

7
C1000262

P013 - JAN

PROPOSITIONS D' ACTIONS
DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT
POUR UNE MEILLEURE CONNAISSANCE
ET UNE MEILLEURE UTILISATION
DU MILIEU NATUREL
DE LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL

J.Y. JAMIN *

* Chercheur IRAT/CIRAD détaché à l'ISRA

Saint-Louis, novembre 1986

I.S.R.A.

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
Département de Recherches sur les Systèmes de Production
et le Transfert de Technologie en Milieu Rural
Centre de Recherches Agricoles du Fleuve
B.P. 240 Saint-Louis

I.R.A.T./C.I.R.A.D.

institut de Recherches Agronomiques Tropicales
Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique
pour le Développement
B.P. 5035 34032 Montpellier-Cedex

1. Les connaissances sur le milieu naturel de la Vallée

Ces connaissances sont globalement importantes ; cependant elles demandent à être complétées en particulier pour les actualiser, compte tenu des variations dans le climat et le régime du Fleuve enregistrées ces dernières années, et pour les préciser au niveau local pour les données météo et surtout pour les caractéristiques des terrains.

1.1. Les connaissances sur le climat :

Bien que les connaissances actuelles soient nombreuses et diverses, certaines améliorations pourraient être apportées en ce qui concerne l'enregistrement des données météorologiques et surtout leur traitement ; quelques travaux prospectifs visant à évaluer l'influence de l'irrigation sur le climat pourraient également être entrepris.

Les connaissances actuelles et leurs limites :

Les stations météorologiques faisant l'objet de relevés réguliers sont assez bien réparties dans la Vallée, et l'on dispose de nombreuses données sur les différents paramètres climatiques. Pour certaines stations, les enregistrements ont commencé très tôt (début du siècle), de longues séries de données sont donc disponibles.

Les données de la plupart des grandes stations ont fait l'objet d'analyses climatiques détaillées pour la période 1931-1960, parfois pour des périodes plus récentes.

Dans des endroits précis, comme Guédé et Kaédi des relevés très précis ont été effectués, en particulier par Rijks qui s'est intéressé à l'influence de l'irrigation sur le micro-climat.

Cependant, ces connaissances souffrent du fait que les enregistrements disponibles sont assez disparates, que ce soit pour la nature, la durée, la qualité des mesures effectuées, ou pour les méthodes utilisées. Ces 'données sont souvent dispersées dans l'espace, et sont parfois difficilement **accessibles** ; elles sont disponibles uniquement sur papier, peu d'efforts d'informatisation ayant **été** faits.

De plus, il y a très peu d'analyses détaillées et suffisamment exhaustives qui aient été réalisées récemment, en prenant en compte les données recueillies depuis le début de l'épisode sec que la région connaît depuis une quinzaine d'années.

On peut enfin noter que les travaux sur l'influence de l'irrigation commencés par Rijks n'ont pas été continués par la suite.

• Les améliorations possibles pour l'enregistrement, le stockage et la distribution des données :

* L'harmonisation des mesures : Une harmonisation totale est difficile et n'est d'ailleurs pas nécessaire ; il est cependant indispensable que toutes les stations du même type utilisent des méthodes et des instruments semblables. Les stations météorologiques existantes (ou à créer) pourraient **être** regroupées en trois grands types :

• Les stations de l'ASECNA et de la Météorologie Nationale, où des mesures très précises et standardisées sont régulièrement effectuées.

Les stations à vocation agricole, où les dispositifs de mesure, en particulier pour l'ensoleillement et l'évaporation, doivent être modernisés et uniformisés.

• Les petits postes simplifiés où sont relevés la pluviométrie et éventuellement les températures minima et maxima, dont les équipements demanderaient **à** être vérifiés.

* Une meilleure répartition des stations dans l'espace :

• Pour le premier type de station, la dispersion dans la Vallée est bonne, avec **les** postes de Saint-Louis, **Rosso**, Dagana, **Podor**, Kaédi, Matam et Bakel.

• Pour le **second** type, on dispose actuellement de postes gérés par la recherche à Ndiol, **Richard-Toll** (C.S.S.), Fanaye, **Guédé** et **Kaédi**. Ces postes sont assez bien répartis dans la partie aval de la Vallée, mais leur travail est peu coordonné, une harmonisation des dispositifs de mesure et **leur** modernisation sont indispensables ; en amont (Matam, Bakel), on manque **de** données agro-météorologiques, **il** serait intéressant d'y créer des postes si on veut y développer les travaux de recherche, au moins dans un premier temps. à Matam.

Compte tenu des variations spatiales du climat très importantes au sein du Delta, l'installation d'un poste pourrait également être envisagée à Ross-Bethio ou à Boundoum-Barrage.

. Pour les postes simplifiés, il n'y a actuellement que des actions isolées et mal connues, dans les bases SAED ou celles des Services de l'Agriculture. Le recueil des **données** simples pourrait être systématisé. au niveau de ces bases, en les équipant chacune d'un pluviomètre et d'un thermomètre minima-maxima ; les relevés prennent très peu de temps, mais doivent être effectués chaque jour. Le réseau des **écoles**, des dispensaires, etc... pourrait aussi éventuellement être utilisé en complément.

On pourrait ainsi mieux appréhender les variations spatiales de la **pluviométrie** et les gradients de température (surtout dans le Delta pour ces derniers) ; des postes peuvent par exemple être installées (ou ceux existant vérifiés) à **Diama**, Lam psar , Savoigne, Nd **ia**ye, **Ross-Béthio**, Boundoum-Barrage, Kassak, Débi, Ronq, Mbane pour le Delta ; pour la Vallée, dans toutes les bases où une personne peut faire des relevés journaliers, par exemple à Thillé-Boubacar, Nianga, Ndioum, Aéré-Lao, Kas-Kas, Caloya, Boki-Diawé, etc...

* La centralisation des données : Il est indispensable que **toutes** les données recueillies soient centralisées à Saint Louis où elles devraient être envoyées très régulièrement (tous les mois en temps normal ; toutes les semaines pour la **pluviométrie** en hivernage). Ces données devraient être **aussitôt** saisies sur support **magnétique**, de façon à faciliter leur exploitation. Il apparaît donc souhaitable de créer à Saint Louis une banque de **données** climatiques informatisée , dont la localisation institutionnelle pourrait faire l'objet **d'un** accord entre les organismes concernés (**ISRA, SAED, OMVS, Agriculture, . . .**).

* La diffusion rapide de ces données : Aucune diffusion systématique des données de base n'est **actuellement vraiment** en place. Or, certains **organismes**, en particulier **l'ISRA**, ont besoin de ces données, que la "Banque de Donnée Centrale" devra rapidement leur redistribuer.

- L'exploitation des données climatiques :

Cette exploitation **est**, actuellement, manuelle, elle est très lente ; elle n'est ni régulière, ni systématique.

Il est urgent de rattraper le retard accumulé en la matière : **les** données des périodes récentes (20 et 30 dernières années) doivent être bien analysées pour toutes les stations (analyse des moyennes, mais aussi analyses fréquentielles).

Il faudra ensuite mettre en oeuvre une exploitation régulière et rapide (chaque campagne ou chaque année) des nouvelles données recueillies, de façon à pouvoir effectuer des comparaisons **interannuelles** ainsi que l'actualisation des analyses pluriannuelles.

La publication régulière de ces analyses, au fur et à mesure de leur disponibilité, est indispensable ; il s'agira d'élaborer des documents détaillés à l'usage des chercheurs et des bureaux d'études, et surtout des notes simples, faisant fréquemment le point de la situation climatique et destinées à être largement diffusées vers tous les acteurs du développement.

• L'étude des interactions entre le climat et l'irrigation :

Il est souhaitable de continuer les travaux commencés par **Rijks**, qui ont en particulier montré l'importance de l'effet "**oasis**", ainsi que **le rôle** de la lame d'eau et le peu d'effet des brise-vent en **riziculture** ; des enregistrements "prospectifs", permettant d'étudier quelles modifications peuvent entraîner l'extension des surfaces irriguées, pourraient être mis en place en comparant plusieurs types de situation : zone non aménagée, petit périmètre, grand aménagement ; ils permettraient de préciser **les** effets des différents types d'aménagements sur le micro-climat et le comportement des cultures ; les effets de différentes lames d'eau sur le riz et surtout ceux des **brise-vent** dans différentes zones (Delta, Moyenne Vallée, Haute Vallée) et différents types d'aménagements, pour des cultures sensibles (blé, maïs, maraîchage) et moins sensibles (riz), demandent à **être** précises.,

Globalement, vu l'importance des problèmes climatiques pour de nombreuses espèces (surtout en double culture), un approfondissement de nos connaissances sur le climat est nécessaire ; une révision du réseau des stations météorologiques est souhaitable, mais il apparaît surtout nécessaire d'améliorer l'exploitation des données et **la** diffusion des résultats des analyses climatiques, Ceci fait; des travaux plus spécifiquement orientés vers l'agriculture irriguée pourraient être repris.

1.2. Les connaissances sur les ressources en eau :

De nombreux relevés hydrologiques ont été et continuent à être effectués cependant l'information disponible n'est pas toujours facile à utiliser, alors que le problème des disponibilités en eau est capital dans la Vallée.

• Les connaissances actuelles et leurs limites :

Depuis, le début du siècle des relevés sont effectués dans différentes

stations réparties le long du Fleuve.

Une synthèse très complète des résultats obtenus a été réalisée par C. Rochette (ORSTOM), 1974 ; cette **synthèse** date aujourd'hui un peu, puisqu'elle ne prend pas en compte les années très sèches **observées depuis** 1968. Des travaux plus **récents** mais beaucoup moins complets ont **été** réalisés depuis par l'OMVS et divers bureaux d'étude (GERSAR en particulier) ; on manque cependant d'une synthèse récente analysant la période sèche actuelle en détail.

Les relevés hydrologiques se poursuivent toujours, par lecture **d'échelles** graduées fixées sur la berge ; la transmission de ces relevés et surtout leur diffusion sont cependant souvent très lentes, et chaque année l'arrivée de la crue se fait d'abord sous forme de rumeurs provenant d'observations indirectes : la mise en place, en **particulier** sur le Haut Bassin, d'appareils de mesure automatiques, transmettant immédiatement les données recueillies à un centre basé à Saint Louis, permettrait (sous réserve d'une bonne circulation de l'information) de prévoir plusieurs jours voire même quelques semaines à l'avance, les mouvements des eaux dans la Moyenne Vallée et le Delta, et donc de mieux caler les activités agricoles, qui dépendent encore largement de la crue.

- Les modèles disponibles :

Un certain nombre de modèles basés sur l'analyse fréquentielle des crues ont été bâtis par l'OMVS ou divers bureaux d'études ; ces travaux restent cependant trop souvent confidentiels , et se traduisent rarement par des informations **utilisables** par les acteurs de terrain ; comme pour l'arrivée de la crue, les **"informations"** les plus diverses courent sur les effets probables des barrages sur le régime du fleuve et de ses **débits**.

Il semble souhaitable que des prévisions plus fines concernant les hauteurs d'eau et les débits disponibles selon différentes hypothèses soient **élaborées** pour chaque zone et chaque période de l'année, (en tenant compte des faibles **débits observés** depuis plus de **15** ans), et surtout soient largement diffusées....

Ces prévisions pourraient par exemple prendre **la** forme de tableaux de probabilités du type suivant :

TABLEAU-TYPE DE PREVISIONS HYDROLOGIQUES :

HAUTEURS D'EAU PROBABLES DANS LA ZONE DE..... AU MOIS DE

Hypothèses	fréquence au dépassement	1/100	1/10	1/5	1/2	4/5	9/10	99/100
	Diana sans digue R.D.							
Diana avec digue R.D.								
Oiama + Manantali crue artificielle								
Diana + Manantali régularisation à 300 m /s								

Une telle présentation clarifierait les débats, et ces tableaux pourraient (à condition d'être bien diffusés) constituer un outil pratique de prise de décision au sein d'une petite région pour les intervenants de terrain : peut-on aménager telle zone, avec quels risques ? Peut-on (ou pourra-t-on) lancer telle culture à telle époque, avec quelles chances de ne pas manquer d'eau ? Etc... Aucun outil simple et de grande diffusion de ce genre n'existe aujourd'hui :

Les contraintes hydrologiques sont très strictes, elles constituent des facteurs limitants absolus dans la plupart des zones de la vallée ; le calage des cycles culturaux, le choix des sites à aménager et de la protection à leur donner en sont étroitement dépendants ; une connaissance plus fine de ces contraintes, une meilleure évaluation de leur évolution probable dans l'avenir, au fur et à mesure de l'équipement de la Vallée, et une plus grande diffusion des acquis sont indispensables au développement de l'agriculture irriguée en général et de la double culture en particulier.

1.3. Les connaissances sur les terrains de la Vallée :

Les terrains de la Vallée sont globalement bien connus, cependant les outils facilement utilisables par les agronomes, les conseillers agricoles ou les responsables pay sans sont encore trop rares.

A l'échelle de la Vallée et de la petite région agricole, les cartes au 1/50.000 ème de la SEDACRI; 1973 et la notice qui les accompagne décrivent très bien les différents types de sol. Par contre, à l'échelle de la cuvette ou du groupe de parcelles, on dispose de peu de choses : seuls quelques sites ont fait l'objet de cartes pédologiques et surtout de cartes factorielles, au 1/10.000 ème ; il y a donc peu de zones où les renseignements les plus utiles pour les agronomes sont disponibles.

Les caractéristiques des terrains apparaissant les **plus** importantes pour la mise en valeur agricole sont dans la Vallée :

- . La cote par rapport au Fleuve (qui détermine les hauteurs de pompage et les nécessités d'endiguement).
- . Le comportement par rapport à l'eau (essentiellement lié à la texture des différents horizons).
- . La salinité (**les** possibilités de dessalement étant liées au comportement par rapport à l'eau).
- . (Le niveau de phosphore et plus rarement de soufre, dans une moindre mesure puisqu'une politique de fertilisation appropriée peut permettre de contourner ces problèmes).

Les potentialités des terrains sont donc essentiellement liées aux problèmes de maîtrise de l'eau (et donc aux textures), et à une éventuelle salinité.

La multiplication des cartes factorielles, qui renseignent de façon précise sur les textures des différents **horizons**, la salinité, etc... est donc souhaitable. Il s'agit malheureusement d'un outil **coûteux** et long à élaborer, souvent peu diffusé sur le terrain.

On pourrait donc imaginer la mise en oeuvre de "cartes factorielles simplifiées" : il semble en effet possible de gagner du temps de prospection et d'analyses en sautant la phase "**carte pédologique**", dont les utilisateurs sont peu nombreux, et en **associant** l'utilisation :

- . Du zonage morpho-pédologique et des cartes au 1/50.000 ème .
- . De l'expérience des **paysans**, qui distinguent plusieurs types de terrains au sein d'un même ensemble et peuvent donner leurs principales caractéristiques.
- . De la caractérisation des matériaux à partir de quelques 'sondages effectués sur le terrain (texture et salinité par horizon **essentiellement**).

Le produit final doit être une carte très simple, facilement **diffusable** auprès de tous les intéressés, agronomes, conseillers ou paysans.

Une telle méthode de stratification rapide des terrains reste à mettre au point dans les détails ; cela pourrait faire l'objet d'un travail commun, pédologues **ORSTOM/Agronomes** systèmes **ISRA/Conseillers** agricoles SAED/Paysans, de façon à évaluer les problèmes pratiques, les **coûts** et les possibilités d'étendre une telle méthode et d'en faire un outil de dialogue "**Recherche-Développement**" ; ce travail semble plus facile à mettre en oeuvre dans la Moyenne Vallée, où les paysans connaissent mieux les terrains que dans le Delta (l'histoire agricole des terrains alluviaux étant différente). Il faut noter que, faute de disposer de cartes suffisamment précises, les agronomes sont en fait souvent appelés à s'appuyer sur les connaissances des paysans, même dans le Delta, pour stratifier rapidement **des** échantillons de parcelles selon la nature des terrains.

2. Les relations entre le milieu naturel et **l'activité** agricole

=====

Ces relations s'articulent 'autour de deux grands axes, l'influence du climat et l'utilisation de l'eau.

2.1. L'influence du climat :

Le climat joue à la fois sur le comportement des cultures elles-mêmes, sur la pression des ennemis des cultures et sur le temps disponible pour effectuer les opérations culturales ; au total, il joue donc sur le problème global du choix du calendrier **cultural** et des successions de cultures.

2.1.1. L'influence du climat sur l'élaboration du rendement :

- Un certain nombre d'aspects sont communs aux différentes espèces

Des relations entre les rendements **et** une ou plusieurs composantes du climat ont été établies empiriquement, mais les mécanismes d'action restent cependant en **général** mal connus. A partir de là, ou dans certains cas, uniquement par observation **directe** des relations entre le rendement et les dates **d'implantation**, des périodes de culture optimales ont été déterminées, mais l'extrapolation de ces résultats dans l'espace et dans le temps est souvent délicate, faute de références précises ; les périodes interdites sont en général également bien connues, par contre les risques que **l'on** prend aux périodes intermédiaires le sont beaucoup moins ; or le semis à la date optimale n'est pas toujours possible.

Il faut noter que les rendements observés en milieu paysan n'ont pratiquement pas fait l'objet d'analyses pluriannuelles visant à les mettre en relation avec les variations annuelles du climat, les outils à utiliser pour porter un diagnostic en la matière restant d'ailleurs à préciser.

Malgré ces imperfections, les acquis existants en matière de relations climat-comportement des plantes sont importants ; mais ils sont souvent mal connus de l'encadrement et des paysans, dont l'expérience pour **la** plupart des cultures irriguées est trop courte pour leur permettre de relativiser les **observations** faites les années précédentes. Les problèmes de calendrier sont ainsi souvent relégués au second plan face au respect des successions et des assolements ou à celui des techniques culturales jugées optimales, alors **que leur** poids sur le rendement est très important ; un effort de vulgarisation est à faire dans ce domaine.

Pour compléter les acquis existants, il est nécessaire d'associer aux **expérimentations**, qui établissent des relations directes entre un **paramètre** et le rendement, des mesures et des notations sur la **plante** et le climat permettant **d'analyser** la nature de ces relations et d'en comprendre les mécanismes. Par exemple, pour les relations entre :

- . Date de semis et rendement : l'extrapolation **n'est** possible que si **l'on** dispose d'enregistrements météorologiques permettant de replacer les résultats obtenus par rapport au climat d'autres zones (grâce à **l'analyse fréquentielle**), et des composantes, du rendement pour déterminer les stades auxquels le climat a le plus joué.

- . Consommation en eau et **K'** : les résultats obtenus doivent être **replacés** par rapport à l'enracinement, à la conduite de l'eau, à la date d'implantation, au taux de recouvrement du **sol** par **la** culture, et aux productions obtenues (Matière Sèche Totale et grains ou fruits).

- . Date de semis et longueur de cycle : peu de travaux **ont été menés sur le** Fleuve pour les relier aux **sommes** des **températures**, cela devrait **être** fait plus systématiquement.

Ces mécanismes mieux **compris**, l'analyse **fréquentielle** du climat pourrait être orientée **en** fonction des exigences précises des différentes plantes. Le travail commencé par **Lucido** pourra être complété, en précisant dans des tableaux destinés en particulier aux conseillers agricoles l'importance et la nature des risques courus en terme de rendement (mais aussi de longueur de cycle) et par rapport à quels types **d'évènements** climatiques. Compte tenu des potentiels espérés, on pourra alors déterminer les variétés et les techniques **à** conseiller, surtout si **l'on** n'est pas à **l'optimum**.

Les analyses fréquentielles pourraient enfin être complétées par **des** analyses pluriannuelles des rendements en essayant de relier ceux-ci à différents paramètres climatiques pour rechercher **l'origine** des fluctuations ; ceci implique un suivi assez précis des dates de **semis** et des rendements qui pourrait se faire dans le cadre d'une opération de Recherche-Développement.

- D'autres aspects sont spécifiques des, différentes cultures :

• POUR LE RIZ :

L'épiaison est interdit de mi-novembre à **début** mars, et les semis le sont de début décembre à mi-février, sauf protection des pépinières (**dapog** sous bâche par exemple). Selon les zones, les risques de pluies sont élevés **à partir de** la mi-juin ou de début juillet, **ce** qui peut perturber certaines opérations; les semis d'hivernage effectués en **août** courent ainsi des risques importants d'avoir lieu après des levées d'adventices sous pluie ; compte tenu des problèmes pour effectuer un travail du sol à cette époque (**cf** infra), il est prudent de prévoir des moyens de destruction chimiques.

Les cycles actuellement utilisés, avec essentiellement des semis en **juillet-août**, et dans une moindre mesure en février-mars et en juin pourraient **être** diversifiés. :

- . En augmentant la part de la saison sèche, au potentiel de rendement plus élevé (mais aux risques climatiques et aux **coûts de** pompage également plus importants).
- . En utilisant les semis de novembre (saison sèche froide).
- . En utilisant plus les semis de juin, et en avançant certaines implantations en mai.

Un certain nombre de précautions doivent cependant être prises ; il convient en particulier de mieux préciser :

- . Les risques pris avec l'utilisation de la saison sèche froide, ainsi que les longueurs de cycle.
- . Les risques encourus par les semis de mai (**période** de fortes températures et évaporations).
- . Les problèmes de pluies sur la récolte et le battage des riz de saison sèche chaude, et sur le travail du sol pour la campagne d'hivernage.

• POUR LE MAIS :

Les **épiaisons** d'avril à juin donnent de très faibles rendements, les résultats sont donc très aléatoires en saisons sèche chaude ; cette saison est à éviter sauf dans le cas de spéculations du type épis verts à griller, lorsqu'un marché intéressant existe.

L'optimum pour la floraison se situe dans le creux thermique de décembre-janvier-février. Les meilleurs rendements sont donc obtenus en saison sèche froide, campagne à privilégier ; cependant les retards sur semis sont fréquents, augmentant rapidement les risques d'échec. La culture d'hivernage donne aussi de bons résultats, surtout sur des semis fin juin, et les retards au semis sont moins pénalisés ; les besoins en eau des deux saisons sont à peu près identiques.

Il reste à mieux quantifier les risques que l'on prend en retardant les semis de maïs en saison froide, ce qui est très fréquent sur les successions riz-maïs en double-culture, et à étudier ceux qu'il y aurait à utiliser des semis d'hivernage très précoces (fin avril-mai), permettant de cultiver une tomate de saison froide après le maïs.

.POUR LE SORGHO :

Le sorgho a des exigences du même type que celles du maïs, mais elles sont moins prononcées : la culture de saison sèche chaude est possible, même si les rendements sont modestes ; les décalages de semis par rapport aux dates optimales sont également moins graves.

Le sorgho est donc une plante plus souple d'utilisation que le maïs dans les successions, par rapport aux problèmes climatiques stricto sensu (mais pas par rapport aux problèmes de déprédateurs, cf infra-J.11) y a cependant eu peu de travaux précis sur les effets des décalages des semis en dehors des périodes optimales, qui pourraient être mieux étudiés.

.POUR LA TOMATE ET LES CULTURES MARAICHERES :

Le calage des cycles est très strict pour la plupart des espèces, à cause des effets néfastes des fortes températures ; cependant certaines espèces comme le Jaxatu, le piment, la patate douce et l'aubergine peuvent être cultivées en dehors de la saison froide. Le respect du calendrier cultural est donc important ; surtout pour la tomate destinée aux usines de concentré ; il l'est moins pour les espèces destinées au marché du frais, où les prix sont très variables selon les époques, autant sinon plus que les espérances de rendement.

Les calendriers optima ont été assez bien définis au niveau du Bas-Delta (Ndiol) et de la région de Podor (Nianga) par les travaux de Reynard et de Van Damme ; il reste cependant à mieux préciser les conditions d'extrapolation de ces travaux, menés sur de courtes

périodes ,dans le temps et dans l'espace. Beaucoup plus que pour les céréales, il importe également de prendre ici en compte la pression des insectes et des maladies, variable selon les saisons, en plus des contraintes **climatiques** stricto **sensu** (cf infra).

• POUR LE BLE :

Les risques climatiques sont très élevés, surtout à cause des avortements et des échaudages entraînés par la remontée des températures en fin de saison sèche froide ; le calendrier cultural est donc très strict, mais le respect de la date optimale ne garantit pas l'absence de risque **d'harmattan** en cours de maturation. Cette date optimale semble se situer dans la deuxième décennie de novembre (**Lucido**, 1976, indique la première décennie, et Moscal, la deuxième décennie, la deuxième quinzaine ou la troisième décennie... selon les **résultats** de la campagne . . précédente).

La culture du blé est donc très délicate ; il est risqué de lui accorder une trop grande **place** dans l'assolement, et elle réclame une grande **maîtrise** du **calendrier cultural** : le calage de son cycle est prioritaire sur celui des autres plantes avec lequel le blé pourrait entrer dans une **succession** en double-culture. Ces problèmes, et ceux du prix, font que le blé n'apparaît pas comme la plante **la** plus intéressante en saison sèche froide en milieu paysan, surtout dans le cadre de la double culture.

2.1.2. L'influence des saisons sur la **dynamique** des **déprédateurs** et des maladies

Parmi les ennemis des cultures, les oiseaux sont pour les céréales le principal fléau auquel les paysans doivent faire face ; maladies et insectes ont surtout une incidence importante sur les cultures maraîchères. Pour tous les ravageurs, les **dégâts** sont plus ou moins importants selon les saisons.

- LES OISEAUX :

Les attaques d'oiseaux concernent essentiellement les **céréales** ; elles sont beaucoup plus importantes en saison sèche qu'en hivernage : en saison sèche, les surfaces en culture sont moins importantes qu'en hivernage ; de plus, en hivernage de nombreuses graminées sauvages existent dans le **Jeeri**, les oiseaux **y trouvent égale**ment des points d'eau, alors qu'en pleine saison sèche, eau et nourriture ne se trouvent pratiquement que dans la Vallée.

La pression des oiseaux est surtout forte sur deux cultures :

- LE RIZ, dont les semis en **prégermé** peuvent être **attaqués**, surtout en saison sèche, par des canards ou d'autres oiseaux aquatiques ; mais les dégâts les plus importants ont lieu pendant la maturation, et les riz de saison sèche chaude sont **particulièrement** touchés ; les oiseaux posent un problème encore plus important pour le développement de la culture du riz de saison sèche froide, qui arrive en maturation un mois plus **tôt** que le riz de saison sèche chaude : les essais sur de petites surfaces concentrent alors les attaques.
- LE SORGHO : La pression des oiseaux est très importante en saison sèche sur les sorghos de décrue ; elle l'est encore plus sur les sorghos irrigués de saison sèche, difficiles à protéger. Ce problème est une des principales causes du très lent développement de la culture du sorgho en irrigué, qui ne semble actuellement intéresser les paysans qu'en hivernage. Les essais de sorgho en saison sèche froide, conduits sur de petites surfaces, concentrent bien **sûr** les attaques.

Les dégâts d'oiseaux sont variables selon les **zones**, en fonction de l'environnement : plans d'eau, forêts, cultures-abris (canne) etc... **Les** cultures pluviales d'hivernage subissent également des attaques (ce qui amène les agriculteurs **à** s'éloigner des points d'eau permanents pour ces cultures) mais **beaucoup moins** que les cultures de décrue ; le maïs est très peu **attaqué** (uniquement par les perroquets).

D'une façon générale, le **problème** des oiseaux est extrêmement préoccupant pour **les** agriculteurs de la vallée, qui sont obligés de consacrer au gardiennage une part importante des temps de travaux. Des actions devraient donc être entreprises pour diminuer les populations **aviaires** ; une relance des activités de **l'OCLALAV** est souhaitable, orientée vers une lutte tactique, aux périodes favorables, par **destruction** des nichoïis et utilisation de répulsifs.

Au besoin, des recherches très appliquées doivent être menées **à** court terme pour préciser les moments de lutte les plus favorables, et étudier l'influence de l'environnement (par exemple: la présence de brise-vent est-elle ou non un facteur d'aggravation des attaques ?).

Tant que la pression aviaire sera aussi élevée, les tentatives de **diversification** des cycles de culture du riz de saison sèche ou de développement du sorgho irrigué de saison froide risquent **de se** heurter aux dégâts des oiseaux, et **nécessiteront** donc que des surfaces importantes soient cultivées simultanément de façon à diluer les attaques.

LES MALADIES ET LES INSECTES :

La pression est variable selon les cultures :

POUR LES CEREALES : Il y a globalement peu de problèmes ; les maladies sont quasi absentes et les dégâts d'insectes relativement faibles. Il convient cependant de suivre de près l'évolution des infestations, afin de pouvoir intervenir éventuellement en cas d'attaque significative ; il est donc souhaitable de constituer pour cela de petits stocks régionaux de produits curatifs, en fonction des principaux problèmes signalés par les agriculteurs et l'encadrement.

Pour le riz, les dangers potentiels sont représentés par les **acariens** et les aleurodes (des attaques sont régulièrement observées dans la Moyenne Vallée en saison sèche), les **acridiens** (surtout présents dans le Delta en hivernage) et les borers (des attaques ponctuelles sont observées dans toutes les zones).

Pour le **maïs** et le sorgho, les dégâts les plus fréquemment observés sont dus aux borers et aux **pyrales** ; on note aussi quelques maladies fongiques en **hivernage** (charbon' et **helminthosporiose**).

Quelles que soient les céréales, il y a actuellement peu de raisons de se lancer dans des luttes préventives systématiques, **coûteuses** et contraignantes, qu'elles soient chimiques ou **culturelles** (groupement des semis, absence de monoculture, destruction des résidus de récolte) ; un suivi régulier **des infestations** est par contre indispensable.

POUR LA TOMATE ET LES CULTURES MARAICHERES : Bien qu'ils soient nettement inférieurs à ceux qui connaissent d'autres régions (**Niayes** par exemple), les risques d'attaques ne sont cependant pas **négligeables**. Les problèmes d'insectes (noctuelles, borers, etc...) sont plus importants que les maladies fongiques, présentes cependant. Les cultures précoces (semées en milieu ou en fin d'hivernage) sont les plus exposées aux diverses attaques, et nécessitent donc plus une protection chimique systématique ; celle-ci peut être allégée pour les cultures de pleine saison, mais les prix de vente sont aussi moins intéressants.

Le niveau de protection minimal à assurer aux différentes périodes de l'année pourrait faire l'objet de travaux, afin d'adapter les résultats obtenus par l'**ISRA-CDH** à Cambérène ; les fiches techniques élaborées par ce **centre** pourraient ainsi être complétées ; une meilleure diffusion de ce type d'information doit **d'ail-**

leurs être assurée sur le terrain, car elle touche un nombre **très** restreint de producteurs.

Le problème des nématodes est mal connu dans la Vallée ; il semble **pou-**voir très vite devenir important en cultures maraîchères effectuées sur sol sableux (sous aspersion) ; dans ces conditions, l'introduction d'arachide ou de patate douce dans les successions est un bon moyen de limiter les populations. En cultures maraîchères sur sols alluviaux (**Foonde et Hollalde**), où l'irrigation se fait par semi-submersion, et **où** d'autres cultures entrent dans les successions, elles sont **pro-**bablement moins **aigues**.

Le développement actuel du maraîchage et de la culture de la tomate rend nécessaire un diagnostic précis en la matière ; les travaux pourraient **d'ail-**leurs être étendus ultérieurement aux autres cultures, pour lesquelles les connaissances sont encore plus faibles (mais le problème est probablement moins impor- tant).

Les attaques d'acridiens représentent un danger très variable selon les années ; lorsqu'il y a pullulation (en général en hivernage), toutes les cultures peuvent **être touchées** ; les plus vulnérables sont les cultures pluviales, mais le 'riz et, en fin **d'hivernage/début** de saison sèche froide, les semis de maïs, sorgho, cultures maraîchères, peuvent l'être aussi. La **lutte** au niveau des paysans n'est possible que lorsque les infestations sont limitées, ou au niveau de très petites surf **aces** (pépinières) ; une relance des activités de **l'OCLALAV** est aussi souhaitable en ce domaine pour parer **à** toute éventualité.

2.1.3. Influence du climat sur l'exécution des opérations culturales :

Le temps disponible pour **effectuer** les opérations culturales **est** variable selon les saisons : en saison sèche, le climat n'interfère pas directement avec les travaux agricoles (sauf à travers le temps de ressuyage de parcelles ayant été irriguées) ; par contre en hivernage, les pluies peuvent, surtout en **juillet-août-**septembre, poser de gros problèmes pour la réalisation de la récolte (verse, humidité des pailles et des grains).

L'implantation des cultures de riz de saison sèche chaude doit donc être la plus précoce possible pour que les opérations' de récolte (moisson) et de battage puissent avoir lieu en majeure partie avant les premières grosses pluies ; le **pro-**blème est plus aigu en amont, où l'arrivée des pluies est souvent plus précoce. Il faut noter que les riz semés en saison froide, qui arrivent **à** maturité beaucoup plus **tôt**, ne posent pas de problème de ce point de vue.

La préparation du sol pour une campagne de riz d'hivernage effectué après une campagne de riz de saison sèche chaude peut difficilement être terminée avant les premières pluies. Il se pose donc un problème de pénétration dans les parcelles accentué par les faibles évaporations enregistrées à cette période ; ce problème est d'autant plus aigu que la texture des terrains est argileuse, entraînant un ressuyage très lent des parcelles. On a donc intérêt à cette période, et surtout dans les **Hollalde**, à travailler le sol le plus tôt et le plus rapidement possible (utilisation de façons superficielles, suffisantes pour le riz), ou à utiliser le travail sous eau. Une autre solution est d'adopter sur une partie des surfaces le non-travail du sol, avec ou sans désherbage chimique avant semis selon les infestations ; cette pratique devrait se développer en double riziculture.

L'utilisation des semis de saison sèche froide sur une partie des parcelles peut enfin permettre la préparation d'une plus grande part des terres avant les pluies.

Le nombre de jours de pluies est globalement assez faible dans la Vallée (surtout ces dernières années) ; il est de l'ordre de 15 jours à **Podor** en moyenne, et d'environ 25 à **Matam** ; les pluies sont plus fréquentes en amont, où elles sont aussi plus précoces, mais les terres y sont en général plus légères, et leur ressuyage est donc plus rapide. Une étude fréquentielle précise du nombre de jours de pluie est possible pour chaque zone de la Vallée, son intérêt est cependant limité par le fait que l'on ne dispose que de très peu de données quantitatives sur les délais d'attente à respecter selon les types de terrain (et le planage) pour travailler le sol avec un matériel donné après une pluie (ou une irrigation) de x mm ; un travail sur ce sujet serait très utile pour pouvoir quantifier le temps réellement disponible pour le travail du sol, surtout dans l'optique de la double culture au calendrier très serré, et donc préciser les matériels nécessaires pour cultiver une surface donnée (l'ajustement empirique domine actuellement en ce domaine).

Pour les cultures pluviales pratiquées sur des terres le plus souvent très sableuses le problème de l'entrée dans les parcelles ne se pose pratiquement pas. Par contre, vu la brièveté de la saison des pluies dans la région du Fleuve (surtout en aval), les cycles doivent être calés au plus juste, et le semis à la première pluie utile est quasi obligatoire (sauf éventuellement avec les variétés de niébé à cycle court). En année "normale", si l'on veut avoir quelques chances de récolter,

on dispose donc d'un temps très réduit pour réaliser les implantations, ce qui implique qu'elles doivent avoir la priorité sur les autres travaux agricoles (en irrigué en particulier). La **même** remarque peut être faite pour les semis du **waalo** , qui doivent eux aussi être effectués très rapidement. après le retrait des eaux de crue, et donc être prioritaires sur les autres travaux. La dépendance très étroite des systèmes de culture 'traiditionnels envers le milieu naturel entraîne donc une concurrence très sérieuse de ces systèmes pour la réalisation des travaux sur les systèmes irrigués, où **l'artificialisation du** milieu permet plus de reporter certains travaux ; ces concurrences vont également se retrouver à d'autre périodes, comme **celle** du désherbage des cultures pluviales où la concurrence aiguë pour **l'eau** entre cultures et adventices implique une intervention rapide.

2.1.4. Conséquences pour la mise en oeuvre des systèmes de culture : calendriers culturaux et successions utilisables :

1.1

Avant la mise en service des barrages, les disponibilités en eau sont le premier facteur limitant les périodes de culture possibles, et donc les successions praticables en double culture.

Ces contraintes ont été partiellement levées dans le Delta avec la digue-bouchon de Kheune, puis la mise en service du barrage de **Diam** ; l'influence de ce dernier sur **l'ensemble** du bief maritime du Fleuve (c'est-à-dire en aval de Bogué) ne sera cependant vraiment significative que lorsque la construction de la digue en rive droite permettra une utilisation optimale de l'ouvrage. **Après** la mise en service du barrage de Manantali, l'eau devrait être progressivement disponible en toutes saisons dans la totalité de la Vallée.

Dans les zones où l'eau douce est déjà disponible toute l'année, les **con-**
traintes climatiques sont les plus importantes pour déterminer les cycles de culture possibles ; ailleurs, les contraintes hydrologiques **limitent** **les possibi-**
lités **l** **ais** **s** **ées** **par** **le** **climat.** **Nous** **ne** **considérerons**
ici que les contraintes climatiques pour l'étude des cycles et des **successions**
possibles, qui devront donc être confrontées avec les disponibilités en eau pour voir s'ils sont effectivement utilisables dans une zone donnée.

Les problèmes sont assez différents selon l'objectif adopté pour **l'intensité** culturale : une culture ou deux cultures par an ; nous étudierons donc ces deux cas de figure.

- En simple **culture** annuelle :

Le calage des cycles est relativement simple (en dehors des problèmes actuels de disponibilité en eau) : une bonne partie des implantations peut **se** faire

à la date optimale, et l'étalement dans le temps des travaux ne pose aucun problème, les intercampagnes étant très **longues**. **Seule** la concurrence des activités agricoles traditionnelles, très peu souples vis-à-vis du calendrier, peut poser quelques problèmes, que la durée des plages disponibles permet de résoudre sans trop de mal.

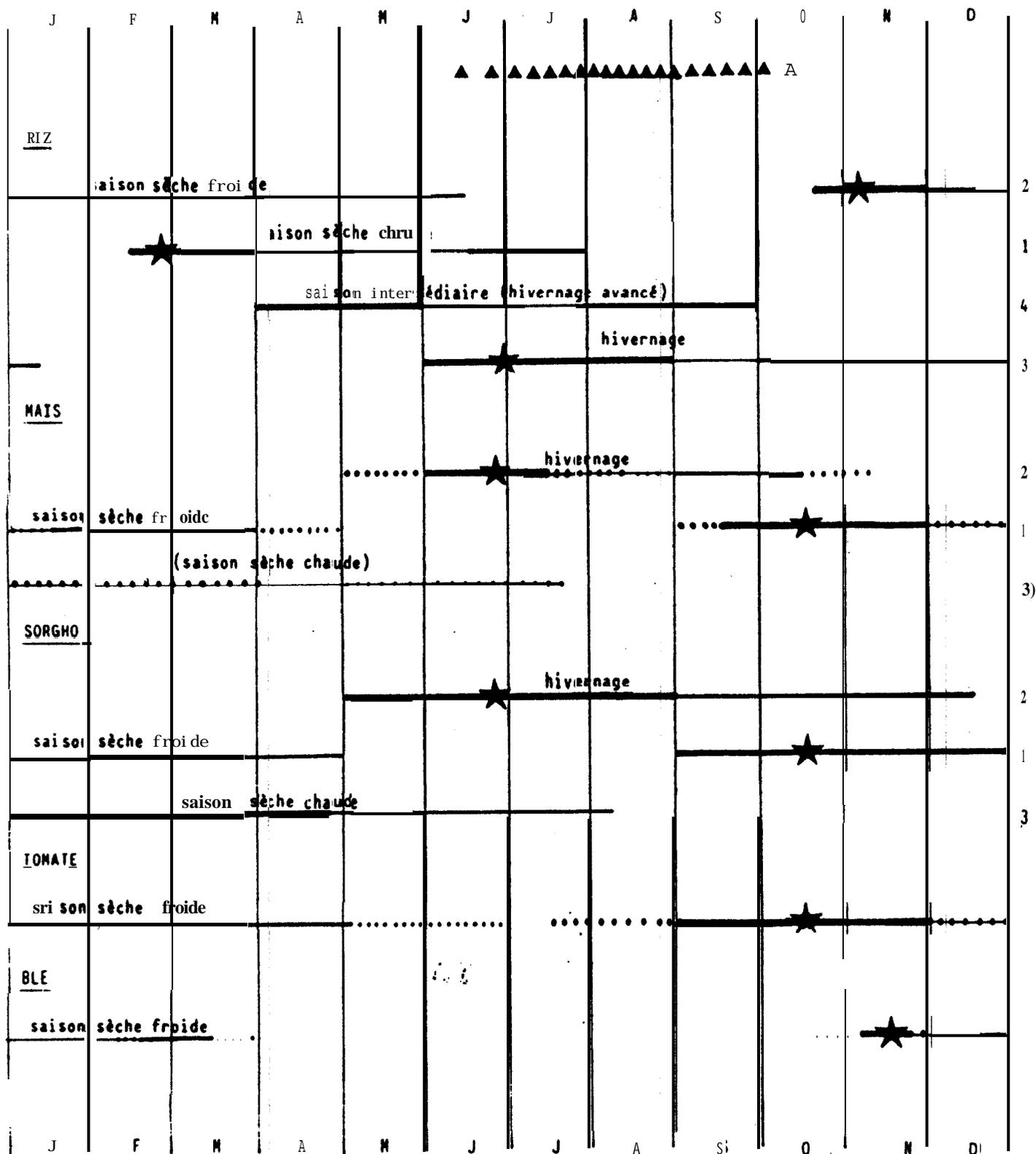
Les **cycles** utilisables en simple culture sont schématisés sur la figure 1, page 21. Pour certaines plantes, aux exigences climatiques très strictes (blé), les périodes de culture possibles sont très limitées ; pour d'autres, (maïs, tomate), elles sont un peu plus vastes ; certaines espèces comme le riz (et dans une moindre mesure, le sorgho), peuvent avec quelques précautions être cultivées **pratiquement** toute l'année.

Bien que permettant une utilisation du sol beaucoup moins intensive que la double culture, la simplicité de mise en oeuvre de la simple culture et la souplesse dans l'utilisation des différents cycles qu'elle autorise (en particulier pour répartir les temps de travaux sur les différentes parcelles), devraient lui faire conserver une place importante au sein des systèmes de production de la Vallée..

• En double culture annuelle

Les problèmes sont ici beaucoup plus complexes. Pour caler les différents cycles au sein des successions, il **est** nécessaire de prendre en compte les jours disponibles pour effectuer certains travaux, ainsi que la souplesse plus ou moins importante **qu'** autorisent les différentes plantes ; la combinaison de plusieurs successions dans les différentes parcelles d'un système de production doit aussi intégrer les problèmes de temps de travaux et de matériel disponible. Ceci dépasse le cadre de cette partie de notre étude, consacrée **essentiellement** au milieu naturel ; nous prendrons ici principalement en compte les contraintes climatiques, en gardant cependant à l'esprit qu'une **grande** souplesse est indispensable pour laisser une possibilité d'adaptation aux autres contraintes. Ceci exclut **d'ailleurs** que l'on envisage actuellement la pratique de la triple culture en milieu paysan (sauf avec des cultures maraîchères à cycle très court...), sa réalisation effective ayant déjà connu des difficultés en station ; à titre indicatif, et pour illustrer le peu de temps que laisse la pratique de la triple culture pour la réalisation des travaux d'inter-campagne, quelques calendriers sont donnés sur la figure 2, page 23.

FIGURE 1: CYCLES CLIMATIQUEMENT POSSIBLES EN SIMPLE CULTURE



A Risques de pluies pouvant interférer avec les activités agricoles (variables selon les zones)

★ Date de semis optimale ••• période de semis période de récolte
 période moins favorable

1,2,3,4 : Classement des saisons selon leur potentiel de rendement (par rapport au climat)

La triple culture serait peut être **réalisable** en régie (et plus facilement sur le J eeri où le travail du sol est plus simple à réaliser), mais la concentration dans le temps des besoins en matériel et en main-d'oeuvre qu'elle implique donc les **surcoûts** qui en découlent, rend sa viabilité économique très hypothétique.

Vu les différences d'exigences climatiques des différentes espèces cultivables, le calage des cycles au sein des successions doit en double culture s'effectuer en priorité sur celles des plantes les plus sensibles, en veillant à laisser suffisamment de temps en **intercâmpagne** pour la **réalisation** des travaux de préparation des sols. Les principales successions intéressantes pour la double culture annuelle sont représentées sur la figure 2, page 23 ; nous allons les examiner brièvement, en commençant par celles comprenant les cultures les plus sensibles aux contraintes climatiques de la Vallée.

• Successions comprenant du blé :

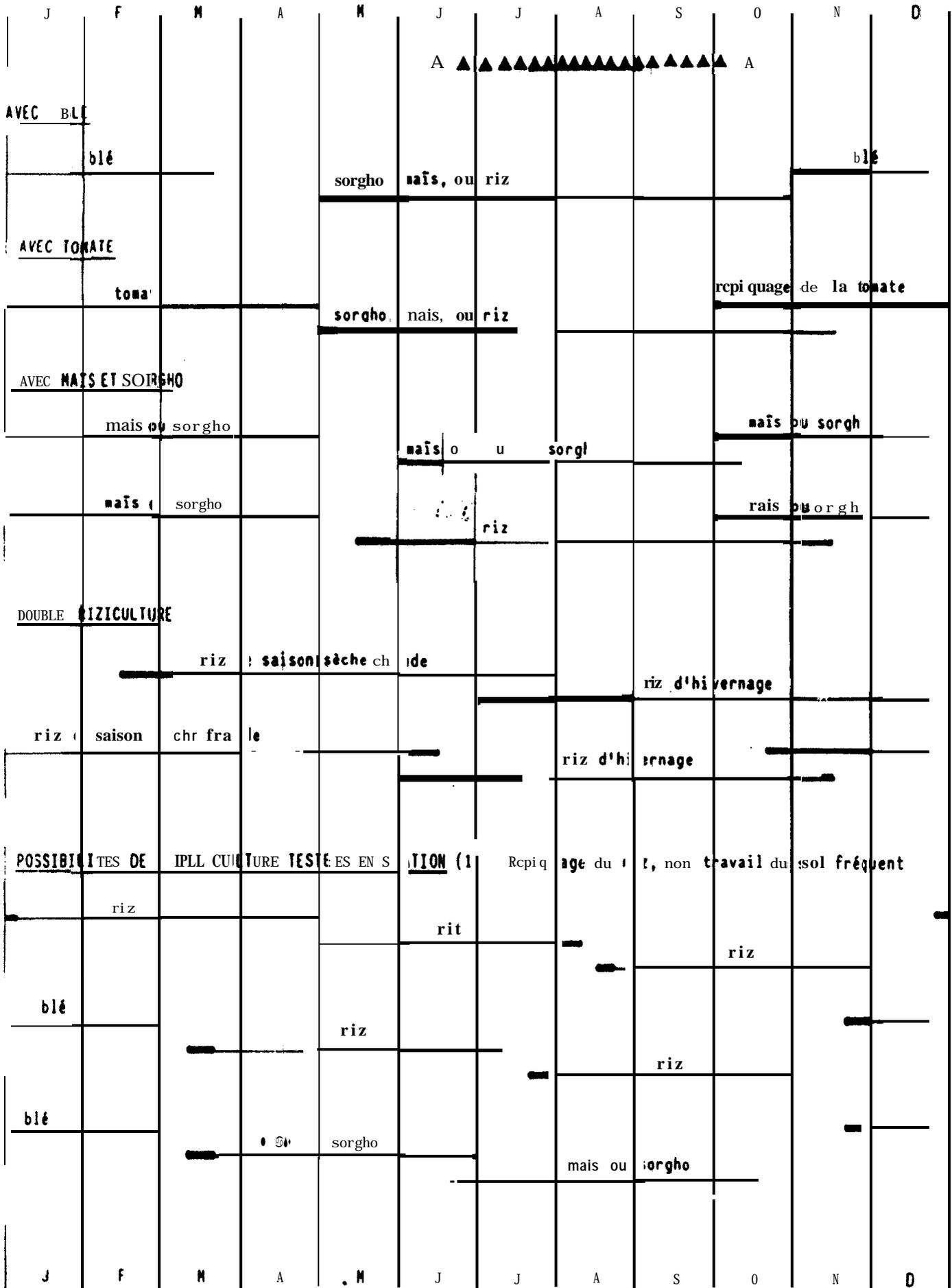
La période où l'implantation du blé est possible avec de **bonnes** chances de réussite étant très courte, il est indispensable de prévoir une marge importante entre cette culture de saison froide et son précédent d'hivernage.

Les successions avec du maïs ou du sorgho d'hivernage, qui ont un cycle assez court et qu'il est indiqué de semer **tôt** sont intéressantes ; la succession avec un riz d'hivernage est aussi possible, mais l'implantation de ce riz devra être d'autant plus précoce que **l'on** choisira des cycles moyens **plutôt** que des cycles courts (semés en mai ou en début juin).

• Successions comprenant de la tomate ou des cultures maraichères :

Pour certaines espèces maraichères, le cycle est assez plastique, mais dans l'ensemble les semis précoces en tout début de saison froide ou en fin **d'hivernage**, sont les plus performants ; certaines plantes, comme la tomate, ayant des cycles assez longs, il ne faut pas trop perdre de temps pour implanter la culture d'hivernage qui devrait être en place fin avril ou en mai, ou au plus tard en juin ; en cas de retard à l'implantation de cette culture d'hivernage, on choisira des riz à cycle court ou le **maïs** et le sorgho, et ce d'autant plus que **l'on** désire souvent faire pour la tomate des travaux du sol **profonds** (nécessitant des reprises) puis un **billonnage**, à une période où peuvent encore tomber quelques pluies. Des implantations plus tardives pourront être choisies pour limiter la protection phytosanitaire nécessaire.

FIGURE 2 :
SUCCESSIONS CLIMATIQUEMENT INTERESSANTES EN DOUBLE CULTURE



A Risques de pluies

seoir — récoltes

(1) d'après Ion That Trinh, 1977

Sur le Jeeri, en aspersion, des successions sont **possibles** avec le sorgho, le maïs, l'arachide (intéressante pour la lutte contre les **nématodes**) ou avec des espèces maraîchères adaptées à l'hivernage, comme le gombo (avec des risques d'attaques de **nématodes**) ou la patate douce. Sur ce type de terrain, très filtrant et très facile à travailler, les contraintes de calendrier sont moins fortes que dans les terres alluviales.

Dans la zone côtière, la remontée tardive des températures pendant la saison sèche permet d'étaler les implantations dans le temps, voire de faire deux cultures maraîchères pendant la saison **sèche** (gombo + carotte, haricot + chou, pomme de terre + chou, etc..., cf Reynard, 1981 et 1983).

Pour toutes les zones, des décalages de cycle par rapport à la pleine saison permettent de profiter de prix plus élevés, mais les rendements sont inférieurs.

• Successions comprenant du maïs :

Le maïs peut être cultivé en saison sèche froide ou en hivernage. Dans le premier cas, il doit être semé **tôt** (octobre-novembre), si on vise une production de grains **élevée**, mais lorsque le maïs est précédé par un riz d'hivernage, les retards **sont** fréquents ; dans l'optique "production de **maïs**", le riz devrait être implanté **tôt** (en mai s'il y a de l'eau ou au plus tard en juin), avec utilisation de variétés à cycle court en cas de retard ; au besoin on peut être amené, comme le font certains paysans à faire un travail du sol simplifié avant maïs (**voire** l'impasse sur le travail du sol) pour privilégier une implantation précoce de celui-ci mais on observe **que** les paysans peuvent préférer "mettre le paquet" sur le riz d'hivernage, donc utiliser des variétés à cycle moyen, plus productives, et voir le maïs comme une culture "économique" (rationnement en eau et en engrais).

En hivernage, la culture du maïs doit également être implantée **tôt** (fin juin), mais les retards sont moins pénalisés par des chutes de rendement ; le **maïs** peut alors entrer dans des successions avec des cultures de saison froide comme la tomate ou le blé, ou avec lui-même ou le sorgho. **Les** problèmes de succession sont dans ces derniers cas moindres qu'avec un riz d'hivernage : **maïs/maïs** en particulier permet de **mieux** respecter les dates de semis en saison froide que **riz/maïs**.

. Successions comprenant du sorgho :

Ces successions. bénéficient de la relative plasticité du sorgho vis-a-vis des dates de semis ; cependant sa culture en saison sèche pose un problème d'oiseaux qui n'est pas à négliger ; il serait pourtant intéressant de l'utiliser pour remplacer le maïs en saison sèche froide dans certaines **successions** lorsqu'il y a un problème de nature du sol (**Hollalde**), d'irrigation ou de retard au semis.

En hivernage, la culture du sorgho pourrait entrer dans le cadre de **successions sorgho/sorgho, sorgho/maïs, ou sorgho/tomate**, avec de préférence des implantations précoces, surtout dans les deux derniers cas.

. Successions comprenant du riz :

Les exigences climatiques de cette plante sont relativement limitées par rapport aux conditions de la Vallée (les semis sont grosso modo interdits de début septembre à mi-octobre, et de début décembre à mi-février), ce qui permet de la faire entrer dans de nombreuses successions ; il est souvent intéressant de la cultiver en hivernage, car c'est l'époque où ses besoins en eau sont les plus réduits, et de plus, les autres espèces se **comportent** souvent mieux en saison froide.

. Successions Riz/Autre Cultures :

Nous avons déjà évoqué la plupart de ces successions, rappelons **simple**ment qu'avec le blé, le riz doit être semé **tôt**, pour libérer les parcelles en octobre, et qu'avec le maïs et dans une moindre mesure le sorgho des semis précoces sont également souhaitables ; avec la tomate, la **succession** une **même** année n'est possible que si le riz "d'hivernage" est implanté très **tôt**, de préférence en mai de façon à libérer les **parcelles** fin septembre-début octobre, ce qui laisse assez de temps pour planter la tomate dans de bonnes conditions.

Des successions moins intensives, avec trois cultures sur deux ans, peuvent également **être** pratiquées, par exemple, riz de saison **sèche chaude/tomate** de **saison** sèche froide (ou maïs ou sorgho) /riz d'hivernage ;

les problèmes sont alors moins aigus pour la préparation des terres, et ce type de succession peut être conçu comme une alternative à la double culture pour une partie des terres.

Les **alternances riz/autres** cultures posent néanmoins quelques problèmes liés à la nature des terrains et à l'histoire des parcelles :

- * La culture **du** riz est plus facile à conduire en sols **lourds** peu percolants (**Hollalde**) alors que les autres cultures y connais-

sent des problèmes d'asphyxie et sont donc plus faciles à cultiver sur **Foonde**(ou sur Jeeri).

* La création d'horizons profonds tassés est jugée plutôt favorable pour le riz, car elle limite les pertes en eau ; à l'inverse, des structures plus aérées sont souhaitées pour les autres cultures, qui n'ont pas les mêmes possibilités **d'enracinement** en conditions très humides.

* On recherche pour la culture du riz un **planage** parfaitement horizontal, alors que pour les autres cultures irriguées par **semi-submersion**, une légère pente facilite l'**irrigation** et l'évacuation des excès d'eau.

* La création d'un **modélé** de surface du type billons facilite la conduite de l'eau pour la plupart des cultures, mais **elle** contribue à dégrader le **planage** recherché pour la culture du riz ; il en est de même des labours profonds destinés à améliorer la structure du sol **pour** les cultures de tomate ou de maïs.

La pratique de ces successions **riz/autres** cultures est néanmoins possible en prenant quelques précautions dans la conduite des différentes cultures (par exemple ne pas chercher à maintenir une lame d'eau pour les riz sur **Foonde**, **reprendre** régulièrement le **planage**, utiliser surtout des façons superficielles même en polyculture, etc...) ; elles sont parfois les seules possibles dans les zones où le manque d'eau en fin de saison sèche interdit la double riziculture, mais où on désire cependant faire du riz (céréale la plus productive) en hivernage, et mettre à profit la saison sèche pour faire une seconde culture.

. Successions **riz/riz** en double riziculture :

Pour d'autres raisons que les contraintes climatiques (objectifs de production, relations eau-sol-plante), la culture du riz dans le cadre de la double culture annuelle devrait surtout se développer sous forme de double riziculture (**riz/riz**), bien que celle-ci pose plus de problèmes de calendrier et d'organisation du travail que la combinaison d'autres types de successions.

Deux types de succession annuelle sont possibles en double riziculture :

* Riz de saison sèche chaude /riz d'hivernage : **P e u v e n t** se succéder deux variétés à cycle court, une **variété** à cycle court et l'autre à cycle moyen ou même deux variétés à cycle moyen si il y a peu de problème d'intercampagne ; ceux-ci sont surtout aigus entre saison sèche et hivernage, le temps disponible étant, assez

restreint, et l'interférence des pluies probable.

L'utilisation de la même variété pour les deux saisons évite les risques de mélange par égrenage, surtout si on ne fait pas de travail du sol, ou seulement un travail superficiel.

* Riz de saison sèche **froide/riz** d'hivernage : Des **variétés** de ~~cycle différent~~ **peuvent également être** combinés ici ; les intercampagnes sont plus courts que dans la succession précédente, du fait de **l'allongement** des cycles en saison froide, mais les pluies interfèrent beaucoup moins.

Bien que l'utilisation de la seconde succession soit plus délicate, à cause de la période froide (toutes les variétés ne conviennent pas), l'association des deux types dans des exploitations à dominante rizicole permettrait d'étaler les temps de travaux, et donc de mieux profiter des jours disponibles ; il en est de même de l'utilisation dans les différentes parcelles de variétés de cycle différent. Dans les exploitations où la part de la polyculture est importante, le premier type de double riziculture sera **préféré**, car le second type induit des pointes de travaux aux mêmes périodes que la double culture avec les espèces dites de diversification (maïs, tomate, sorgho...) : juin et octobre-novembre.

Malgré l'importance des contraintes climatiques, on dispose donc d'un jeu de successions assez vaste en combinant les différents **éléments annuels** ci-dessus, ce qui permet de faire de la double culture sur au moins une partie des terres (si **l'eau douce** est disponible toute l'année) sans créer de trop gros goulets d'étranglements dans le **calendrier** des travaux ; cette palette permet également de faire des choix adaptés au manque d'eau douce que connaissent certaines zones pendant une partie de la saison **sèche**.

Pour mieux tenir **compte** des autres contraintes (nature des sols, étalement des **besoins** en eau, disponibilité du matériel, sélection des adventices,...) et des objectifs des paysans, les successions actuellement pratiquées pourraient donc **être** diversifiées, dans la mesure des débouchés existants, qui risquent d'être une contrainte importante dans l'avenir.

2.2. L'utilisation de l'eau :

L'utilisation de l'eau doit tenir compte des besoins des différentes cultures, mais aussi des propriétés et des comportements des terrains qui les portent. Dans les conditions de la Vallée, la satisfaction des besoins en eau ne peut dans la plupart des zones être garantie que si l'on fait appel à l'irrigation, qui peut parfois dans certains types de terrain **entraîner** des excès d'eau temporaires préjudiciables aux cultures. Une utilisation adéquate de l'irrigation peut aussi permettre, moyennant certains aménagements, un dessalement partiel ou total des terrains affectés par une salinité trop importante. Ce sont ces divers aspects de l'utilisation de l'eau que nous allons examiner successivement.

2.2.1. Les relations eau-sol-plante dans la Vallée :

On dispose de connaissances assez précises sur les besoins en eau des cultures, notamment grâce aux travaux de Rijks sur les besoins nets des **cultures**. Les besoins en eau nets du riz sont de loin les plus élevés : de l'ordre de 1100 à 1700 mm par culture ; ceux des autres plantes sont plus modestes : de **l'ordre** de 560 mm pour le sorgho, 650 mm **pour** le blé et le **maïs, 700** mm pour le coton, 740 à 870 mm pour le niébé. Ces chiffres sont des moyennes, les besoins en eau varient selon les années et les régions en fonction de **l'ETP** ; ils varient également selon les **cultivars**, en fonction de la durée de leur cycle. Les variations saisonnières sont plus ou moins importantes selon les espèces et les saisons considérées ; pour le maïs, les besoins sont pratiquement les mêmes en hivernage et en saison sèche froide, alors que pour le riz les écarts sont très importants : 1100 mm \pm 200 en hivernage, et 1700 mm \pm 200 mm **en** sèche froide ou chaude (il y a très peu de différence entre **les** deux saisons sèches) ; le repiquage permet une économie d'eau, mais celle-ci est **assez limitée** (de l'ordre de 90 mm).

Les calculs de **K'** effectués par Rijks permettent d'extrapoler ces résultats dans le temps et l'espace. Cependant, **Rijks** insiste sur le caractère provisoire de ses résultats : les durées d'observation ont en effet été courtes ; il serait donc souhaitable, vu l'acuité du problème de **l'eau**, de compléter **ces travaux** par des séries d'observations plus longues et d'envisager l'extension des études à d'autres cultures (tomate, maraîchage,...).

Les Réserves Utiles (**R.U.**) des **grands** types de terrains sont assez bien connues, même si pour certains types (**Foonde** par exemple) les gammes de variation sont importantes et nécessiteraient une stratification plus fine en leur sein. **Cela** pourrait se faire d'après les types de textures déterminées pour les cartes factorielles simplifiées des terrains dont nous avons parlé, en cherchant à établir des relations simples entre gamme de texture et R.U. par tranche de **sol**, ce qui est possible si on n'exige pas une trop grande précision, inutile ici.

La R.U. réellement utilisable par les plantes est cependant surtout mal connue parce qu'il y a très peu de travaux consacrés à l'enracinement des cultures irriguées, et donc aux profondeurs de sol à prendre en compte aux différents stades de la culture ; des études pourraient être faites dans ce sens, compte tenu des conditions d'enracinement souvent défavorables (sol trop sec, ou asphyxié) essentiellement sous la forme d'un diagnostic, en **milieu** paysan (associé à un diagnostic hydraulique) et aussi en station lorsque des essais "fréquence d'irrigation" sont menés afin de pouvoir mieux juger des **résultats** obtenus.

Les perméabilités sont très variables selon les types de sol. La **SEDAGRI** a mis en évidence des relations assez étroites avec la texture. En **fonction** de celle-ci, le maintien d'une lame d'eau pour le riz peut être ou non un objectif raisonnable, ce qui joue sur l'eau disponible pour la plante, mais aussi sur les infestations, d'adventices. Les **perméabilités** élevées des terrains du **Jeeri**, et celles des Foonde les plus hauts, autorisent l'utilisation de l'irrigation par aspersion.

Une table de correspondance **perméabilités-types** de terrains pourrait être jointe à des cartes simplifiées des terrains.

Si les connaissances "**fondamentales**" sont importantes, on a par **contre** peu de renseignements sur **les** consommations réelles des cultures dans les parcelles des Paysans, liées à la perméabilité des terrains cultivés ou traversés par les canaux et à la conduite de l'eau. Les pertes dans le réseau et les parcelles semblent pouvoir être très importantes dans certains terrains (**cf** travaux de M. **Beye**, 1985 à **Ndombo-Thiago**), il serait nécessaire de mieux les **quantifier**. Un travail de diagnostic en milieu paysan est donc indispensable ; sa conduite

sera favorisée par la diversité des types d'aménagements (dont l'inventaire précis est à faire) et des types de terrain dont on dispose dans la Vallée. Ce travail permettrait entre autre de **préciser** l'impact **exact que peuvent** avoir l'utilisation de certaines techniques (repiquage,...) ou de certains cycles **cultu-**raux (saison **sèche** froide) sur les consommations réelles et non sur les seuls besoins **nets**, en fonction de différents modes de gestion **de l'eau**. Un tel diagnostic devra dans la mesure du possible être perennisé, de façon à appréhender **et évaluer** les modifications qui interviennent avec le temps : dégradation des réseaux, colmatage des canaux par des éléments fins, formation de **réseaux** d'écoulement souterrains, création d'horizons compactés dans les parcelles, dégradation du **planage**, etc....

Le ressuyage des parcelles, que nous avons déjà abordé au § 2.1.3., est un élément important pour **la** conduite des cultures. Le ressuyage des Foonde et **à fortiori** des terres du **Jeeri**, est plus rapide que celui des Hollalde ; il est donc plus aisé d'y conduire des opérations de préirrigation **pour** faciliter le travail du sol, mais elles y sont aussi moins nécessaires que dans les Hollalde **où** les cohésions en sec rendent impossibles l'utilisation de matériels légers ; dans ce dernier type de terrain, il faudra donc rechercher, dans la **mesure où** cela est compatible avec les exigences des cultures, l'emploi de travaux superficiels, **de travaux** sous eau ou **du non** travail du sol. Comme nous l'avons déjà dit plus haut, des études sont indispensables pour préciser les questions de **ressuy-**age des parcelles et d'humidités acceptables pour différents types d'intervention : quels délais faut-il attendre, appréciés de quelle façon, pour passer avec quel **type** d'outil, dans quel type de sol, après une pluie ou une irrigation d'une importance **donnée**.

2.2. 2. La satisfaction **des** besoins en eau :

Les problèmes liés à cette satisfaction se posent de façon différente selon le type d'alimentation en eau principal des parcelles : pluie, décrue ou irrigation.

Pour les culture pluviales, la satisfaction des besoins en eau par les précipitations est le facteur le plus important pour l'élaboration du **rendement**. A cet égard, les départements de **Dagana** et de Podor sont très défavorisés ; les **cultures** pluviales y sont très aléatoires, et peu de choses semblent faisables

pour améliorer leur situation. L'utilisation de **cultivars** à cycle très court (**niébés** américains **par** exemple) est cependant possible (si l'on maîtrise les problèmes phyto-sanitaires, dans le cas du niébé) ; on peut également **penser** à des façons **culturelles** ou à la création de **modèles** de surface visant à **économiser** l'eau, mais les solutions à élaborer doivent être très peu coûteuses vu la faiblesse des **productions** que l'on peut viser et l'importance des risques d'échec.

En amont, vers **Matam** et surtout **Bakel**, les potentialités en pluvial sont plus **importantes** et des efforts pourraient **être** faits en direction de ce type de culture, moins **coûteux** en investissements que l'irrigation. Des recherches appliquées visant à adapter les résultats obtenus à **Bambey** et Kakdi (surtout en matière d'économie de l'eau) se justifient.

Pour **les** cultures de décrue, l'utilisation de l'eau peut être améliorée par 'la **fertilisation** azotée, mais l'apport d'engrais sur ces cultures **implique** un doublement des temps de travaux au semis. Les possibilités d'amélioration sont cependant limitées par l'incertitude qui pèse sur l'avenir de ces cultures après la mise en service de **Manantali**.

Pour les cultures irriguées, la satisfaction **des besoins** en eau est primordiale et elle doit avoir **une** priorité absolue **sur** les autres travaux ou dépenses.

En hivernage, **un** calage précoce des cycles permet une bonne utilisation des précipitations, dont l'apport est loin d'être négligeable en amont ; cette saison est aussi celle où les besoins **en eau** des plantes sont en général les plus faibles, et où les hauteurs et donc **les coûts** de **pompage** sont également les plus **faibles**. Même si les potentiels de rendement sont un peu inférieurs à ceux de la saison sèche pour la plupart **des** espèces, la satisfaction des besoins en eau des cultures étant beaucoup moins **coûteuse** en hivernage, cette saison correspond bien aux objectifs de réduction des charges **de** nombreux paysans, qui auront donc tendance à privilégier l'extension des surfaces cultivées en hivernage plutôt que l'intensification par la double culture.

La nécessité absolue de l'irrigation pour obtenir des productions intensives dans la Vallée rend indispensable la sécurisation des pompages acquise **récemment** dans la plupart des grands périmètres **grâce** à l'électrification, mais encore très imparfaite dans de nombreux Périmètres Irrigués Villageois (**P.I.V.**), pour des raisons techniques et surtout économiques et organisationnelles.

Afin de limiter les investissements **en** matériel et de mieux les rentabiliser, un étalement dans le temps des besoins à satisfaire est **souhaitable**, et donc une diversification plus importante des cycles cultureux.

Les effets d'une satisfaction seulement partielle des besoins en eau sont mal connus. Une satisfaction optimale n'étant pas toujours possible, ni économiquement rentable, il y aurait lieu de mener des travaux pour étudier les possibilités de rationnement en eau des cultures et les seuils de stress hydriques à ne pas dépasser.

Parallèlement, et peut-être même avant ces études, un travail de diagnostic devrait être entrepris en milieu paysan pour juger du degré de satisfaction des besoins en eau des cultures et de ses conséquences sur les rendements; ceci surtout dans les P.I.V. où les paysans qui sont responsables du pompage et en supportent directement les frais, cherchent à économiser l'eau. Ce diagnostic devra être mené de front avec un diagnostic hydraulique proprement dit. Vu les réserves utiles très différentes des principaux types de terrains, le jugement porté sur les tours d'eau (très liés dans les P.I.V. à l'organisation sociale de l'irrigation) devra les intégrer. De ce point de vue, les risques courus avec un développement éventuel de l'irrigation sur Je Jeeri (aspersion) sont importants, surtout si le matériel est géré par les paysans, car les R.U. sont très faibles.

2.2. 3. La Maîtrise des excès d'eau :

Cette maîtrise est indispensable, la plupart des plantes ne les supportant **pas** ; même le riz dans ses jeunes stades y est sensible. Il est donc nécessaire de mettre l'accent sur la qualité du **planage**, et de prévoir dans l'équipement des paysans le matériel nécessaire à sa correction.

La recherche de **la maîtrise** des excès d'eau conduit à chercher **surtout** dans les sols lourds, une amélioration du profil structural par des travaux du sol profonds et d'éventuels apports de matière organique, ainsi que par l'adoption **de** modelés de surface du type billons ; tout cela est très coûteux, en temps et en argent.

Sur les sols plus légers et plus perméables comme les Foonde, la **conduite** de **l'eau** est facilitée pour **les** plantes **les** plus sensibles. **Elle** Je serait encore plus, et les problèmes d'excès **d'eau** seraient quasiment éliminés si ces cultures étaient conduites sous aspersion sur les terrains sableux du Je Jeeri ; dans les zones où ces terrains sont disponibles, on' pourrait s'orienter vers ce type de culture.

Les excès d'eau sont liés à la nature des sols, mais ils le sont également beaucoup à la conduite de l'irrigation. La **pratique** actuelle qui consiste, surtout dans les P.I.V. pour des raisons d'organisation, à apporter beaucoup d'eau à la fois en prévision d'un tour d'eau très long n'apparaît guère favorable

de ce point de vue. Les diagnostics à mener sur l'irrigation devront aussi préciser cet aspect.

La maîtrise des excès d'eau est importante pour la croissance des plantes, elle **l'est** aussi pour la réalisation des façons culturales, surtout **après** une préirrigation ou une pluie. Partout où elle est insuffisante (**parcelles de Hollalde** mal planées, nappe affleurante . ..). des techniques adaptées devront être utilisées (travail sous eau, non travail au **sol**, cf supra).

2.2. 4. La lutte contre la salinité et la maîtrise de l'eau :

Le problème de la salinité concerne essentiellement le Delta, et **dans** une moindre mesure certains terrains de la Basse Vallée. Sauf **exceptions** locales, plus **fréquentes dans** le haut Delta, les seuls terrains totalement **exempts** de **salinités** dans le Delta sont ceux du Jeeri.

Les **cultures de** riz tolèrent mieux le sel que les autres et surtout elles autorisent le maintien d'une lame d'eau qui permet un dessalement **temporaire** en surface ; s'agit d'une mise en valeur très rapide et très importante des terres du Jeeri, le riz devrait donc encore longtemps rester la principale culture du Delta. Il faut noter qu'en l'absence d'aménagements spéciaux, le dessalement **observé** sous les cultures de riz inondées est très **partiel** et n'intéresse que les **horizons** superficiels (sur 50 cm environ) ; le **ressalement** est rapide en saison **sèche**, sous l'effet des remontées capillaires.

A long terme, le problème de la salinité risque de déborder le cadre du Delta : il existe un danger de salinisation progressive **des** sols alluviaux irrigués quelle que soit leur situation initiale, du fait des apports contenus dans **les eaux d'irrigation**, et de la quasi-absence de lessivage dans les sols les moins perméables. **pour** J. Mutsaers et J. Van **Der** Velden, 1973, le recours au drainage apparaît donc inéluctable **à** terme ; il serait utile de préciser les pas de temps pour lesquels ce problème **risque** de devenir préoccupant dans les différents types de terrains. . .

Dans le **Delta**, les eaux de vidange et de drainage souvent salées sont actuellement l'objet de rejets vers des zones que **l'on** risque de stériliser, alors

que **Djama** pourrait permettre de les mettre en valeur ; une solution préservant à moyen terme ces zones, qui, comme le **Ndiael**, fournissaient avant les aménagements de bons pâturages, doit être mise en oeuvre.

Les travaux menés à **Boundoum -** Ouest et les résultats obtenus par la C.S.S. à **Richard-Toll** montrent qu'il est possible d'obtenir un dessalement effectif des terres, moyennant des aménagements particuliers. Il reste cependant à préciser quels en seraient les **coûts** actuels dans les casiers **rizicoles**, et à voir dans quelle mesure le riz ou d'autres cultures peuvent permettre de rentabiliser l'opération en milieu paysan. Le dessalement des terres n'apparaît techniquement viable que si elles sont **cultivées (irriguées)** pendant la majeure partie de l'année ; or la double culture est encore peu répandue, et cela pourrait constituer un facteur limitant important.

Un certain nombre de questions restent donc à préciser ; la situation actuelle ne semble pas très favorable au lancement de grandes opérations de dessalement, bien qu'avec Djama l'eau douce soit disponible toute l'année dans le Delta à partir de 1986. Il semble plus urgent de rentabiliser les aménagements existants, où l'amélioration du **planage** peut être un moyen de limiter l'effet de la salinité, plutôt que d'entreprendre des travaux **coûteux**, surtout tant que des solutions préservant le long terme n'auront pas été mises en place pour l'évacuation des eaux de drainage.

3. Les principales actions à entreprendre :

Nous rappelons dans cette partie les principales actions dont nous avons évoqué **l'intérêt** pour les différents thèmes abordés, en les regroupant par grands types d'intervention : les suivis, les études de projet, le conseil agricole, les recherches à court terme et les recherches à plus long terme.

3.1. Le suivi de l'évolution du milieu naturel et transformé :

Pour apprécier **les** aspects climatiques, hydrologiques ou techniques de cette évolution, il paraît nécessaire de mettre en place une cellule de suivi, dotée de moyens importants, qui puisse collecter l'information, dans le milieu ou auprès des organismes de recherche et de développement, organiser cette information, la traiter de façon simple pour la rendre **utilisable** et la revenir vers **les** acteurs de la recherche et du développement intéressés.

• Le suivi des paramètres climatiques : Il apparaît indispensable que soit créée une **banque** de données informatisée qui centraliserait au fur et à mesure de leur disponibilité les chiffres recueillis sur le terrain dans les stations météorologiques du réseau national (**ASECNA**, Météorologie Nationale) de la recherche agricole (**ISRA**, **CNRADA**, **OMVS**) et dans les petits postes simplifiés disséminés dans la **Vallée** (**SAED**, **CER**,....).

Des copies des données de base seraient alors aussitôt redistribuées aux organismes intéressés par ce type d'information (**ISRA** essentiellement).

Le premier travail à entreprendre au niveau d'une **telle** banque sera de résorber le retard pris, en saisissant toutes les données existantes. Des **analyses** portant sur les périodes récentes (**10,20** ou **30** dernières années) pourront alors être effectuées.

La **saisie** et l'exploitation des nouvelles données devra ensuite être **régulière**, ce qui permettra de disposer de moyennes à jour et de faire **des** comparaisons interannuelles actualisées.

Mais la fonction la plus importante d'une telle banque devrait surtout être d'assurer la circulation de l'information, actuellement très déficiente : les analyses effectuées devront être régulièrement **publiées** et surtout des petits documents hebdomadaires **et/ou** mensuels devront être diffusés rapidement pour informer **tous** les intéressés de l'évolution de la situation climatique.

• Le suivi des paramètres hydrologiques : La première action que devra entreprendre ou faire entreprendre la cellule de suivi sera la vérification et la modernisation du dispositif de mesure ; une automatisation serait souhaitable, surtout si elle permet une transmission très rapide de l'information, aspect, qui doit être privilégié. Comme en matière climatique, la création d'une banque de données informatisée rassemblant toutes **les** informations disponibles (pour tout le bassin) est indispensable. Un traitement rapide de l'information et la révision des analyses fréquentielles en prenant en compte la séquence **1968/1985** devront être effectués.

L'information traitée devra être rapidement redistribuée aux **personnes** intéressées, par le canal de bulletins mensuels (ou hebdomadaires dès que la **crue** s'amorce au Mali), de façon à ce que chacun puisse être **au** courant de la situation hydrologique et de son évolution probable dans les semaines **à** venir.

Une information plus détaillée, comprenant des analyses des risques de manque d'eau ou de disponibilité à une hauteur donnée dans **diffé-**

rentes hypothèses (avec **Diama** , avec la digue en rive droite, avec **Manantali** et une **crue** artificielle, . .) devra être élaborée Pour les principales zones de la Vallée pour guider les décisions d'aménagement ou de culture, actuellement trop tributaires de l'expérience immédiate.

• Le suivi de la situation phytosanitaire et des déprédateurs : Il semble nécessaire de mettre en place des actions de suivi à ce niveau pour mieux évaluer la situation des différentes zones de la Vallée (dégâts actuels, parasites et déprédateurs présents, risques potentiels) et voir l'évolution de **cette** situation avec le développement de l'irrigation ; l'information de base pourra être recueillie soit directement au champ, soit auprès des paysans et des conseillers agricoles. Comme pour les autres actions de suivi, la circulation rapide d'une information à jour est indispensable. En cas d'attaque ou de menace grave, la mobilisation des organismes d'intervention (**OCLALAV, services de l'Agriculture, SAED,....**) et des paysans pourra être rapidement assurée.

• Le suivi de la situation agricole en liaison avec les conditions du milieu naturel : Ce **suivi** devra s'inscrire dans le cadre d'un suivi plus large de l'activité agricole dans la Vallée ; en ce qui concerne l'étude de l'influence des conditions du milieu naturel sur cette situation, les données relevées devront comprendre, par zone et Par **type** d'aménagement, les dates de semis et de récolte et les rendements obtenus.

Il sera ainsi Possible de faire, au sein d'ensembles homogènes, des analyses pluriannuelles des rendements, ce qui permettra, en se référant aux caractéristiques climatiques des différentes années, de vérifier la pertinence des conseils en matière de dates d'implantation et de préciser les risques.

Fonctionnement d'une telle cellule :

Compte tenu de l'importance des tâches à mener, il ne semble pas souhaitable qu'une telle cellule soit trop dépendante d'une institution orientée vers un travail spécifique comme le sont les organismes de recherche et les sociétés de développement ; une formule souple doit être imaginée, pour que cette cellule soit autonome et opérationnelle. Elle pourrait être indépendante de tout organisme ou **rattachée**

à des structures de suivi et de planification. Dans tous les cas, sa mise en place nécessite le recrutement d'un personnel de haut niveau, et l'acquisition d'un matériel informatique et documentaire performant, le but était d'avoir une information sûre et à jour ; l'appui des structures ayant déjà une expérience du suivi dans la vallée (ISRA, ORSTOM, SAED, OMVS,...) sera bien sûr indispensable.

3.2. Les actions à mener dans le cadre des études de projet :

Les études de projet devraient pouvoir prendre mieux et **plus rapidement** en compte les **contraintes** du milieu naturel **grâce à** l'appui des travaux de la cellule de suivi et des recherches. **à court** et **long terme que nous proposons** (cf § 3.1, 3.4 et 3.5).

Pour les problèmes de disponibilité en eau, une meilleure évaluation des risques à différents stades de l'aménagement du Fleuve devrait **permettre de** mieux définir pour chaque petite zone agricole **les** superficies cultivables avec différents niveaux de risque. il sera ainsi également possible de mieux définir l'importance des travaux d'aménagement à entreprendre (digues de protection, **pompage pour l'exhaure** des eaux de drainage,...).;

Au **niveau** de la connaissance des terrains à mettre en culture irriguée, il devrait **être** possible de réaliser pour tous les nouveaux périmètres, surtout lorsqu'il s'agit de terrains cultivés traditionnellement auparavant, des cartes factorielles **simplifiées** (dont les principes de réalisation restent à préciser par la recherche) coinprenant les informations les plus utiles aux conseillers agricoles et aux paysans pour la conduite des cultures (texture de surface et de profondeur, perméabilité, réserve utile, salinité).

Pour faire face aux contraintes climatiques, il est prudent de prévoir une gamme assez **importante** de successions et de cycles culturaux à proposer aux paysans, et surtout un équipement agricole suffisant pour tenir compte des contraintes aiguës de calendrier en double culture et des jours disponibles en hivernage pour effectuer les travaux (question à préciser par la recherche). il faudra donc mettre l'accent sur des matériels permettant de travailler vite, dans une large gamme de conditions d'humidité, ou sous l'eau ; vu l'importance des problèmes liés aux excès d'eau, cet équipement devra permettre la conservation et la **reprise du planage**.

Pour limiter les risques de stress hydriques, la sécurisation des pompages, surtout dans les petits périmètres, est une priorité ; il faudrait voir si certaines formes d'aménagement ne facilitent pas une organisation de l'irrigation assurant une **meilleure** satisfaction des besoins en eau des cultures.

Un étalement dans le temps des besoins en eau est souhaitable pour limiter les investissements en matière de pompage, mais il faut un type d'aménagement permettant une gestion de l'eau totalement indépendante d'une parcelle à l'autre pour que la diversification des espèces et des cycles soit possible ; cela nécessite aussi de trouver des formules de facturation de l'eau adaptées. On pourrait alors également **étaier** dans le temps la préparation des terres, et donc limiter les investissements en matériel agricole.

Dans le Delta essentiellement, à partir des travaux réalisés à **Boudoum** Ouest et de l'expérience de la C.S.S., il serait intéressant de voir quels seraient les coûts actuels d'un aménagement permettant le dessalement et d'étudier sa rentabilité ; un préalable indispensable au lancement de tels types d'aménagement est la résolution du problème des rejets d'eaux salées qui se font actuellement un peu partout, par la création d'un émissaire aboutissant en aval de **Djama**

La remise en eau des zones du Delta ou du Lac de **Guiers** actuellement isolées du Fleuve pourrait être étudiée très rapidement afin d'y relancer l'activité agricole (**Trois- Marigots**, **Bas -Ferlo**,

Les problèmes de maîtrise de l'eau, y étant moins compliqués vu la perméabilité des sols (et les problèmes de salinité en étant absents), les zones de **Jeeri** proches de cours d'eau pourraient faire l'objet de projets d'aménagement ; cependant, il **faudra** tenir compte de la très faible réserve utile de ces terres, qui risque de rendre difficile une gestion paysanne collective d'aménagements de ce type.

Vu l'importance des problèmes aviaires dans certaines zones et les difficultés que connaissent les **structures de** lutte nationales et internationales (OCLALAV), le **lancement** de projets de lutte limités à la région devrait être étudié.

En tenant compte de ce problème aviaire et des travaux qui devraient être **menées** en agroclimatologie sur l'effet des brise-vent, l'inclusion des arbres dans **les** périmètres pourrait faire l'objet d'études dès la phase de conception des projets d'aménagement.

3.3. Les actions à entreprendre au niveau du conseil agricole :

Le conseil agricole en est à ses **débuts** dans la Vallée, et il tient encore trop peu compte des contraintes du milieu naturel propres à chaque zone pour établir des recommandations techniques.

La prise en compte des risques climatiques pour les différentes dates

de semis est en particulier insuffisante actuellement. Le conseil agricole doit insister sur ce point, en s'appuyant sur les connaissances scientifiques (analyses **fréquentielles** des risques, que la recherche devra affiner) plus que sur l'expérience immédiate. Une telle prise en compte sera d'autant plus importante que l'on s'orientera 'vers la double culture, pour laquelle le respect des calendriers culturaux est plus difficile, mais aussi plus nécessaire.

Pour **le riz**, il y a lieu d'insister sur les risques liés aux **épiaisons** de' mi-novembre **à** début mars, et aux semis **de** décembre **à** mi-février (**à** moins d'employer des techniques de **protection** des **pépinières**).

Une **diversification** des cycles rizicoles est possible et souhaitable, en utilisant plus la saison sèche chaude, en pratiquant des semis d'hivernage très précoces pour les successions avec des plantes de saison froide, et en utilisant la saison sèche froide dès que les travaux de recherche seront clairs sur ce point (tout ceci bien **sûr** dans la mesure où l'eau douce est **déjà** disponible toute l'année).

En double **riziculture**, il est indispensable d'insister auprès des paysans sur la nécessité d'avoir des intercampagnes **les** plus réduites possibles, et donc de sortir le riz des parcelles pour **le** battage (si des aires ont été prévues), et d'utiliser des préparations du sol rapides ou adaptées à la saison (travail sous eau en hivernage par exemple) ou le non travail du sol.

En matière de risques phytosanitaires, la situation est dans l'ensemble peu préoccupante pour **le riz**, mais en fonction des observations faites sur le terrain et des indications qui pourraient être fournies (par une cellule de suivi), il pourrait être conseillé à certaines coopératives ou sections villageoises de constituer de petits stocks de produits spécifiques ; le conseil de méthodes de lutte chimiques ou culturelles systématiques n'est pas actuellement justifié.

Pour le maïs, il paraît indispensable d'insister sur le problème des dates de semis en saison froide, saison **à** privilégier si les dates optimales peuvent **être** respectées. La culture d'hivernage, qui ne demande pas plus d'eau (et même plutôt moins dans les zones où la pluviométrie n'est pas négligeable) est également intéressante, d'autant plus que les décalages de semis ont moins de conséquences néfastes. L'utilisation de la saison sèche chaude doit être réservée à des spéculations de type maraîcher.

Pour le sorgho, un effort de vulgarisation pourrait **être** fait vu son meilleur comportement que le maïs en cas de déficit hydrique, d'excès d'eau ou de décalage de date de semis ; un gros problème demeure cependant la lutte contre les oiseaux en saison sèche.

Pour la' tomate et les légumes, le conseil doit aussi porter sur les dates d'implantation surtout si les débouchés sont assurés par l'usine et non le

le marché de frais, pour lequel des décalages de production peuvent être payants. Dans le cas de semis très **précoces** les risques phytosanitaires sont plus élevés et devront donc être davantage pris en compte. Les **problèmes** sont en général plus liés aux insectes qu'aux maladies et des tests de protection minimale privilégiant la lutte insecticide pourraient être menés avec le concours de la recherche.

Pour le blé, la culture ne semble pas à conseiller actuellement en milieu paysan vu les problèmes de calendrier qu'il pose, sauf éventuellement pour des privés autonomes maîtrisant bien les calendriers (et ayant des possibilités de commercialisation intéressantes).

D'une façon générale, il faudrait proposer en fonction des disponibilités en eau probables de la zone, des calendriers où l'implantation des espèces sensibles aux décalages serait privilégiée. Pour la double culture, il est prudent de conseiller l'utilisation de **cycles**, courts, au **moins** tant que les successions ne sont pas bien rodées, et des façons culturales adaptées (cf supra).

Au niveau des périmètres déjà aménagés pour lesquels une information simple et bien diffusée sur les caractéristiques des terrains n'existe pas, les conseillers agricoles devraient pouvoir participer (avec le concours de pédologues) à l'élaboration de cartes factorielles simplifiées des terrains s'appuyant sur les connaissances des paysans. Cela permettrait un conseil agricole plus précis, en particulier en matière d'irrigation, de travail du sol ou de fertilisation.

En sols de type Foonde, il est souhaitable d'avoir des irrigations fréquentes, mais peu importantes et surtout de ne pas chercher à maintenir une lame d'eau, dont le coût serait trop élevé.

Sur pratiquement tous les terrains alluviaux (sauf peut-être pour les Bonde les plus légers), il faut insister sur la nécessité de maîtriser les excès d'eau, surtout pour les plantes sensibles comme le maïs ou la tomate ; ceci peut être obtenu par la confection de **billons**, par un **planage** soigné assurant un bon drainage, par un contrôle des irrigations pour ne pas noyer la parcelle...

3.4 Les actions de recherche à entreprendre à court terme :

Nous avons regroupé ici les études qui sont du domaine de la recherche et dont la mise en oeuvre nous semble devoir être rapide pour que les autres actions envisagées ne soient pas retardées.

En matière de Pédologie, un travail commun **ISRA-ORSTOM-SAED** est nécessaire pour définir le contenu exact de cartes simplifiées qui seraient rapides à établir et faciles à diffuser, et pour mettre au point une méthode d'établissement de telles cartes utilisant largement les connaissances des paysans et ne nécessitant qu'un minimum de compétences scientifiques et de moyens d'analyse. Ces cartes exposant principalement les gammes de texture et les problèmes de

salinité, seraient complétées par un travail précisant les relations entre texture, réserve utile et perméabilité.

En matière **d'agroclimatologie**, l'harmonisation des méthodes de mesure, la **vérification** des appareillages et 'la modernisation du matériel sont indispensables;- il est souhaitable qu'une station puisse être installée en amont, à **Matam**, puis éventuellement à **Bakel**; au niveau du delta, zone très hétérogène, l'**ins**tallation d'une station dans le Moyen Delta (**Ross- -Béthio** ou Boudoum Barrage .) serait intéressante. En liaison avec la SAED des petits postes simplifiés devraient être **installés** partout dans le réseau des bases SAED.

L'actualisation des **analyses agrôclimatiques est nécessaire**; dans un premier temps, il **est** indispensable' de mettre à jour nos connaissances en considérant les 20 ou 30 dernières années; ensuite, une exploitation régulière des nouvelles données devra être faite, et des points agroclimatologiques fréquents être élaborés à l'usage du développement.

Des opérations de recherche à plus long terme devraient également être 'lancées (**cf § 3.5**).

En matière de relations plantes-climat, de nombreux renseignements sont déjà disponibles sur les risques climatiques pour les différentes cultures (nature, importance **selon** la date, . ..). des tableaux simples **pourraient** être élaborés à l'intention du développement, précisant en fonction des dates les risques, les potentiels que **l'on** peut viser, et les techniques particulières à conseiller éventuellement.

Une analyse interannuelle des rendements en fonction des dates de semis et des zones, nécessitant la collecte d'une information de base de qualité (**cf § 3.1**), pourrait être faite pour les principales cultures (riz, **maïs**, tomate); elle permettrait de compléter les analyses fréquentielles et donc d'affiner les modèles de prédiction des risques.

Pour le riz, il est nécessaire de préciser les conditions de culture en saison froide (variétés utilisables en particulier); la possibilité d'effectuer des semis d'hivernage très précoces doit aussi être précisée.

Le principal problème est cependant à court terme d'affiner la mise au point, et **d'étudier** les conditions de transfert, de techniques de préparation des sols adaptées à **la** double culture.

Pour le maïs, une meilleure quantification des risques pris avec des semis tardifs (surtout en saison froide) doit être faite. La possibilité d'effectuer des semis d'hivernage très précoces, après une culture de saison froide (en **mai**) doit être précisée.

Pour le sorgho, encore peu étudié de ce point de vue, les risques pris avec des semis décalés devraient aussi être mieux quantifiés, et comparés à ceux du maïs.

Pour la tomate et les cultures maraîchères, les conditions d'extrapolation des travaux existants doivent être précisées, dans le temps (risques selon le climat de l'année) et dans l'espace (en particulier pour la zone amont).

En matière de jours disponibles pour les travaux agricoles, il est urgent de préciser les risques, pour différents types de sol, de ne pas pouvoir travailler avec un matériel et un outil donné après une pluie ou une irrigation, en fonction de la période. Pour cela, il faut d'abord préciser les conditions de passage des différents outils et matériels (humidité du sol en particulier) et étudier **les** vitesses de ressuyage des grands types de terrain à différentes périodes de l'année.

En matière de besoins en eau des cultures, des travaux sur les besoins nets devront être repris (cf § 3.5), mais à court terme c'est surtout l'étude des consommations en eau réelles 'Au champ' qui est nécessaire ; **elles** devront, pour différents types d'aménagement, différentes formes d'organisation de **l'irrigation** et différents types de sol, être comparées aux besoins nets connus.

Ce travail devra être 'accompagné d'un diagnostic sur l'état de satisfaction des besoins en eau, et sur ses conséquences sur le rendement ; pour ce faire, il sera en particulier nécessaire de préciser les enracinements **et** les réserves en eau réellement accessibles. Ce travail devrait être **mené** en milieu paysan, pour mieux juger des pratiques des agriculteurs; mais aussi en station pour mieux expliquer les résultats de certains essais.

Pour les zones de **Matam** et surtout **Bakel**, des travaux d'adaptation des résultats sur **les** cultures pluviales obtenus actuellement à **Bambey** ou par le passé à **Kaédi**, devraient être entrepris afin d'améliorer, dans ces zones **où la** pluviométrie est moins **défavorable** la production des cultures pluviales.

3.5. Actions de recherche concernant le moyen et le long terme :

Nous avons regroupé ici les actions dont la mise en oeuvre est moins urgente, et celles pour lesquelles il faudra plusieurs années pour obtenir des résultats significatifs.

Les travaux sur les besoins en eau des cultures, commencés par **Rijks** devraient être repris et poursuivis sur une longue période ; il semble nécessaire de préciser l'influence des conditions de culture sur les évaporations (présence de brise-vent, maintien d'une lame d'eau, comparaison petit et grand périmètre,...)

et de préciser les liaisons avec les rendements obtenus. Le travail doit aussi être **étendu à** toutes les cultures actuellement pratiquées ou susceptibles de l'être dans un avenir proche.

Parallèlement, des études pourraient **être** entreprises sur le rationnement en eau des **cultures** : conséquences sur le rendement de différentes doses et fréquences, d'irrigation, pratiques les plus économiques, seuils de stress **à** ne pas dépasser....

Les **relations** entre les niveaux de température et les rendements doivent être précisées, car les mécanismes sont mal connus ; on pourrait en particulier préciser les risques d'échec et les longueurs de cycle **en fonction des sommes** de températures. Cela permettrait d'orienter les analyses fréquentielles du climat et d'affiner les informations sur les potentiels et les risques.

L'introduction **de** nouvelles variétés et **de** nouvelles espèces pourrait être orientée vers la recherche d'une plus grande tolérance aux variations de conditions **climatiques**, et vers une diversification des périodes de culture. Des essais pourraient en particulier être faits avec des céréales proches **du** blé, mais moins sensibles aux fortes températures (orge ou autre).

Les **problèmes** d'excès d'eau y étant très faibles, des recherches doivent être lancées pour utiliser les terrains du Jeeri sous irrigation ; ces travaux devront prendre en compte les risques de déficit hydriques plus élevés liés aux faibles réserves utiles, et le lessivage important des éléments minéraux que risque d'entraîner la forte perméabilité ; des conseils très précis en matière d'irrigation et **de** fertilisation **devront** donc être mis au point.

Les **risques** de **salinisation** des terrains lourds non drainés devront être précisés afin de voir en particulier à quelle échéance le drainage deviendra indispensable et **quel s'** en seront alors le **coût** et la rentabilité.

Sur **Foonde** et sur Jeeri particulièrement, **le** problème des nématodes est susceptible de se poser, surtout pour la tomate et les cultures **maraîchères** ; des **attaques** ont **été** observées, mais un diagnostic plus précis est nécessaire (liaison avec les textures, la conduite de l'eau, les successions), ainsi que **l'étude (ébauchée à Ndiol dans le passé)** de méthodes de lutte (**culturelles** ou autres) ; ce **travail** **devra** être mené **avec le concours de l'ORSTOM.**

En liaison avec les travaux d'une cellule **de** suivi à **mettre en place** (ci § 3.1), des recherches pourraient être effectuées **pour** étudier les problèmes entomologiques ou **phytopathologiques susceptibles** de provoquer des dégâts dans l'avenir.

CONCLUSION

La Vallée du Fleuve Sénégal apparaît comme un milieu relativement complexe, car la variabilité spatiale des caractéristiques du milieu naturel y est **importante** ; aussi pourrait-on parler des milieux naturels de la Vallée. Cette **complexité** est renforcée par la forte irrégularité interannuelle des pluies et de la crue, très sensible depuis deux décennies.

Face à cette complexité, que faire ?

Plusieurs types d'actions nous semblent nécessaires pour que l'utilisation du milieu par les agriculteurs soit plus efficace, en moyenne et en terme de réduction **des** risques. Nous avons donc essayé de faire des **propositions** concrètes d'opérations, qui **concernent** la recherche ou le développement, ou souvent les deux **à la fois**, et qui visent **à mieux connaître** le milieu et ses effets sur le fonctionnement des systèmes de culture, et surtout **à mieux transmettre** et utiliser cette connaissance. Leur mise en oeuvre peut ne nécessiter que de simples réaménagements au sein des programmes existants, parfois des moyens humains et financiers plus importants sont cependant nécessaires ; l'importance des enjeux au moment où sont mis en service les grands barrages devrait faciliter leur mobilisation. La réussite de ces opérations est, pour certaines **d'entre elles** également très liée **à** une meilleure collaboration (respectant l'autonomie de chacun) entre organismes de Recherche et de Développement ; l'initiation d'opérations communes ISRA-SAED (par exemple pour la connaissance des terrains), pourrait en particulier permettre de mettre mieux en application dans la Vallée le concept de Recherche-Développement si souvent évoqué.

B I B L I O G R A P H I E :

- J.P. AUBIN, 1982 : Notes sur les durées des cycles à Richard-Toll, et la **tolérance** au froid ; documents de travail de la Division **d'Amélioration** des Plantes, **IRAT/CIRAD**, Montpellier.
- M. BEYE, 1980 : Expérimentation **d'un** méthode de détermination des consommations en eau d'une culture ; **application à** l'oignon, variété **Galmy** ISRA, Saint-Louis, 1980 ; 20 p. + annexes
- M. BEYE, 1985 : Etude de l'efficience de l'irrigation gravitaire et du fonctionnement hydro-agricole du périmètre de Ndombo-Thiago **ISRA**, Saint-Louis, janvier 1985 ; 70 p. + annexes
- D. BLOC, 1966 : Etude de la germination et de la croissance du riz en solutions salines.
IRAT, Richard-Toll, 1966 ; 20 p.
- J. BOIFFIN, M. SEBILLOTTE, 1982 : Fertilité, potentialité, aptitude culturale. Signification **actuelle** pour l'agronome.
in Bull. Techn. **d'Inf. BTI n°370/372**; 1982 ; pp 345-353
- J.L. BOUTILLIER, P. CANTRELLE, J. CAUSSE, C. LAURENT, TH. NDOYE, 1962 :
La Moyenne Vallée du Sénégal. (Etude socio-économique)
P.U.F., Paris, 2e trim. 1962 ; 3 6 8 p .
- T.G. BOYAGDIEV, 1976 : Etude **agropédologique** de la vallée et du Delta du Fleuve Sénégal.
'PNUD-FAO-OMVS, Saint-Louis, Nov 1976 ; 93 p. + annexes.
- B.T.I. (Bulletin Technique d'Information), 1982 : Fertilité du milieu et agriculture.
Ministère de **l'Agriculture**, Paris.
n°370/372, mai, juin, juillet, **août** 1982 600 p.
- P.I. CAMARA, 1978 : Projet de Recherches rizicoles **ADRAO/FANAYE** ; Service Pédologie ;
Synthèse des résultats **d'expérimentation** campagne 1978.
ISRA-ADRAO, Richard-Toll, 1978 ; 2 p.

- ISRA. 1977 : Rapport de synthèse des résultats de recherche, campagne 1976.
ISRA, ~~Richard-Toll~~, mars 1977 12 p.
- A. JAMMET, 1953 : Etude du milieu et de l'agriculture traditionnelle des populations de la vallée.
M.A.S., bull. n° 28, St-Louis, février 1953; 29 p.
- J. LAZARD, 1984 : Recherche et **développement** en pêche et pisciculture continentales 'au Sénégal
ISRA-CTFTDakar-Nogent, déc. 1984 ; 19 p.
- J.Y. LE BRUSQ, 1980 : Etude pédologique des cuvettes de la vallée du Lampsar ORSTOM, Dakar, **Août** 1980 ; 114 p+ carte:
- J.Y. LEBRUSQ et J.Y. LOYER, 1982 : Evolution de la salinité des sols et des eaux en relation avec la riziculture submergée dans le Delta du Fleuve Sénégal.
ORSTOM, Dakar, Janvier 1982 ; 45 p.
- A. LERICOLLAIS, Y. DIALLO, 1980 : Peuplements et cultures de saison sèche dans la Vallée du Sénégal.
ORSTOM, Paris, 1980 ; 7 cartes et 8 **notices (17+41+75+74+109+86+50+25)**
- LUCIDO 1976 : Etude agroclimatologique Blé-Maïs-Riz
PNUD-FAO-OMVS, St-Louis ; 1976 69 p.
- LUCIDO et NEUMANN, 1977 : Modélisation du calendrier **cultural** de la tomate industrielle
SAED, St-Louis, 1977 ; 28 p.
- J. MAYMARD, 1957 : Etude expérimentale des facteurs naturels influant sur les cultures de décrue ; les essais de **Guédé**, 1956-1957
M.A.S., Bull N° 110, St-Louis, déc. 1957; 45 p.
- J. MAYMAR, 1960 : Etudes pédologiques dans la vallée alluviale du Sénégal
M.A.S., Bull. N° 122, St-Louis, 1960 ; 38 p.

- J. MUTSAARS et J.VAN DER VELDEN, 1973 : le dessalement des terres salées du Delta du Fleuve Sénégal. Bilan de trois années d'expérimentation (1970-1973), et perspectives. PNUD-FAO-OMVS, St-Louis, Juin 1973 ; 73 p.+ annexes
- M. NDIAYE, 1982 : Etude climatique et petits périmètres irrigués de la zone de Matam. CNEARC-IRAT, Montpellier, oct 1982 ; 53 p.
- A. OULD HAMDINOUC, B. SEYE : Hydrologie du Fleuve Sénégal de Bakel à St-Louis
OMVS, Dakar, Avril 1978 ; 25 p+ annexes
- OMVS, 1980 : Etude Socio-économique du bassin du Fleuve **Sénégal**
Edition provisoire-Partie A : Présentation générale du Bassin **OMVS**, Dakar, Avril 1980; 127 p.
- A. REYNARD, 1981 : Résultats de la campagne **80/81** à Ndiol
in "convention Dagana/Delta, Synthèse des résultats de la campagne **80/81** ; ISRA, Richard-Tell, **1980**"
- A. REYNARD, 1983 : Rapport de synthèse des travaux effectués à la station de Ndiol ; possibilités et intérêts de différents modèles d'exploitation familiaux
ISRA, Richard-Toll, avril 1983 ;
: : ;
- C. Rijks, 1976 : Développement de la **recherche** agronomique dans le bassin du Fleuve Sénégal. Agrométéorologie
FAO-PNUD-OMVS, Rome, 1976 ; 171 p.
- C. ROCHETTE, 1974 : Le Bassin du Fleuve Sénégal. Monographie hydrologique ORSTOM
ORSTOM, Paris, 1974 ; 440 p.
- Ph. RUELLE, R. SEMAILLE, 1981 : Evaluation des dégâts du sorgho de décrue dans la Vallée du Sénégal
OCLALAV, Dakar, 1981 ; 7 p.

- P. SAPIN et A. REYNARD, 1968 : La culture du sorgho dans la vallée du Fleuve Sénégal. Quelques techniques culturales simples pour son amélioration.
IRAT-Fleuve, Août 1968 ; 8 p.
- S.M.' SECK, 1981 : Irrigation et aménagement de l'espace dans la moyenne vallée du Sénégal, Participation paysanne et problème de développement.
Thèse de l'université de St-Etienne, 1981.
- SEDAGRI, 1973 : Etude hydroagricole du bassin du Fleuve Sénégal
Etude Pédologique
OMVS, Paris, 1973 252 p.+ cartes
- T.T.TRINH, 1976 : Le cycle végétatif du riz, incidence des contraintes climatiques dans la vallée du Sénégal
PNUD-FAO-OMVS, Dakar, 1976. 19 p.
- T.T. TRINH, 1977 : L'expérimentation sur la triple culture céréalière annuelle dans la moyenne vallée du Sénégal
St-Louis, PNUD-FAO-OMVS, déc. 1977 ; 44 p.
- P. VAN DAME, 1982 : Rapport technique final
FAO-ISRA/CDH, Dakar, 1982 ; 14 p.+ annexes.