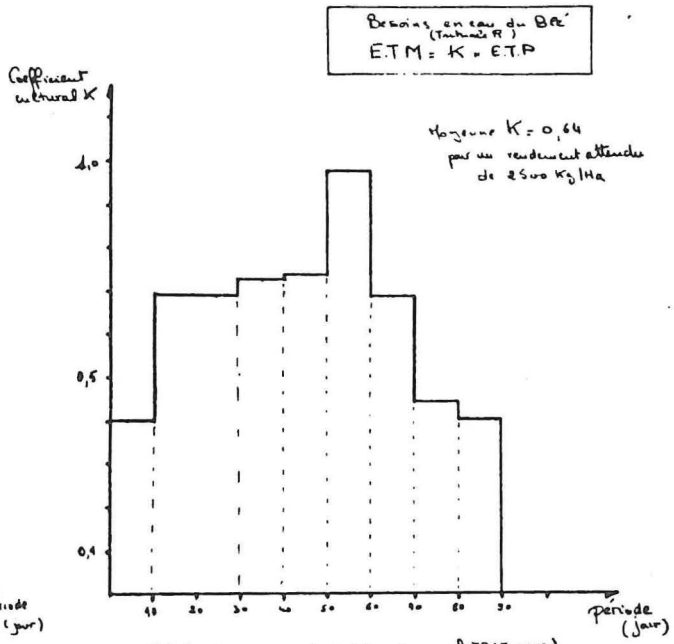




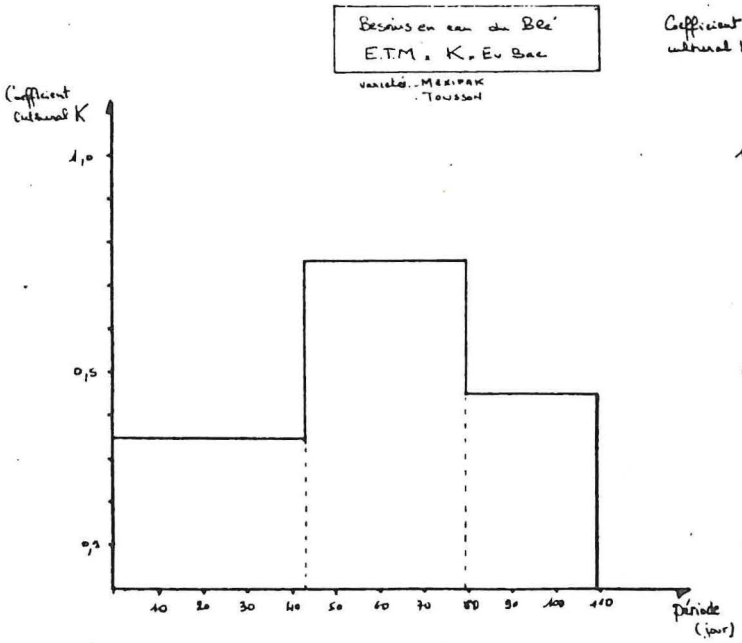




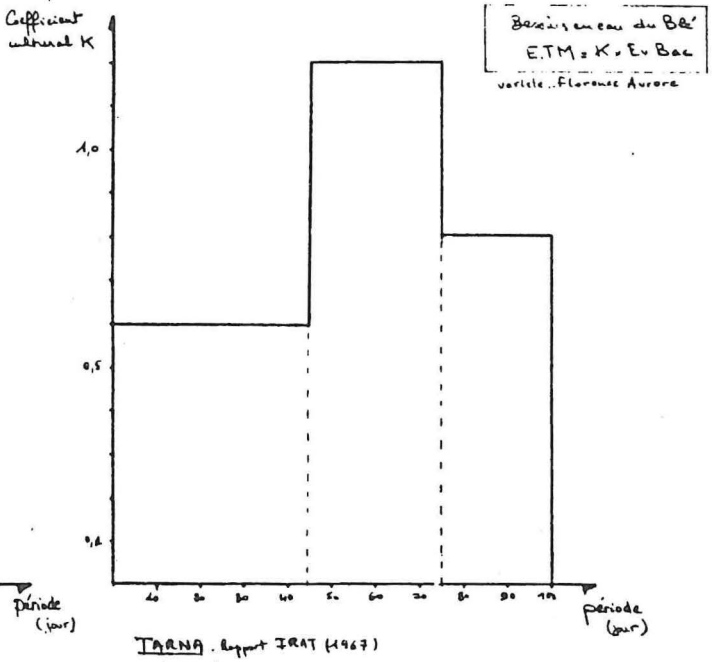
BANFORA (1977): Coefficient cultural K pour la culture du Blé
(10°44'N)



Sénégal . Centre Nord (Rapport annuel IRAT 1982)
(14°30'N)



TILLABERY (Agronomie Tropicale XXX-1980 n°2)
(13°N)



TARNA . Rapport IRAT (1967)
(43°44'N)

ANNEXE IV Mise en valeur des terres et érosion

Les manifestations d'érosion associées à la fragilité des sols tropicaux représentent le problème n° 1 de la mise en valeur de tels sols en culture mécanisées.

Pour illustrer ce problème, nous avons fait de larges emprunts au rapport de mission de J. PARE : "La culture du blé et l'érosion à Wassandé."

Cette mission a été demandée par la SODEBLE (Cameroun) à la suite de manifestations d'érosion hydrique sur ses terres après 1 ou 2 campagnes de culture.

1. manifestation d'érosion hydrique :

Les manifestations les plus fréquentes sont l'érosion en nappe et l'érosion en griffe (à partir de 2%) pouvant se transformer en **décapage de la couche travaillée :** glissement de terrain (quand la pente atteint 5 à6 %).

Eu égard au parcellaire géométrique (voir plus loin) les chemins d'exploitation servent de collecteurs des eaux de ruissellement ; ces eaux s'accumulent aux points bas et se répandent sur les parcelles dominées.

Indépendamment du parcellaire, on observe des zones de départ et d'atterrissement résultant du ruissellement interne, repérable toutes deux par une **densité plus faible des plants de blé.**

2. causes de l'érosion :

La nature du sol :

44% d'argile, 40% de limons : structure massive en surface, mais friable, **structure meuble en profondeur** ; un échantillon de sol se pulvérise facilement dans la main : manque de stabilité structurale malgré une bonne teneur en N 2°/.. et une matière organique abondante : 8% (analyse effectuées en 1974) :"*Il y a lieu de rechercher si le travail et la culture du sol ne provoquent pas une rapide consommation de la matière organique se traduisant par une instabilité de la stucture,* **l'entretien du niveau de la matière organique dans ces sols devenant un impératif absolu"**(observation en 1976).

Le relief :

le périmètre de la SODEBLE est situé à une altitude moyenne de 1450m à la limite de la zone des plateaux. Il ne s'agit pas d'un véritable plateau, mais d'une zone à relief mou, les pentes sont rarement supérieures à 6%, les versants sont **extrèmement longs** ; quand il y a ruissellement, il se produit un effet cumulatif le long du versant, et le ruissellement acquière un pouvoir érosif important.

La pluviométrie :

les séquences de pluie représentent un facteur important dans l'étude des risques d'érosion qui augmentent avec le nombre de jours de pluie sans interruption. L'intensité est à relever pour le calculs de ouvrages anti-érosifs.

L'implantation du parcellaire :

la zone de mise en valeur a été divisée en carrés de 500m de coté (25 ha) séparés par une voie ds circulation. **On a installé un parcellaire géométrique qui ne tient aucun compte du relief.**

Le calage du calendrier cultural par rapport à la pluviométrie :

le calendrier cultural montre que la préparation du sol s'effectue pendant deux périodes climatiques distinctes, à la fin de la saison sèche, et pendant le début et le plus fort de la saison des pluies (voir le calendrier page suivante). Pour chacune de ces périodes, on peut souliger les inconvénients majeurs au point de vue de la conservation des sols :

1. compte tenu du manque de stabilité structurale, le travail du sol en saison sèche (labour) fournit des éléments fins soumis à l'érosion éolienne et des éléments fins " prets à subir facheusement l'impact des gouttes de pluie".

2. "à partir de juin, la pluviométrie est de 300mm (par mois jusqu'en septembre) et il **pleut 4 jours sur 5.** Affiner la terre pour la culture du blé dans de pareilles conditions climatiques est un**véritable défi**".

3. pendant la période des semis (15 aout au 15 septembre), le sol reçoit **1/4 de la pluviométrie totale,** alors que les jeunes plants ne peuvent assurer aucune protection du sol. Etant donné l'impératif de la date de semis du blé : "il y aurait lieu d'examiner si une autre organisation du chantier ne permettrait pas d'exécuter ces travaux à un moment où les pluies seraient moins agressives, à moins que la généralisation du précédent engrais vert ne soit en mesure d'apporter un élémentfavorable dans la recherche de la protection des sols"

les techniques culturales :

on rappellera ici :

1. l'incidence du parcellaire géométrique : labour en colimaçon où il y a toujours des travaux dans le sens de la pente

2. l'incidence de la vitesse de translation des outils sur la dégradation du sol

La recherche de la rentabilité actuelle des travaux par l'accélération de leur exécution ne doit pas etre une fin en soi". Par ailleurs, "la charrue GARD à 6 disques utilisée pour le labour de défriche n'effectue pas un travail satisfaisant : le retournement des mottes reste incomplet, l'élimination de la strate herbacée se fait mal. Il en résulte des difficultés au moment de la reprise au cover-crop".

les façons culturales doivent etre réduites au strict minimum **afin de limiterl'affinage du sol**, et partant, le temps d'intervention pendant la période extremement pluvieuse.

Enfin il est apparu une nette différence de régularité entre **les semis au semoir et ceux effectués par avion ;** ces derniers sont d'une densité très variable, d'où une irrégularité dans la protection des sols pendant les pluies d'octobre.

3. les solutions proposées :

restructuration du parcellaire :

généralisation de la culture en courbes de niveau avec les voies de communication sur les lignes de crete.

limitation des pentes cultivées :

1. le relief de Wassandé se prete mal à l'installation de systemes anti-érosifs de diversion (pentes trop longues, érosion dans les fossés en raison du **caractère meuble des sols**)

2. cultures en bandes alternées jusqu'à des pentes de 2% avec Stylosanthès en prairie permanente et blé :

bandes de 60m de large pour des pentes jusqu'à 1%
" " 40m " " " " 2%

sur des pentes de 2 à 4%, Stylosanthès seul**fauché mais non paturé**

calage du cycle cultural

pour limiter les dangers de l'érosion éolienne et hydrique, l'idéal serait de préparer le sol de mi-mars à mi-mai ; cette proposition étant économiquement irréaliste, l'auteur propose : "il vaut mieux développer la période des travaux pendant la saison sèche plutot que de les poursuivre pendant les mois de juin, juillet et aout qui sont particulièrement pluvieux. Le travail du sol en sec doit s'accompagner de précautions particulières :

1. outils parfaitement adapté
2. vitesse d'avancement controlé
3. outils et engins adaptés à la culture en courbes de niveau

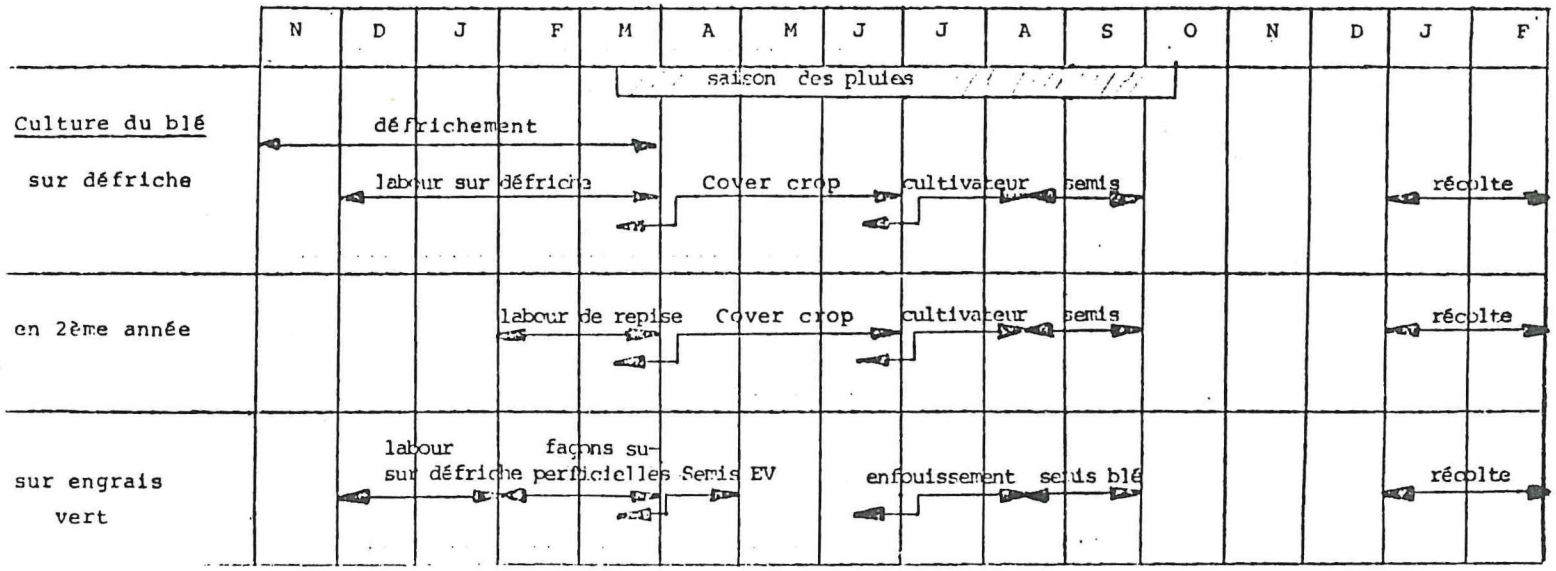
Avec la généralisation du soja engrais vert, l'auteur propose de rechercher une organisation du travail qui permette de **passer de l'engrais vert sur pied au semis du blé en un minimum de temps pour ne pas laisser le sol nu soumis à l'action des pluies.**

Il souhaite à moyen terme le remplacement du matériel agricole : "le matériel existant a été choisi en fonction d'une **conception des travaux découlant de la grande dimension des parcelles (25ha tracteurs puissants 180Cv...) mais absolument pas adaptés à la culture en courbes de niveau.** Pour les labours sur défriche, le modèle de versoir devra etre particulièrement choisi pour obtenir un **retournement complet des mottes sans les disloquer.** Il faut abandonner le semis par avion et ne pratiquer que le semis en courbes de niveau".

grandeur des unités de travail :

"Il faut intervenir en de nombreux points à la fois, donc disposer d'un nombre important de tracteurs de **moyenne puissance et d'un matériel bien adapté à la culture en courbes de niveau.**

CALENDRIER AGRICOLE



ANNEXE V Approches de la fertilisation

Deux Ecoles d'agronomes se sont succédées à Madasgascar depuis 1960, leurs résultats ont servi de références pour les travaux menés par les chercheurs I.R.A.T dans d'autres pays de la zone intertropicale.
La première jusqu'en 1972, se référait à la méthode Chaminade basée :

1. sur l'évaluation qualitative des déficiences minérales (essais soustractifs).
2. sur la détermination quantitative de chaque élément à apporter.

utilisant la technique des vases de végétation pour ébaucher les doses de **fertilisation de redressement** nécessaires à la correction des carences pour différents types de sols.

A titre d'exemple, on citera des rendements de 50 q/ha en mais obtenus sur des sols ferrallitiques dérivés de gneiss (sur socle), et de 70 q/ha de mais sur des sols bruns ferrallitiques sur basalte.
Preuve était faite de l'aptitude culturale de ces sols et la fumure de redressement fut considérée comme un investissement à moyen terme.
"Dans les pays en voie de développement, les cultures vivrières ont une importance considérable. Leur fertilisation envisagée dans des sols à très faible niveau de fertilité se présente dans des conditions économiques défavorables, la récolte de faible valeur marchande devant supporter une partie des frais du redressement de la fertilité. Par contre, quand la fertilité a été redressée, les données du problème se présentent sous un jour plus favorable" (Md19).

La seconde équipe dut faire face aux conséquences du 1er choc pétrolier et tenir compte des réalités économiques : cout des engrais et manque de trésorerie du paysannat. Constituée d'Arrivets, Guis,Ravoavy et Ramalanajaona, elle réorienta le thème de la remontée de la fertilité des sols malgaches vers " l'économie maximale de la fumure minérale en la limitant autant que possible à la complémentation des ressources locales, organiques pour l'essentiel.
Arrivets, dans sa conclusion concernant le compte-rendu : "Ressources locales et engrais importés", fait le point de la situation et expose une approche complémentaire concernant la remontée de la fertilité : "l'infertilité actuelle de ces sols tient à leur extrême pauvreté en bases (K,Ca,Mg), en azote et phosphore utilisable par la plante. Leur mise en valeur implique l'usage d'une fumure complète satisfaisant tous les besoins de la plante. Dans le cas d'une fumure exclusivement minérale il est indispensable d'apporter outre la dolomie, N, P et K. Une première étude d'amélioration de la fertilité de ces sols, dans les années cinquante, basée sur l'emploi de faibles doses de fumier et/ou d'engrais minéraux, avait échouée. Les fumures testées étaient toujours déficientes en un élément ou l'autre, les rendements restaient trop faibles par rapport aux dépenses. On avait conclu que ces sols ne valaient pas la peine d'etre mis en valeur".

Par la suite, les études de l'I.R.A.M. avaient bien montré que l'application d'une forte "fumure de redressement" (2 tonnes de dolomie, 1 tonne d'Hyper-reno (28%de P205 et 50% de CaO) et 500 kg/ha de ClK, combinées à l'épandage d'une bonne dose d'azote) amenait ces sols à un bon niveau de fertilité, permettant des récoltes de 8-10 tonnes de grains/ha avec une fumure d'entretien conséquente.

Malheureusement le cout de la fumure initiale **n'est pas en rapport avec les moyens des paysans, ni avec les productions des premières années (l'effet défriche).**
Les responsables des U.R.E.R. des Hauts Plateaux (SATEC) préconisèrent une fumure mixte organo-minérale qui alliait à l'usage d'une fumure minérale de redressement type I.R.A.M. diminuée de moitié, des apports initiaux de 30 tonnes de fumier/ha.
Cette dose, si supérieure aux 5 tonnes de la pratique actuelle, **le paysan devait en disposer d'après les calculs théoriques, s'il respectait par ailleurs toutes les recommandations du vulgarisateur (élevage ...).** On demande là beaucoup à la fois, et cela implique pour le moins un encadrement très dense et des moyens financiers (crédits ...) couteux à l'échelle de la région.

L'expérimentation actuelle n'a plus l'objectif ambitieux d'amener très rapidement la culture des "tanety" à son niveau de production potentielle, mais de rechercher leur mise en valeur économique et rentable avec les moyens actuels et avec des dépenses d'engrais modérées, en s'appuyant sur les résultats acquis par l'I.R.A.M..
Le dispositif utilisé a permis de retrouver rapidement l'ensemble des échecs et des succès antérieurs, tout en les présentant de façon démonstrative sur le terrain. Il montre par ailleurs:

1. que l'application d'une fumure minérale modérée mais complète peut etre rentable.
2. que le fumier est tout particulièrement indiqué pour ce type de sol, car tous ses éléments sont utilisés ; mais qu'aux doses employées, les apports en éléments principaux étaient insuffisants et dans des proportions ne correspondant pas aux besoins de la plante. Une fumure minérale complémentaire à base de N, puis de P est nécessaire.
3. que le réenfouissement des résidus de récolte, ici les pailles de mais, restituant une grande partie des éléments prélevés par la plante: N,P,K ... constitue au total une économie remarquable d'éléments fertilisants.

Relativement à la fumure minérale, la fumure organique semble plus efficace en première année de culture et limite l'effet défriche; par la suite cette supériorité s'atténue (cas de Betsizarena). **La mise en valeur de ces sols commencera donc de préférence avec des apports de fumier et une complémentation minérale.** Les années suivantes, si l'on manque de fumier, une fertilisation strictement minérale accompagnée de la restitution du maximum de résidus de récolte conviendra aussi bien.

Reste à préciser *la dose économique* de la fumure minérale (seule ou en complément) du niveau minimum au niveau fumure de redressement.

ANNEXE VI La photopériode
(d'après "Influence des jours courts sur les céréales à paille" de HELLER - D.A.A. Ensam 1977).

1. définitions :

- les variétés dont la date d'apparition de l'épi est très différente lorsque la photopériode passe de 9-10 heures à 14-16heures sont dites photosensibles, les autres sont dites peu sensibles à insensibles ou apériodiques.Le blé l'orge, l'avoine sont classées dans les plantes de **jours longs** ; autrement dit, le cycle végétatif diminue quand les jours s'allongent pour les variétés photosensibles.
- une période lumineuse de **9-11heures** est considérée comme **photopériode courte.**
- une période lumineuse de **14-16 heures** est considérée comme **photopériode longue.**

2. influence de la photopériode sur le cycle végétatif :

- *les feuilles* : en photopériode de jours courts, les plantes photosensibles peuvent produire jusqu'à 20feuilles avant épiaison. Les plantes non photosensibles en produisent 6 à 8.
en photopériode de jours longs: on observe une croissance plus grande des feuilles, mais le nombre de feuilles par tige diminue.
- *tiges et racines* : en jours longs, la croissance des tiges et des racines est plus importante qu'en jours courts.
- *croissance globale de la plante* : le poids sec augmente avec la photopériode (FRIEND 1967) . Des photopériodes décroissantes seraient favorables à l'endurcissement.

3. influence de la photopériode sur le cycle reproductif :

- *le tallage* : une photopériode courte retarde la floraison et augmente la durée du tallage (nombre de jours courts avant le stade B avec interaction très forte : longueur du jour - intensité lumineuse.
- *les primordia* : la production des primordia formés est proportionnelle au nombre de jours courts avant le stade B. Pour LUCAS, la longueur du jour a une plus grande influence sur le temps d'induction florale et le taux de production des primordia que la température, la fertilisation azotée ou l'énergie lumineuse reçue, .

Si le nombre de talles formés est plus important en jours courts, THORNE a montré que le nombre d'épis matures par plante est plus faible en jours courts : une quantité appréciable de talles avorte, avec gaspillage de produits photosynthétisés (brin stérile). Pour KIRBY, le nombre **d'épillets par épi** reste malgré tout plus grand en jours courts avec de grandes différences entre les cultivars.

- *viabilité du pollen* : les photopériodes longues diminueraient la fertilité du pollen (cette fertilité dépend surtout de la température.

- *fertilité des fleurs* : elle semble plus grande en photopériode intermédiaire (12-14 heures).

- *nombre de grains* : dépend du nombre de primordia.

- *poids des grains* : indépendant de la photopériode.

- *formation de l'épi* : KIRBY et CHAUSSAT mentionnent des formations d'épis anormaux en jours courts, en position sub-basale sur le maitre brin -cas du blé-. On signale sur avoine des cas d'excertion supprimée en jours courts; enfin, ces formes anormales peuvent donner des pousses secondaires sur la partie basale de la tige florale avec formation de branches portant de petites feuilles et une minuscule panicule de 6 à 8 épillets fonctionnels.

ANNEXE VII

Nous reproduisons "in extenso" le texte de J. Boutrais (ORSTOM) qui donne une vue synthétique et sans détours de la situation de la SODEBLE en 1982.

UNE AGRICULTURE SANS PAYSANS :
LA GRANDE CULTURE DU BLE AU CAMEROUN

Jean BOUTRAIS
Géographe à l'ORSTOM

Depuis quelques années, les importations de blé augmentent rapidement dans la plupart des pays d'Afrique Noire. En s'adressant aux pays céréaliers de la zone tempérée, les Etats africains dépendent de pays qui sont déjà leurs fournisseurs de produits manufacturés. A la dépense industrielle et financière s'ajoute ainsi une nouvelle dépendance que rien ne semble justifier.

La consommation de pain est un phénomène relativement récent en Afrique Noire. C'est l'exemple typique d'un besoin artificiel créé par la présence coloniale. Les productions de céréales locales ou de tubercules suffisent le plus souvent pour suppléer l'absence de production traditionnelle de blé. La consommation de pain ne comble pas une carence alimentaire, ce qui ne l'empêche pas de se développer rapidement. Ancien aliment de luxe réservé à quelques catégories sociales des villes, le pain est en train de devenir un aliment de masse. Si son introduction date de l'époque coloniale, sa diffusion s'élargit considérablement lors des dernières décennies. Ne pouvant ou ne désirant pas freiner une tendance de leurs consommateurs jugée irréversible, les responsables africains tentent de surmonter tant bien que mal cette nouvelle dépendance alimentaire.

DE LA DEPENDANCE AU LANCEMENT DE LA CULTURE DU BLE AU CAMEROUN

Une étude de la consommation du pain au Cameroun ferait ressortir de grandes différences entre régions, ethnies et catégories sociales. Elle mettrait en évidence l'opposition entre les consommateurs urbains et ceux des campagnes. Comme dans les autres pays africains, le pain est d'abord l'aliment des citadins et, parmi ceux-ci, des habitants de Yaoundé et de Douala. Cependant, il tend à gagner quelques régions rurales, en particulier le plateau bamiléké et l'arrière-pays de Douala.

Les inventaires de marchés ou les enquêtes alimentaires devraient permettre de suivre les progrès de la consommation. Cependant, les premiers ne signalent jamais sa présence : le pain est distribué par un réseau de points de vente en dehors des marchés traditionnels. Quant au témoignage des enquêtes alimentaires ou de niveau de vie, il est disparate et relativement ancien. Les enquêtes entreprises par la SEDES, au cours des dernières années soixante, mettent en évidence une consommation encore restreinte en zone cacaoyère mais déjà habituelle à Yaoundé.

L'évolution des importations de blé exprime de manière globale l'accroissement chiffré de la consommation. Limitées à moins de 10.000 tonnes d'équivalent farine avant 1950, elles passent à 40.000 tonnes à la fin des années soixante et à 70.000 tonnes une décennie plus tard.

Cette augmentation n'est pas régulière mais subit une série d'à-coups. Ils enregistrent les variations de niveau de vie des consommateurs mais répercutent en même temps les tendances d'un marché mondial devenu agité lors des dernières années. Ainsi, la crise des années 1972-74, marquée par une hausse brutale du prix du blé, se traduit-elle par un tassement des importations camerounaises. Depuis lors, elles reprennent rapidement. Le pourcentage en valeur du blé atteint 30 % des achats alimentaires du pays en 1978 (5 milliards CFA).

Devant le poids croissant de cette dépendance alimentaire, le Cameroun a adopté une première solution commune à la plupart des pays africains gros importateurs de blé : le traitement sur place par une minoterie. L'importation de blé en grains est moins dispendieuse que celle de farine ; elle résout des problèmes de conservations des stocks et offre des sous-produits utilisables en élevage (aliments pour les volailles ou le bétail).

Malgré ces avantages, la minoterie du Cameroun ne date que de 1967, alors que la plupart des pays africains côtiers disposent déjà de leurs installations. Dès le début, la capacité de la minoterie ne correspond pas aux besoins du pays. Bien qu'accrue à deux reprises, elle ne réussit jamais à couvrir entièrement des besoins qui augmentent encore plus vite. Contrairement à la Côte-d'Ivoire, au Sénégal, au Gabon, le Cameroun doit continuer à importer des tonnages importants de farine.

La «Société Camerounaise de Minoterie» fait partie du groupe de la SOMDIAA (Société d'organisation, de management et de développement des industries alimentaires et agricoles) qui contrôle de nombreuses minoteries et industries agro-alimentaires en Afrique francophone. Il s'agit d'une filiale des Grands Moulins de Paris. Le traitement du blé à la minoterie de Douala ne diversifie pas les sources d'approvisionnement du pays. Contrairement à d'autes pays, où un élevage de volailles est associé à la minoterie, les issues de mouture sont réexportées du Cameroun.

Certains pays africains restreignent leurs importations de blé par des mélanges de farine. A la farine de froment s'ajoute soit la farine d'une céréale tropicale (le mil au Sénégal), soit celle du manioc (en Centrafrique). Ces mélanges ont permis au Sénégal de stabiliser ses importations de blé au cours des années 70. Jusqu'ici, le Cameroun n'a pas recouru à ces substitutions. En revanche, il s'engage dans une grande opération de culture du blé qui doit lui permettre d'assurer, en quelques années, son indépendance alimentaire.

Bien qu'il s'agisse d'une plante de pays tempérés, le blé n'est pas inconnu dans le pays. Du blé dur est cultivé depuis longtemps aux abords du lac Tchad. Les Allemands avaient réussi à introduire des variétés de blé tendre sur les plateaux de l'ouest, essais interrompus par la première guerre mondiale. Quelques villages en font une culture de jardins dans l'Adamaoua où de nouveaux essais s'avèrent concluants lors des premières années 70.

Devant l'accroissement de la consommation, le Cameroun décide de lancer une grande culture du blé. Le 3e Plan Quinquennal (1971-1976) prévoit déjà de satisfaire 10 à 20 % des besoins nationaux avant 1976. En fait, la SODEBLE (Société de Développement de la culture et de la transformation du Blé) n'est créée qu'en 1975, date du passage de la phase des essais à celle de la production. Mais le projet table alors sur une progression rapide de la production : 25.000 tonnes de blé en 1979 et 120.000 en 1984 ou 85. A cette échéance, l'objectif consiste à couvrir la majeure partie des besoins nationaux en blé tendre (1).

Pour les responsables, les tonnages décidés ne seront atteints que par une grande culture mettant en œuvre de puissants moyens techniques. Il semble impossible d'atteindre des résultats comparables en introduisant le blé auprès de cultivateurs. Le choix n'est pas propre à cette culture. Tous les nouveaux programmes agricoles lancés au Cameroun lors des dernières années aboutissent à la création de grands complexes de production.

Une première phase préparatoire consistera à mettre en culture 10.000 hectares selon les méthodes préconisées. Ensuite, une superficie équivalente sera ouverte chaque année pour parvenir à 50.000 ha à la fin du programme. Les résultats des essais permettent d'escompter un rendement moyen de 24-25 quintaux/ha.

A cette grande entreprise agricole se joindra une minoterie édifiée à Ngaoundéré dès la fin de la première phase, au terminus de la nouvelle voie ferrée, le Transcamerounais. Ce complexe agro-industriel requiert des investissements de lancement importants : 10 milliards CFA. A la suite d'un accord avec le gouvernement, la SOMDIAA se voit confier l'organisation et l'encadrement de l'opération, sans participer toutefois directement à son financement. L'ambition du Cameroun est alors de devenir le «grenier à blé» de l'Afrique Centrale.

LES PREMIERES DIFFICULTES DE LA GRANDE CULTURE DU BLE.

La SODEBLE commence en 1975 la culture du blé à Wassandé, non loin de Ngaoundéré. Le plateau de l'Adamaoua atteint dans ce secteur une altitude de 1400-1500 mètres, ce qui limite l'incidence des maladies cryptogamiques. Le plateau, à soubassement basaltique, juxtapose de larges interfluves presque plats où les gros engins agricoles peuvent évoluer, à des vallées encaissées et plus boisées. Les sols rouges ferrallitiques de Wassandé comportent, à faible profondeur, un horizon argileux consistant qui ne facilite pas les pratiques culturales. Des affleurements de cuirasses ou de sols gravillonnaires risquent aussi de casser les socs de charrues. Bien qu'il s'agisse de sols dérivés de vieux basaltes, ils sont pauvres, surtout en phosphore. Les habitants cultivent les fonds de vallées aux sols d'apport plus riches mais les exigences techniques de la grande culture la reportent sur les hauts d'interfluve.

La région est faiblement peuplée, la densité rurale excédant de peu 3 habitants km². Ce faible peuplement favorise la grande culture en limitant d'autant le nombre de personnes à expulser. Mais il ne facilite pas le recrutement de la main-d'œuvre nécessaire à ce type d'entreprise, ni son ravitaillement.

Le faible peuplement rural ne doit pas faire illusion ; il va de pair avec une activité pastorale importante. La plupart des habitants de ce secteur sont des Foulbé éleveurs de bétail. A leurs troupeaux se joignent ceux des citadins de Ngaoundéré et d'autres propriétaires encore plus éloignés. Autant les gens à déplacer sont peu nombreux, autant les troupeaux à refouler, au fur et à mesure de l'extension du blé, sont importants et soulèvent des problèmes délicats avec les éleveurs.

La visite du secteur de Wassandé en 1979 offre un paysage inhabituel dans l'Adamaoua. Des horizons, dénudés de toute végétation, s'étendent à perte de vue, comme une plaine céréalière du Bassin Parisien. Les arbustes d'autrefois se restreignent aux versants de vallées. Rectilignes, de nouvelles pistes tracées en dos d'interfluves s'élargissent par endroits pour l'atterrissage des avions agricoles. Des camions, d'énormes tracteurs circulent à vive allure, soulevant à l'horizon des nuages de poussière en saison sèche. Des hangars métalliques isolés, brillant au soleil, matérialisent les nouveaux points forts de ces étendues anonymes. Vers la «base» de Wassandé, les hautes tours métalliques des silos complètent ce paysage céréalier moderne transplanté sous les tropiques. Aux villas blanches des cadres s'oppose le campement des manœuvres ressemblant déjà à un bidonville.

Les techniques de culture adoptées exigent un décapage intégral de la végétation dont les conséquences deviennent graves dès les premières années de culture. Un couple de tracteurs à chenilles entraîne une chaîne de marine de 17 tonnes qui abat les arbustes comme le ferait un raz-de-marée. Après le nettoyage du terrain, les équipes de labour interviennent avec leurs tracteurs de 170 et de 240 CV tractant des charrues à 5 et 8 socs. Le labour, en fin de saison sèche, s'effectue de jour comme de nuit, les phares des engins balayant les étendues dénudées de végétation.

Une nouvelle préparation du sol est nécessaire en saison des pluies, avant les semis. Charrues à disques ou pulvérisateurs émiettent difficilement des sols engorgés d'eau sur lesquels patinent les engins. Là encore, le travail ne s'arrête pas de nuit : il faut préparer toutes les surfaces prévues pour la date des semis.

Avec les semis interviennent les avions agricoles car il s'agit d'aller le plus vite possible. Les va-et-vient de deux puis de trois avions, volant en rase-mottes d'une extrémité à l'autre des parcelles à ensemencer, ne cessent plus du matin au soir. Quelques semaines plus tard, ils reprennent leurs rondes pour l'épandage des insecticides et des herbicides. Enfin, la moisson par une batterie de moissonneuses-batteuses, en début de saison sèche, achève le cycle des travaux agricoles.

Malgré les difficultés de recrutement et la mécanisation de toutes les opérations, une main-d'œuvre salariée commence à se concentrer à Wassandé : 400 personnes en 1976, 800 deux ans plus tard. Elle comprend les agents techniques des travaux agricoles (conducteurs d'engins, «motor-boys», mécaniciens) et la masse flottante des manœuvres et des gardiens. Aucun recrutement ne s'effectue parmi la population trouvée sur la place si ce n'est quelques bergers devenus gardiens d'entrepôts.

En 1979, à la fin de la première phase de grande culture, les superficies défrichées atteignent 7.300 ha sur les 10.000 prévus alors que les parcelles emblavées couvrent une surface bien moindre. Mais le plus grave tient à la médiocrité des rendements oscillant entre 3 et 6,5 quintaux/ha, sans tenir compte d'une récolte catastrophique en 1978 provenant de l'épandage malencontreux d'un herbicide qui ne convenait pas au blé. Ces mauvais résultats engagent les responsables à ne pas passer à la seconde phase comme prévu à partir de 1979 mais à respecter une pause afin d'améliorer les rendements. A quelles raisons tiennent ces mauvais résultats ?

Les variétés de blé tendre adaptées à l'Adamaoua ont un cycle court, compris entre 100 et 120 jours, ce qui rend leur calendrier agricole contraignant. Pour arriver à maturité en début de saison sèche (novembre), leur semis doit se situer entre le 15 août et le 15 septembre, c'est-à-dire en pleine saison des pluies. Etant donné l'irrégularité de la fin des pluies, la période optimale de semis se réduit à deux semaines, entre le 25 août et le 10 septembre. La difficulté consiste à ensemencer des milliers d'hectares pendant une période si courte.

Pour surmonter ce handicap, les premiers responsables ont fait largement appel à l'avion agricole. En 1976 et 77, les avions engagés effectuent la plus grande partie des semis, en couvrant effectivement les surfaces requises. Mais ils ne font qu'étaler les semis en surface. Il faut ensuite les enterrer le plus vite possible pour éviter leur évacuation par les pluies abondantes. En fait, le hersage tracté par des engins patinant sur des sols engorgés d'eau fraichement labourés, n'a jamais pu suivre la cadence des semis par avion. Il en est de même des engrais phosphatés épandus par avion puis entraînés par le ruissellement. L'utilisation systématique de l'avion ne fait que repousser la difficulté. Il a fallu, devant l'évidence, abandonner les semis par avion au profit des semis mécaniques. Il n'en reste pas moins que ceux-ci mobilisent déjà tout le parc de tracteurs alors que les superficies à emblaver n'atteignent encore que quelques milliers d'hectares. La période des semis deviendra une course contre la montre dès que les superficies augmenteront comme prévu.

L'utilisation de l'avion contraint au déboisement total du complexe agricole. Celui-ci se compose de «blocs» comprenant plusieurs parcelles géométriques. Le décapage du couvert boisé, la dénudation du sol labouré exposé aux fortes pluies du mois d'août, provoquent bientôt des phénomènes d'érosion spectaculaires sur des pentes pourtant insensibles : enlèvement de l'horizon meuble superficiel, griffes multiples et rectilignes de petites ravines, affouillement de marmites de géant dans les horizons argileux sous-jacents. En 1979, l'établissement de talus et de bandes herbeuses, tracés selon les courbes de niveau, remplace le canevas géométrique précédent afin de freiner l'érosion.

Les premières années voient le blé se succéder à lui-même sur toutes les parcelles, sans interruption. La culture continue du blé devait être possible grâce à l'apport annuel d'engrais phosphatés et à la pratique d'une pré-culture de soja fournissant un engrais vert. Semé en début de saison des pluies, le soja est retourné et enfoui en juillet, libérant ainsi les terrains pour le blé.

Mais l'enfouissement préalable du soja à la charrue allonge l'exposition de sols nus aux pluies diluviennes de milieu de saison, donc aggrave les risques d'érosion. L'approvisionnement en engrais subit de nombreuses interruptions de stocks. La succession de blé sur blé favorise la multiplication des herbes adventices, surtout après le déchaumage. Dès la troisième année de culture continue du blé, les rendements chutent à 1 ou 2,5 quintaux. Ces résultats contraignent alors à l'abandon de la culture continue du blé au profit de rotations maïs-blé, soja-blé ou jachère-blé.

Ces solutions semblent donc apporter des corrections aux avatars de la grande culture telle qu'elle fut pratiquée lors des premières années. Avec quelles chances de succès ?

LE MAINTIEN DES INCERTITUDES DE LA GRANDE CULTURE.

Malgré l'adoption récente de nombreuses améliorations culturales, des incertitudes subsistent. La SODEBLE ne maîtrise pas encore suffisamment la culture du blé pour se lancer dans un grand programme de production.

L'avantage de rotations sur une culture continue paraît évident mais le choix des plantes d'assolement est-il judicieux ? Le maïs jouit actuellement de la faveur des responsables, mais ce n'est pas une plante qui repose le sol et le prépare pour le blé l'année suivante. Le développement végétal du soja est faible pour des raisons encore mal élucidées.

La pauvreté chimique des sols de Wassandé exige l'apport initial d'un engrais de fond, puis de fumures d'entretien. Les dosages des apports les plus efficaces sont encore mal connus. La neutralisation du pH acide des sols par le chaulage représente un investissement initial, mais des chaulages d'entretien s'avèreront peut-être nécessaires. Tous ces apports grèvent lourdement le prix de revient de la culture du blé.

Les avis demeurent partagés quant à l'opportunité d'un sous-solage préalable des sols pour casser l'horizon argileux sous-jacent et aérer leur profil. Certains se demandent si le passage d'engins lourds ne tasse pas ces sols et ne contribue pas à fermer leur profil.

Les premiers aménagements anti-érosifs n'ont pas tous été concluants : fossés de dérivation insuffisants ou bouchés, talus et banquettes d'herbes cisaillés par des rigoles. Les deux phénomènes : fermeture du profil des sols et ampleur du ruissellement, ne sont sans doute pas indépendants l'un de l'autre.

Enfin, l'abandon de la culture continue du blé et l'adoption de rotations conduit à doubler au moins les étendues à défricher pour disposer d'une surface donnée à emblaver. La réalisation du programme initial n'exige plus 50.000 mais au moins 100.000 ha. Malgré l'étendue et le faible peuplement de l'Adamaoua, où trouver de telles étendues disponibles et convenant aux exigences de la grande culture ?

A ces incertitudes d'ordre agronomique et géographique s'en joignent d'autres. Des analyses récentes démontrent que les variétés de blé cultivées à Wassandé ne sont pas panifiables à l'état pur. Elles ne peuvent entrer que dans un mélange avec les blés importés selon les pourcentages : 15 % de farine SODEBLE et 85 % de farine importée. Cette faible proportion de farine locale panifiable remet en cause la justification de l'opération.

La SODEBLE est une société à capitaux nationaux, financée par les principaux organismes d'investissement camerounais. Cependant, l'ampleur de l'opération engage très vite le gouvernement à solliciter un prêt extérieur. Il obtient, en 1977, un prêt de 2 milliards CFA du Fonds d'Aide et de Développement d'Abou Dhabi. En 1979, la relance du blé devait être financée par un nouveau prêt du même pays, complété par un autre d'Arabie Saoudite. Il ne semble pas que ces financements extérieurs aient encore été acquis, ce qui réduit les moyens techniques déployés lors de la première phase.

Conclusion

Du point de vue financier et technique, l'opération de Wassandé répond au modèle de coopération proné ces dernières années au profit du Tiers-Monde : un financement arabe associé à une assistance technique européenne. Mais les facilités financières engagent trop souvent à la mise sur pied d'opérations agricoles grandioses aboutissant à de médiocres résultats. L'exemple de Wassandé est révélateur d'une fausse voie de développement rural, dénoncée depuis longtemps mais toujours vivace. L'adoption de la grande culture n'était sans doute pas le seul moyen d'introduire le blé au Cameroun, ni le meilleur.

L'analyse du calendrier agricole des variétés sélectionnées dans l'Adamaoua démontre que la grande culture se révèle incapable de mener à bien certains travaux dans le délai imparti par les conditions climatiques. Il est probable que des cultivateurs, recevant la charge de cultiver le blé, ne se seraient pas heurtés à tel point à cette difficulté.

Les techniques les plus sophistiquées de la grande culture, comme l'utilisation massive de l'avion agricole, conduisent à de graves conséquences en milieu tropical : le déboisement de toute la végétation et le déclenchement d'une érosion des sols qu'aucun aménagement ne semble pouvoir freiner. A ces deux points de vue, le constat est décevant.

Contrairement aux espoirs initiaux, il est maintenant vraisemblable que le Cameroun ne parviendra pas à satisfaire ses besoins en blé d'ici plusieurs années. De plus, il se trouve grevé d'une dette supplémentaire à l'égard d'un pays étranger. Finalement, la SOMDIAA est le seul partenaire qui sorte indemne de l'affaire, bien qu'étant largement responsable de ses premiers échecs ; ne l'ayant pas financée, elle n'y perd rien. De plus, une nouvelle minoterie sera de toute façon construite au Cameroun dans un avenir proche, sinon à Ngaoundéré, du moins à Douala...

1. En fait, ces besoins se situent déjà entre 100 et 110.000 tonnes de grains en 1980. Ils paraissent s'accroître d'environ 7 % chaque année, ce qui les portera à 160-165.000 tonnes en 1985 (d'après PLATON P. - Le marché Camerounais, 1980, in Marchés Tropicaux et Méditerranéens, n° 1826, 7 nov. 1980).

ANNEXE VIII Le jaunissement du blé sur les Hauts Plateaux de l'Adamaoua.

Monthe, dans sa synthèse (C7') distingue trois types de jaunissement qui peuvent conduire à l' anéantissement de la culture (rendement nul) :

Type 1 : petites taches (chlorose) sur les feuilles :symptomes bien visibles sur les jeunes feuilles inférieures.Ce jaunissement relèverait de la toxicité aluminique du sol .

Type 2 : "jaunissement caractérisé" par un vert-pale ou vert-jaune de toute la parcelle suivant la gravité du phénomène, il s'apparente ici à un manque d'azote. Monthe signale l'effet positif d'apports sous forme d'ammonitrate ou d'urée.

Type 3 : il se manifeste dès la levée ou peu après par un jaunissement de la pointe, puis du bord de la première feuille qui se déssèche rapidement. Ce phénomène remonte ensuite de feuille en feuille.Ce phénomène serait lié à un excès d'eau dans le sol : en effet, on constate, lorsque les conditions de culture ne sont pas mauvaises et que les pluies ne durent pas, que les plantes peuvent repartir sans pouvoir pour autant rattraper leur retard.Ce reverdissement est discontinu affectant un pied alors que le voisin continue de se déssècher.

Des observations en culture, en conditions variées, laissent entendre un phénomène plus complexe.
Monthe signale :

1. les parcelles ayant reçu du fumier ne jaunisse pas ou peu.
2. les parcelles ayant été érodées jaunissent meme après deux années de bonnes techniques culturales.
3. le blé semé sur des endroits où l'on a procédé aux brulis des andains ne jaunit pas. Parallèlement, un essai apportant des doses importantes de K2O n'a rien donné.
4. sensibilité variétale à ce phénomène :
   - bonne résistance des blés brésiliens et des Triticales.
   - moyenne avec Sonalika.
   - trés sensible avec Siete Cerros.

De ces observations, l'auteur suppute:

1. une insuffisance en certains éléments
   azote, nitritification, formes d'engrais.
   phosphore, influence sur l'enracinement.
   potassium, (voir 3).
   soufre, ne change rien.
2. des effets toxiques minéraux: Al,Fe.
3. des produits toxiques organiques (peu probable).
4. un effet d'inoculation de la rhizosphère(voir étude sur les mils pénicilaires de Ganry)
5. un mauvais travail du sol:
   - emploi inadéquat des produits phytosanitaires.
   - mauvais respect des normes d'une agriculture rationnelle: éviter de mettre le blé sur défriche, rotation blé-blé,...
   - préparation du sol déraisonnable...

L'effet défriche et ses symptomes sur le blé à Madagascar.

L'extension de la culture du blé en saison des pluies par la mise en valeur de nouvelles terres sur sols ferrallitiques très désaturés - évolué sur socle ou sur basalte ancienne heurte actuellement à "l'effet défriche."

Cet effet se manifeste sur le blé par un jaunissement puis déssèchement de la pointe du limbe, ce jaunissement s'étend ensuite à la plante entière qui accuse alors un développement réduit.

Cet effet paraît d'autant plus accentué que la défriche est récente et que le sol a une fertilité naturelle médiocre.

A Madagascar, ce fait est connu des paysans qui cultivent "en ouverture" du Manioc - 1 à 2 ans, région de Tananarive - Ambohimandroso - ou du Maïs - en poquets dans des trous avec apport important de fumier : région de Fandriana -

Des observations au champ nous ont permis d'observer un enracinement faible souvant réduit aux racines séminales. Les racines explorent seulement les premiers centimètres du profil - 10 - 15 cm. - et mettent la plante dans de mauvaises conditions d'approvisionnement en eau. Des cultures en pots ont montré des symptômes identiques et des prélèvements au stade 3 feuilles des racines présentaient des nécroses - désorganisation des cellules de l'apex racinaire-

Les symptômes de carence en phosphore s'apparentent à ces jaunissements. Le faible développement racinaire et les nécroses sont à rechercher au niveau du pH du sol - ph=5 - et aux toxicités aluminiques et ferriques qui en découlent. Les cultures en pots que nous avons effectuées avec du P^{32}* reproduisaient les observations décrites par Boyer (G7).

Pour sa part, Arrivets dans une étude concernant la fertilisation potassique d'un maïs en défriche sur les Hautes Terres (M3) conclut :

"Sur un plan plus général l'étude a montré que :

- "l'effet défriche" n'est pas atténué après une culture préliminaire de manioc à la façon traditionnelle,

- en présence d'une fumure PK... la minéralisation de la matière organique du sol est suffisante dès la deuxième année pour fournir l'azote nécessaire à la production de 25 à 50 qx de grains (mobilisations correspondantes : 40 à 80 kg de N). En première année cependant la carence en azote est aussi grave que celle en potasse, le traitement sans azote ne produit pas plus que le témoin ; la matière organique n'est pas minéralisée.

Ces deux observations nous suggèrent que l'explication de l'"effet défriche" relève de la microbiologie du sol. Le schéma suivant paraît vraisemblable:

* note non publiée Dupuy. L.R.I. Madagascar

Les carences presque absolues en P, K, Ca dans le sol en friche inhibent pratiquement l'activité des micro-organismes minéralisant de la matière organique, ce qui expliquerait la relative abondance de celle-ci. De plus les populations microbiennes capables de "digérer" les phosphates et la dolomie seraient extrêmement réduites dans un milieu aussi pauvre. Il leur faut un certain temps pour se multiplier suffisamment et libérer progressivement P, Ca ... soit à la plante, soit aux micro-organismes minéralisant la matière organique, ce qui parallèlement libère de l'azote pour la plante."

ANNEXE IX Evolution de la production de blé en Afrique de 1969 à 1982.
in "Annuaire F.A.O de la production"

	AREA HARV SUP RECOLTEE		1000 HA		YIELD RENDEMENT		KG/HA		PRODUCTION PRODUCTION		1000 MT	
	1969-71	1976	1977	1978	1969-71	1976	1977	1978	1969-71	1976	1977	1978
WORLD	215916	236571	231624	232076	1524	1774	1665	1902	329033	419661	385736	441474
AFRICA	8380	9307	8386	8784	948	1098	923	1069	7945	10218	7736	9389
ALGERIA	2214	2295	1907	2200F	614	710	434	818	1359	1630	827	1800F
ANGOLA	14	13*	13*	13*	904	1000	769	769	13	13*	10*	10*
BOTSWANA					2394	2850	3000	3000	1	1F	1F	1F
BURUNDI	8	7	8F	8F	893	606	600	658	7	4	5F	5F
CAMEROON				5F				2000				10F
CHAD	4	2F	2F	2F	1566	4000	4000	4000	7	6	6F	6F
EGYPT	551	590	509	580	2741	3327	3335	3333	1509	1962	1699	1933
ETHIOPIA	782	545*	551	487	823	931	1074	869	643	507*	592	423
KENYA	133	120	120	122*	1678	1622	1506	1180	223	194	181	144*
LESOTHO	95	42	56F	56F	603	1473	893	1071	57	61	50F	60F
LIBYA	163	307	140F	292*	240	434	429	336	39	133	60F	98*
MALAWI					2856	2089	2035	2286	1	1		1F
MALI	2	2F	2F	2F	1333	1333	1333	1333	2	2*	2F	2F
MAURITANIA					636	595	500	529				
MOROCCO	1952	1922	1929	1756*	932	1111	667	1068	1819	2135	1288	1876*
MOZAMBIQUE	10	5F	5F	5F	966	600	400	600	9	3F	2*	3
NAMIBIA	1	1F	1F	1F	1000	1000	1000	1000	1	1F	1F	1F
NIGER			2F	2F	925	1000	1063	1063			2F	2F
NIGERIA	11	13F	14F	14F	1761	1538	1556	1556	20	20F	21F	21F
RHODESIA	14	28*	28*	35*	3419	3036	3036	2571	49	85*	85*	90*
RWANDA	1	4	4F	4F	888	835	833	833	1	3	3F	3F
SOMALIA	1	4F	4F	4F	660	343	343	343		1F	1F	1F
SOUTH AFRICA	1330	1867	1705	1792	1098	1199	1091	965	1461	2239	1860	1730
SUDAN	118	300	282	300F	1136	880	1192	1233	134	264	336	370*
SWAZILAND					4197	2042	3250	3250			1F	1F
TANZANIA	59	50*	50F	50F	1010	1152	1416	1300	59	58	71	65F
TUNISIA	908	1182	1043	1039	572	745	589	680	520	880	614	707
UGANDA	3	5	6	10F	1778	1835	1830	1500	6	9	12	15F
ZAIRE	4	4F	4F	5F	657	500	682	1000	3	2	3*	5*
ZAMBIA		1	2*	2*	1400	4324	2789	4038		3	5	6*
	1974-76	1980	1981	1982	1974-76	1980	1981	1982	1974-76	1980	1981	1982
WORLD	227465	236873	240089	239412	1684	1883	1890	2009	383122	446107	453705	481050
AFRICA	8821	8077	8155	8273	1053	1104	1107	1198	9289	8919	9025	9912
ALGERIA	2240	2071	2000*	2000F	554	730	700	600	1240	1511	1400*	1200*
ANGOLA	13	16*	16F	16F	1102	625	625	625	14	10F	10F	10F
BOTSWANA					2785	3000	3000	3000	1	1F	1F	
BURUNDI	9	6F	6F	6F	1012	650	667	667	10	4F	4F	4F
CAMEROON		2	2F	2F	492	500	500	500		1F	1F	1F
CHAD	2	3F	3F	3F	2779	2000	2000	2000	6	6F	6F	6F
EGYPT	583	557	588	577	3362	3225	3297	3496	1960	1796	1938	2017*
ETHIOPIA	706	461	536	550F	890	1131	1146	1182	628	522	614	650F
KENYA	110	100F	97	100F	1614	2157	2217	2500	177	216	214	250*
LESOTHO	63	29	20	24	784	974	850	583	49	28	17	14
LIBYA	210	272	291F	303F	392	517	397	528	82	141	115*	160F
MADAGASCAR					1500	1250	1200	1200				
MALAWI					2099	2500	3000	3077	1	1F	1F	1F
MALI	2	2F	2F	2F	1333	1333	1333	1333	2	2F	2F	2F
MAURITANIA					534	525	667	689				
MOROCCO	1843	1715	1647	1699*	1016	1056	542	1074	1872	1811	892	1824*
MOZAMBIQUE	5	3*	3F	3F	857	1000	833	1000	4	3*	3F	3F
NAMIBIA	1	1F	1F	1F	1000	1000	1000	1000	1	1F	1F	1F
NIGER	1	1F	2F	2F	1135	2000	1000	1048	1	2F	2F	2F
NIGERIA	13	15F	15F	15F	1493	1655	1667	1667	19	24F	25F	25F
RWANDA	3	4F	4F	4F	932	750	875	864	3	3F	4F	4F
SOMALIA	4	4F	4F	4F	343	343	286	343	1	1F	1F	1F
SOUTH AFRICA	1718	1620*	1790*	1800F	1092	907	1307	1278	1876	1470	2340	2300
SUDAN	238	240F	240F	253F	1074	963	750	593	256	231	180F	150F
SWAZILAND					2261	3250	3250	3250	1	1F	1F	1F
TANZANIA	50	48F	50F	55F	1586	1400	1400	1364	80	68	70F	75F
TUNISIA	967	853	783	800*	897	1019	1230	1250	867	869	963	1000*
UGANDA	5	8	4	5	2317	2125	2000	1800	12	17	8	9
ZAIRE	4	5F	5F	5F	479	1250	1000	934	2	6*	5F	5F
ZAMBIA	1	2	4	4	3665	4069	3288	4091	3	10	12	15

F= estimation F.A.O. - * : renseignement non officiel.

ANNEXE X Préparation du sol et semis du blé en rizières sur Hauts Plateaux Malgaches.

I-Types de sols : on distingue deux types de sols en fonction des difficultés rencontrées pour leur préparation et les interventions proposées.

- sol organique de couleur terne - gris à l'état sec - , ce type de sol facile à travailler à cause de sa teneur élevée en matière organique - qui améliore les propriétés physiques - est difficile à drainer.

- sol minéral de couleur clair - brun à brun-rouge à l'état sec - se ressuit facilement, mais est d'autant plus difficile à travailler qu'il est riche en éléments fins : argile + limons.

Sur sol organique, les outils traditionnels conviennent en général bien : angady - bêche malgache - charrue et herse traditionnelles attelées. Le problème essentiel réside ici dans un bon ressuyage du sol suivi d'une réoxydation des éléments structuraux.

Sur sol minéral, étant donné la faible puissance de travail disponible - travail manuel/attelage de deux boeufs développant une force de travail moyenne de 200 - 250 kgm. au dynamomètre - , les différentes opérations de préparation du sol ne peuvent se réaliser qu'à condition que le sol ne devienne pas trop cohérent : il faut veiller ici à maintenir une humidité suffisante des éléments du sol. Deux modes de culture sont alors possibles :

- en disposant d'appoints d'irrigation, la préparation du sol peut se réaliser avec les outiles traditionnels.

- sans complément d'irrigation, les opérations de préparations du sol doivent s'effectuer de façon à maintenir une humidité suffisante et suivre ainsi un mode de préparation bien défini. Ici, les outils traditionnels ne conviennent pas, on utilisera :

- une charrue avec stabilisateurs - vertical et horizontal- munie d'un versoir hélicoïdal à l'exclusion de tout autre type.

- une herse traditionnelle modifiée - voir plus loin -

II - Modes de préparation du sol et semis

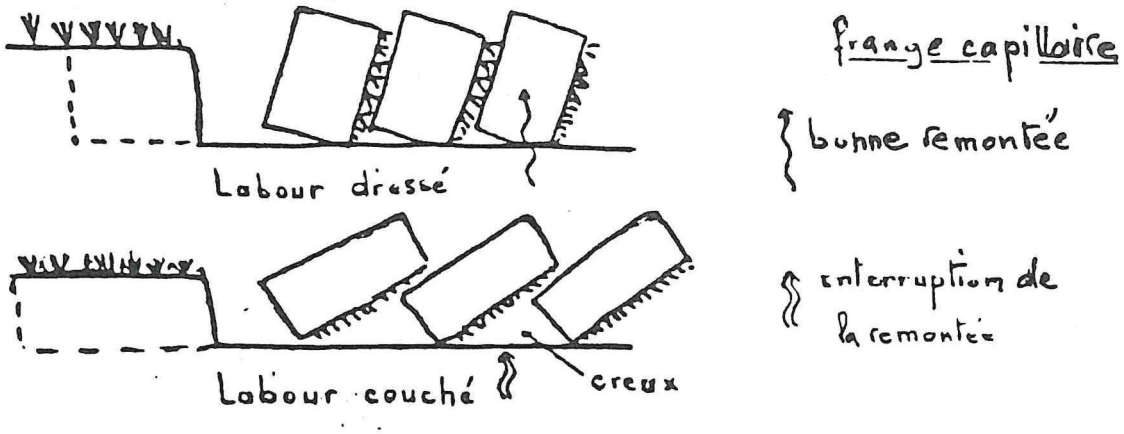
1) En conditions de sol difficile à drainer et facile à travailler: le labour doit accélérer le ressuyage du sol : un labour motteux facilite le ressuyage, la réoxydation, en interrompant la remontée capillaire. De même, l'émottage-affinage est relativement aisé. - angady et charrue traditionnelles conviennent parfaitement ici -, on attendra un ressuyage suffisant ; à l'état cohérent, les mottes se brisent facilement et donne de la terre fine. On préfèrera ici la herse

traditionnelle qui effectue un affinage en surface et un tassement en profondeur, à l'angady qui laisse un sol soufflé. Le semis sera effectué en lignes distantes de 20 cm. à 150 kg/ha. Le semis à la volée à 200 kg/ha pose quelques problèmes lors de l'enfouissement de la semence par des passages croisés de herse : la graine reste"collée" en surface lorsque le sol est humide. Quel que soit le type de semis, la profondeur est fixée à 3-4 cm. Enfin, on notera que le paysan "roule" sa terre - rappuyage du sol - avec le cadre de la herse retournée.

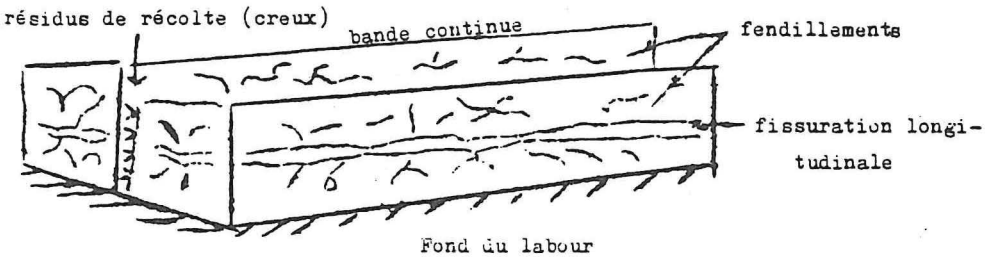
2) En conditions de sol facile à drainer et difficile à travailler avec appoint d'irrigation: cette technique permet l'emploi de l'angady, on signalera ici sa faible productivité pour la préparation des terres à blé : 1 à 2 ares par homme. On évitera de l'utiliser en sols lourds - argile et limon fin - où après une réhumectation, le labour à l'angady conduit à l'obtention de grosses mottes de labour aux parois lissées et imperméables aux échanges gazeux : l'intérieur de la motte reste à l'état réduit. De même en condition d'humidité importante - qui facilite le travail du sol - les opérations d'émottage-affinage ne parviennent pas à constituer de la terre fine indispensable auxdites semences ; dans ce cas, l'angady découpe les mottes de labour en petits polyèdres qui vont se déssécher rapidement et devenir très durs. L'émottage-affinage doit s'effectuer sur un sol suffisamment "sec" pour obtenir par effet de choc de la terre fine. L'irrigation ne doit être envisagée que pour diminuer la cohésion et réduire l'effort de travail. Le lit de semences constitue le problème majeur, le travail "d'affouillement" de l'angady ne parvient pas à réaliser un lit de semences comme la herse, de plus, il souffle le sol ; après le semis, on réalisera une irrigation par submersion pendant une nuit, puis on drainera la parcelle. Cette submersion doit permettre un tassement du sol et le réamorçage de la remontée capillaire. Quelques jours après le semis - 3 à 5 jours - on effectuera un binage pour briser la couche de battance qui risque de se former après submersion. On limitera au strict nécessaire les irrigations de complément ; nos observations ont montré que le blé conduit avec irrigations d'appoint souffrait toujours d'excès d'eau.

3) En conditions de sol facile à drainer et difficile à travailler sans appoint d'irrigation: le labour doit permettre de réaliser des bandes continues dressées et moulées, il sera réalisé à la charrue à l'exclusion de l'angady. Le labour dressé maintient une humidité suffisante en permettant à la frange capillaire de remonter dans la bande labourée grâce au contact : fond du labour - bande labourée.

Labour

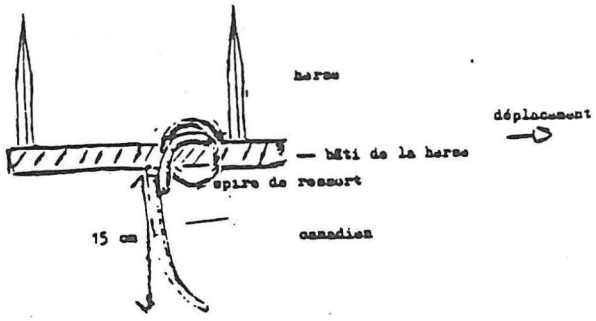


Le labour de type moulé sans lissage excessif exécuté avec un versoir hélicoïdal évite la dislocation de la bande retournée, le compactage et préserve d'un dessèchement rapide avec durcissement superficiel ; de plus, à bonne humidité.- sans excès - il permet un ébranlement de la bande labourée avec fendillements internes lors du retournement - vitesses différentielles sur le versoir - qui assurent une bonne réoxydation des éléments structuraux.



Au moment de la reprise, lors de l'émottage-affinage les bandes ne devraient plus présenter de mottes à noyaux gleyifiés . Ces noyaux gleyifiés sont d'autant plus"nuisibles" qu'ils se situent à proximité du lit de semences. L'épaulement des bandes labourées créent des "creux" verticaux entre les bandes, l'opération d'émottage-affinage doit permettre de combler les creux et de constituer une couche de terre fine au niveau du lit de semences . La herse traditionnelle à dents droites ne suffit plus, nous lui avons adapté deux rangées de dents flexibles sur l'autre face - type canadien -. Les premiers passages s'effectueront perpendiculairement aux bandes de labour côté canadien, puis on combinera l'action de la herse traditionnelle et du canadien par simple retournement du

cadre : le canadien remonte les mottes encore humides qu'affine la herse et comble les creux en réenfouissant une partie de cette terre fine, on répètera cette succession jusqu'à obtenir le profit recherché, puis on terminera l'affinage par des passages croisés à la herse seule - tassement en profondeur et affinage en surface -. Des essais ont montré que des mottes de surface - hors de la raie de semis.- de la grosseur d'un oeuf n'entravent pas la levée du blé ; le semis réalisé au semoir mécanique aligne les mottes hors de la raie et évite ainsi d'introduire celles-ci dans la raie de semis comme c'est souvent le cas lors des semis manuels. Le semis à la volée n'a pas été expérimenté.



ANNEXE XI La culture du blé sur les berges du Faguibine (d'après VIGUIER Ma6).

La culture du blé sur les berges du lac Faguibine (Mali) est une culture **traditionnelle basée sur l'utilisation de la frange humide.** Le battement de la nappe consécutif aux successions crues-décrues conditionne deux périodes de semis:

1.soit avant le maximum de crue (basée sur une prévision de crue)

2.soit après le maximum de crue (15 décembre année sèche, 15 janvier année pluvieuse)

Etant donné que **"ce sont les semis les plus hatifs qui donnent les meilleurs résultats, et qu'après le 15 janvier, de bons rendements ne sont plus assurés,** les techniques culturales doivent permettre d'implanter la culture le plus tot possible.
Pour cela, la préparation du sol est réduite au maximum **comme pour les mils, le sol ne reçoit aucun labour avant semis** simplement un sarclage contre les adventices et le dessouchage pour des mils.
Le semis s'effectue soit en poquets, soit à la volée. Les premiers semis d'octobre-novembre sont obligatoirement fait en poquets afin de déposer les graines sur la couche humide qui se trouve assez loin de la surface. Ces poquets sont **les memes que pour le semis du sorgho,** mais la profondeur n'excède pas 15 cm : une vingtaine de graines sont déposées au fond, puis recouvert de 4 à 5 cm de terre. L'espace est de 40 cm en tout sens.
Lorsque l'humidité du sol est suffisamment voisine de la surface, on éffectue un semis à la volée, toujours en sol propre , mais non travaillé. La semence est ensuite enfouie à la *daba*, dont la profondeur correspond exactement à celle de la couche sèche, sans excéder pourtant 10 cm. Enfin, dans les terres basses fendillées, **le meme système que pour le sorgho est utilisé(balayage dans les fentes) et réussit parait-il très bien". ***

VIGUIER signale enfin des rendements de 20 q/ha (variété traditionnelle AL Kama Tyirey "le blé rouge") ont été atteints pour des semis d'octobre-novembre et que le rendement moyen obtenu en 1941 sur un millier d'hectares était de 10 q/ha et souligne que "les champs sont toujours de dimensions réduites."

BONNET (Ma 4) souscrit à la technique de culture sans labour avec un simple sarclage et le dessouchage des mils "seule la nappe phréatique alimente cette culture et la mise en mottes activerait l'évaporation déjà intense à cette époque".

* Seydoux abonde dans ce sens et souligne qu'il est inutile de labourer les sols suffisamment légers, parfois fendillés en profondeur ; la décrue ou le paturage laisse un sol propre . enfin, il signale pour les cultures alimentées par la frange capillaire que les variations de niveau d'une année à l'autre, obligeant à changer d'emplacement, permettent ainsi le maintien de la fertilité de ces sols . (communication personnelle)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GENERALITES

G 1 : Afrique Agriculture. 1979 .Le blé. Deux grands projets en Afrique noire: Cameroun, Mali n°51- 1979.
G 2 : Anonyme. 1976. La culture du blé en zones intertropicales. G.E.S. I.R.A.T.
G 3 : Bergé M., Collin D. 1974 . Essai de recherches des zones écologiques favorables à la culture du blé dans la zone intertropicale. SATEC.
G 4 : Bibliographie 1978. La culture du blé. Zone intertropicale d'Afrique et de Madagascar .270 références. I.R.A.T. .
G 5 : Birie-Habas. 1978 . Recherches sur le blé en Afrique de l'est : Ethiopie, Kénya, Tanzanie, Madagascar . SODEBLE I.R.A.F. .
G 6 : Boutrais(O.R.S.T.O.M.) .1982. Une agriculture sans paysans: la grande culture du blé au Cameroun. Economie Rurale n° 147-148; janvier-mars 1982.
G 7 : Boyer j. L'aluminium échangeable : incidences agronomiques, évaluation et correction de sa toxicité dans les sols tropicaux. Cahier O.R.S.T.O.M. pédologie Vol XIV n°4 . 1976.
G 8 : Catherinet. 1967. Le blé dans les pays d'Afrique Continentale Tropicale d'expression française. Agro. Trop. XXII n°10.
G 9 : Ed. Jeune Afrique. 1973. Grand Atlas du continent Africain.
G10 : Sapin p. .1971. Rapport de stage blé. Montpellier(Ensam), Versailles (Cnra), I.R.A.T.
G11 : Poisson .Rapport de mission au Kénya .Sept 1979 . I.R.A.T.
G12 : Europe Outre-Mer. 1983. Le blé, minoteries et boulangeries en Afrique. n°640-641.

CAMEROUN

C 1 : Birie-Habas j. .1976. Expérimentations sur la culture du blé. Résultats de la campagne 1975. SODEBLE, IRAT.
C 2 : Birie-Habas j. .1977. Rapport analytique et de synthèse. 1977.SODEBLE,IRAT
C 3 : Birie-Habas j. .1977 . Rapport analytique et synthétique ,1er cycle 1976 cultures en rotation avec le blé. SODEBLE, IRAT.
C 4 : Birie-Habas j.;Monthe e. .1980. Premiers résultats sur la mise au point de la culture du blé sur les Hauts Plateaux de l'Adamaoua au Cameroun. SODEBLE,IRAT
C 5 : Birie-Habas j. .1981. Expérimentation sur la culture du blé sur les Hauts Plateaux de l'Adamaoua au Cameroun.(1974 à 1977). Agro.Trop. XXXVI-3
C 6 : Grignac .1977. Compte rendu de mission. Etat actuel et orientation de la sélection variétale du blé à la SODEBLE.
C 7 : Monthe e. .1980. Expérimentation sur la culture du blé et autres cultures entrant en rotation avec le blé dans l'Adamaoua. SODEBLE, IRAT.
C 7': Monthe e. .1979. Expérimentation sur la culture du blé et autres cultures entrant en rotation avec le blé dans l'Adamaoua. SODEBLE, IRAT.
C 8 : Paré j. .1976. Rapport de mission déc. 1976. La culture du blé à Wassandé. SODEBLE.
C 9 : Velly j. .1977. Rapport de mission déc. 1977. Les problèmes de fertilisation à Wassandé. SODEBLE, IRAT.

HAUTE VOLTA

H 1 : Anonyme. Fiche technique 1978 .Culture du blé en Haute-Volta.
H 2 : Poisson c.;Macarez;Baldy;Agostini .1978. Introduction de la culture du blé en Haute-Volta. Résultats acquis en 1977. CERCI,IRAT.
H 3 : Poisson c. 1978 . Synthèse, riz et cultures irriguées. CERCI,IRAT.
H 4 : Poisson c. 1980 . Introduction de la culture du blé en Haute-Volta. Agro.Trop. XXXVI-1.
H 5 : Séminaire Inter-Etat blé Ouagadougou 17-22 oct. 1977.

MADAGASCAR

Md 1 : Anonyme .1977 .Le blé dans les essais de diversification des cultures réalisées à la SOMALAC. SOMALAC.
Md 2 : Arrivets j. et al. . 1977. Présentation des premiers résultats. 1975-76 et 1976-77 .Expérimentation sur les systèmes de fumure dans le Moyen-Ouest. CENRADERU-IRAT
Md 3 : Arrivets j. 1977. Compte-rendu d'essais. Ressources locales et engrais importés. Ampangabe et région Tananarive. CENERADERU-IRAT
Md 4 : Arrivets j.;Randrianasolo h.;Rafaralahy r. 1980. Expérimentation sur les systèmes de fumure dans le Moyen-Ouest. Résultats 1977-78 et 1978-79. CENERADERU
Md 5 : Arrivets j.;Razafindrakoto j. . 1981. Compte-rendu d'essais 79-80 et 80-81 Nouveau point d'Ambohimandroso. Fumure d'un sol ferrallitique très déssaturé sur défriche .CENRADERU.
Md 6 : Celton j. .1980. Rapport de mission. La recherche agronomique sur la culture du blé à Madagascar. La culture de contre saison. (23/09-2/10 1979). MDRRA-IRAT.
Md 7 : Charpentier h.;Féau c. 1983 .Rapport de campagne de contre saison 82 . Expérimentation d'accompagnement pour le développement de la productivité des rizières de la SOMALAC. SOMALAC-IRAT.
Md 8 : Bozza j.;Guis r. .1982. Programme expérimental de développement de la culture du blé. Synthèse des deux premières campagnes de saison pluviale 79-80 et 80-81 .MDRRA-FOFIFA-IRAT.
Md 9 : Bozza j.;Rajaonarison j.b.;Razafindramamonjy j.b. .1983 .Fiche technique: culture du blé de contre saison en rizières sans appoint d'irrigation. Utilisation des rizières des Hauts Plateaux our les cultures de cotre saison. MDRRA-FOFIFA-IRAT.
Md10 : Bozza j.;Rajaonarison j.b.;Razafindramamonjy j.b. . 1983. Observations et commentaires des essais de matériels de culture attelée pour la préparation du sol et le semis du blé de contre saison en rizières sans appoint d'irrigation. MPARA-FOFIFA-IRAT.
Md11 : Bozza j.;Guis r.;Rajaonarison j.b. .1983 .Campagne de blé de contre saison 81. Parcelles de démonstration . MPARA-FOFIFA-IRAT.
Md12 : Bozza j. 1984 . Fiche technique Les insectes du blé en végétation à Madagascar. Observations de 1980 à 1983. MPARA-FOFIFA-IRAT.
Md13 : Celton;Velly;Marquette .1972 . Expérimentation menée sur le blé en 1971 Doc. 314 IRAM.
Md14 : Celton j. .1979 .Rapport de mission . La recherche agronomique sur la culture du blé à Madagascar. (28/03-13/04 1979). MDRRA-IRAT.

Md15 : Charpentier h. . 1984 . Expérimentation d'accompagnement pour le développement de la productivité des rizières de la SOMALAC . Contre saison 1983. SOMALAC-IRAT.
Md16 : Colloque International sur le blé. (1er au 3/09 1980). Tananarive.
Md17 : Guis r. . 1978 . Fiches synthétiques des essais blé. MENSUPRES-CENRADERU-IRAT.
Md18 : Guis r.;Ravoavy r.;Bozza j. .1981 . Projet blé. Rapport des essais de contre saison 80 . Culture du blé en rizières .FOFIFA-IRAT
Md19 : Le colloque sur la fertilité des sols tropicaux .1967 . Tomes 1 et 2. 19 au 25/11 1967 .Tananarive
Md20 : Raunet m. .1980 . Les bas fonds et les plaines alluviales des Hautes Terres de Madagascar. Reconnaissance morpho-pédologique et hydrologiques . Aptitudes à la culture du blé de contre saison . MDRRA-IRAT
Md21 : Raunet m. .1981 . Le milieu physique de la région volcanique Ankaratra Vakinankaratra-Itasy . Aptitudes à la culture du blé pluvial
Md22 : Raunet m. .1983 . Les potentialités écologiques de Madagascar pour le blé et l'orge . Agro.Trop. XXXVII-2
Md23 : Velly;Celton;Marquette .1973 . Expérimentation menée sur le blé en 1972
Md24 : Velly;Celton;Marquette .1973 . Les possibilités de double culture annuelle en riziére sur les Hauts Plateaux de Madagascar .Doc 369 . IRAM
Md25 : (cf Md 24)
Md26 : Raunet m. . 1981 .Potentialités écologiques de madagascar pour la culture de l'orge de brasserie. MDRRA-IRAT
Md27 : Guis r. . 1979 . Parcelles de démonstration de la culture du blé sur rizières des Hauts Plateaux malgaches . MDRRA-IRAT.
Md28 : Bocquet . 1961 . Agro.Trop. jan.-fev. 1961
Md29 : Rajaonarison j.b. . 1983 . Rapport de campagne blé de contre saison . FOFIFA-DRA.

MALI

Ma 1 : Anonyme .1978 . Expérimentation blé dans la zone sahélienne .S.R.C.V.O. D.G.R.S.T.
Ma 2 : Anonyme .1977-1978 .Expérimentation blé dans la zone sahélienne. Lutte contre l'aridité en milieu tropical . Rapport annuel .DGRST ENSAM.
Ma 3 : Anonyme .1974 . Bilan succint des travaux réalisés sur le blé de 1962-1974 . IER IRAT Mali.
Ma 4 : Bonnet .1958 . La culture du blé. Boucle du Niger. Secteur Sahélien. Cercles de Goundam. Niafunké. Tombouctou. Agriculture Diré M.E.A.N
Ma 5 : Grignac . 1976 1977 . Activités en milieu tropical. Expérimentation blé dans la zone sahélienne du Mali. Rapport annuel Ensam
Ma 6 : Viguier . 1941 . Lac Faguibine.
Ma 7 : Sapin p. . 1980 . Le blé au Mali. Agro.Trop. XXXV-2 .IRAT.
Ma 8 : (cf G 1) ;Le blé . Deux grands projets en Afrique noire . Afrique Agriculture
Ma 9 : Grignac p. . 1979 . Expérimentation blé dans la zone sahélienne du Mali.
Ma10 : Grignac p. . 1981 . Amélioration de la production du blé en zone tropicale. Ensam.

MAURITANIE

Mu 1 : Dobos a. . 1980 . Rapport annuel. Division vivrière blé : résultats obtenus en saison fraiche 79-80. CNRADA.
Mu 2 : Dobos a. . 1981 . Rapport d'activités et résultats de la division vivrière. CNRADA. IRAT.

NIGER

N 1 : Anonyme . 19873 . Sarir Lossa : résultats des essais variétaux, cultures irriguées. Unité Pilote Sarir Lossa IRAT.
N 2 : Quideau . 1982 . Rapport analytique de la campagne 1980-1981 . Unité expérimentale des cultures irriguées. ACC Lossa DGRST IRAT.

SENEGAL

S 1 : Anonyme . Fiche technique : Technique de la culture du blé à la SAED.
S 2 : Cissoko ch. .1976 . Etude et evolution des exploitations sous encadrement de la SAED CNEAT IRAT.
S 3 : Courtesolle p.;Reynard a. . 1980 . Synthèse des résultats de recherches. Campagne 1979-1980. Convention Delta Dagana.
S 4 : Jamin j.y. . 1983 . Bilan des acquis de la recherche agronomique dans la vallée du; fleuve Sénégal . ISRA.
S 5 : Moscal t. .Fiche technique : culture du blé au Sénégal . SEN 76/015.