



**IER
INSTITUT D'ECONOMIE
RURALE DU MALI**

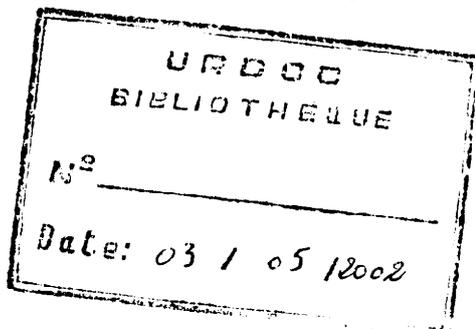
**Amélioration des performances des systèmes irrigués au
Mali**

Pour une gestion conservatoire des sols à l'Office du Niger

Rapport final

année 2001

*C00
1442*



Travaux et études n° 10

PSI - MALI

Mars 2002

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
RESUME / CONCLUSION	4
1- INTRODUCTION	6
2- PROBLEMATIQUES	7
3- OBJECTIFS	7
4- MATERIELS ET METHODES	8
4-1. RAPPEL DU CHOIX DES SITES.....	8
4-2. MATERIELS ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL	10
4-3. METHODOLOGIE ANALYTIQUE	14
5- RESULTATS ET DISCUSSIONS	15
5-1. CONCEPTION D'UNE BASE DE DONNEES SUR LA GESTION DU RESEAU HYDRAULIQUE ET LE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES TECHNIQUES DE PRODUCTION.....	15
5-2. AMELIORATION DE LA GESTION DE L'IRRIGATION ET DU DRAINAGE A DIFFERENTES ECHELLES.....	17
5-3. AMELIORATION DES PRATIQUES CULTURALES	20
5-4. ENQUETE DIAGNOSTIC SUR LES PERFORMANCES DE LA RIZICULTURE	22
5-5. ETUDE COMPARATIVE DE LA DYNAMIQUE DE LA NAPPE REGIONALE DU CONTINENTAL TERMINAL QUATERNAIRE DE 1995 A 2001	22
5-6. ECHANGES FRONTALIERS DES PRODUITS AGRICOLES AU MALI.....	26
6- CONCLUSIONS / SUGGESTIONS	30
BIBLIOGRAPHIE	32
ANNEXES	33

Liste des personnes qui ont participé à l'exécution du programme :

Dr Mamadou Kabirou N'DIAYE, Agropédologue, Coordinateur Régional PSI

Dr Doré GUINDO, Agronome, Coordinateur National PSI-MALI/P.I

Dr Minamba BAGAYOKO, Agropédologue, Animateur de la composante « lutte contre la dégradation des sols sous irrigation »

MM. Jean-Claude LASSAUX, AT-CIRAD, Agromachiniste

Bréhima TANGARA, Agrohydraulicien

Mohamed K. DICKO, Agropédologue

Yénizé KONE, Agro-économiste

Daouda KONATE, TS-Agriculture

Brahima TRAORE, TS-GR

Souleymane COULIBALY, Agent Technique d'Agriculture

Souleymane MALLE, Agronome, Observateur

Adama GADJIGO, TS – Laboratoire

Yacouba TRAORE, Chauffeur

Abdoulaye CISSE, Coursier

RESUME / CONCLUSION

Dans le cadre de la contribution à l'amélioration des performances des systèmes irrigués pour une gestion conservatoire des sols, des travaux sont entrepris dans le cadre de la mise aux points d'outils pour faire face à la maîtrise insuffisante des techniques de production et à la méconnaissance des flux de commercialisation des produits agricoles (gage d'une parfaite intégration sous régionale) qui sont deux contraintes majeurs pouvant créer des dommages importants aux systèmes de production.

Pour mener à bien ces études, des enquêtes et mesures sont faites sur la commercialisation des produits agricoles et à l'échelle de la parcelle sur les techniques culturales, les plantes, l'environnement sol / eau et les consommations d'eau. A l'échelle régionale des mesures sont également faites sur 221 puits pour caractériser la nappe du continental terminal et quaternaire dans la région du delta de l'Office du Niger. Il ressort de ces études que l'outil d'information et de représentation du fonctionnement des aménagements (IRFA) est un outil performant de diagnostic et de suivi/évaluation pour une meilleure compréhension du fonctionnement réel d'un aménagement hydro-agricole. Il permet aux exploitants de faire une meilleure compréhension du fonctionnement de leur exploitation. Avec les résultats disponibles, cet outil a montré que les retards observés dans le repiquage, le désherbage, les apports de la première et deuxième fraction d'engrais peuvent entraîner une diminution du rendement.

Trois fiches techniques sont mises au point dans le cadre de la gestion hydraulique à l'échelle de la maille hydraulique.

Sur trois couples de parcelles (améliorées et non améliorées) sur sept les résultats de l'amélioration des techniques de labour, de confection des diguettes et du planage sur la consommation d'eau sont satisfaisants, par contre il n'y a pas de relation entre rendements parcellaires et ces pratiques ci-dessus citées.

D'ores et déjà, la mise en boue avec la herse roulante est d'une efficacité remarquable. S'agissant de l'expérimentation d'un prototype, les temps de travaux ne sont pas significatifs mais le résultat obtenu a été unanimement apprécié. Des modifications sont à envisager, particulièrement en ce qui concerne la largeur de travail. Les attelages ont évolués sans effort particulier. Avec un tel outil, une voie d'expérimentation s'ouvre également dans le sens d'une mise en boue sans labour préalable.

L'étude de la dynamique de la nappe du continental terminal et quaternaire montre que le maximum de débit naturel drainé s'effectue dans l'horizon continental. Le débit moyen drainé

en 2001 est 2 à 3 fois moins que celui drainé en 1995 pour tous les horizons confondus, ce qui dénote une fois de plus une recharge continue des nappes par les eaux du fleuve, des falas et d'irrigation.

1- INTRODUCTION

Pour contribuer à la réponse de l'amélioration des performances des systèmes irrigués pour une gestion conservatoire des sols dans les zones d'intervention du PSI et particulièrement au Mali, à l'Office du Niger et éventuellement sur d'autres périmètres irrigués, le programme d'exécution technique et financier de l'année 2001 traite six opérations :

1- Conception base de données sur la gestion du réseau hydraulique et fonctionnement des systèmes techniques de production :

Il s'agit de capitaliser l'ensemble des informations disponibles sur la gestion de l'eau et des systèmes techniques de production dans un système organisé et exploitable, donc de concevoir et de créer une base de données (intégrant tous les paramètres étudiés : gestion de l'eau, des itinéraires techniques, les activités extra-agricoles, la structure sociale et les performances économiques des exploitations) relationnelle, géoréférencée (SIG) permettant d'analyser les modes de gestion de l'irrigation et des systèmes techniques de production, et leurs dysfonctionnements éventuels, à l'échelle des exploitations.

2- L'amélioration de la gestion de l'irrigation et du drainage à différentes échelles :

Il s'agit en milieu réel, dans les secteurs où la gestion de l'eau est déficiente avec une influence défavorable sur la dégradation des sols, à l'échelle de la parcelle :

. de proposer des stratégies d'amélioration des pratiques culturales permettant d'améliorer les performances des systèmes irrigués en utilisant moins d'eau et en évacuant efficacement les sels apportés par l'irrigation,

A l'échelle des réseaux de distribution secondaire (distributeur, partiteur, arroseur) :

. de concevoir des schémas de pilotage des irrigations et modules de formation.

3- Amélioration des pratiques culturales :

Il s'agit de :

. tester et d'introduire un prototype de herse roulante en milieu paysan dans le cadre d'une mise en boue efficace pour un meilleur planage des parcelles,

. évaluer l'impact des pratiques culturales améliorées sur le rendement et la consommation d'eau.

4- Enquête diagnostic sur les performances de la riziculture (thèse de Mohamed DICKO) :

Cette activité a pour objet l'analyse de la variabilité des rendements en relation avec la gestion du calendrier cultural et de l'azote d'une part et d'autre part en relation avec les conditions du milieu (sol et climat).

5- Etude dynamique de la nappe régionale du continental terminal quaternaire : voir comment les paramètres hydrodynamiques et chimiques de cette nappe ont évolué par rapport à l'année 1996.

6- Echanges frontaliers des produits agricoles au Mali : il s'agit de suivre l'évolution des principaux produits échangés aux frontières par le Mali avec ses principaux voisins.

Ce rapport rappelle brièvement les problématiques de l'étude, les objectifs spécifiques recherchés, les démarches méthodologiques et les résultats obtenus avant de tirer des enseignements.

2- PROBLEMATIQUES

Le problème majeur qui est à la base de ces études est la maîtrise insuffisante des techniques de production (tant sur le plan hydraulique, agronomique et socio-économique) pouvant causer des dommages au système (engorgement et dégradation de la fertilité des sols) avec des productions en deçà du potentiel de 10 tonnes/ha. Aussi, le niveau des échanges commerciaux permettent d'apprécier le stade de développement d'un pays. Les échanges commerciaux permettent de savoir si une économie nationale est extravertie, totalement orientée vers l'extérieur ; ou introvertie dans laquelle l'essentiel des flux proviennent de l'intérieur du pays. Cependant dans la plupart des pays en développement les connaissances de ces flux commerciaux restent très limitées.

3- OBJECTIFS

Les objectifs spécifiques assignés à cette étude sont :

- élaborer à l'échelle de la maille hydraulique un système d'information géographique permettant de restituer le fonctionnement du système sous forme de cartes thématiques qui constituent pour les différents intervenants à la fois un modèle de compréhension du système et un support de base pour la prise des décisions ;
- mettre au point des fiches techniques pour améliorer davantage les performances de l'irrigation ;
- confirmer en milieu paysan les impacts réels de l'amélioration du labour et du planage sur la maîtrise de la lame d'eau et par conséquent de la consommation d'eau, le contrôle de la salinité et la récupération des sols dégradés ;

- rechercher et étudier des indicateurs (caractéristiques de l'évolution de la dynamique de la nappe régionale) pouvant rentrer dans le dispositif régional d'observation de l'évolution de la dégradation des sols ;
- analyser la variabilité des rendements en relation avec la gestion du calendrier cultural et de l'azote d'une part et d'autre part en relation avec les conditions du milieu : sol et climat (Thèse de Mohamed DICKO),
- apprécier à travers l'étude de la commercialisation et débouchés des produits de diversification le stade de développement de nos pays par une connaissance claire des flux de commercialisation des produits agricoles gage d'une parfaite intégration sous régionale.

4- MATERIELS ET METHODES

Pour l'exécution de ce programme et la mise en place des outils, les travaux ont porté sur :

- la collecte des données par enquête et mesure des paramètres en vue de pouvoir alimenter une base de données permettant de gérer, d'analyser et de stocker, les informations relatives au système,
- le suivi régional de la nappe phréatique,
- les relevés topographiques des parcelles avant leur mise en cultures,
- l'amélioration en terme de profondeur, de largeur de labour et du planage des parcelles. Pour assurer un meilleur planage, un prototype de herse roulante a été conçu pour une meilleure mise en boue,
- le suivi des hauteurs d'eau parcellaires sur des instruments hydrauliques,
- la conception de fiches techniques,
- le suivi du sol et de la conduite des cultures,
- Le suivi des flux frontaliers avec l'appui des principaux partenaires et services impliqués dans la réglementation des importations et exportations des produits agricoles.

4-1. Rappel du choix des sites

Le choix des sites s'inscrit non seulement dans le cadre du protocole général de la phase I du PSI qui recommande des études à plusieurs échelles, mais aussi sur notre étroite collaboration avec les gestionnaires de l'eau de la zone de Niono. C'est ainsi que notre terrain d'étude a été le delta central de l'Office du Niger et particulièrement la zone de Niono, 10 000 ha environ

(voir plan d'ensemble de l'Office du Niger en annexe) avec trois casiers (Retail, KO-KL, Grüber) de conception différente au niveau de l'aménagement et de l'irrigation.

L'étude des paramètres hydrodynamiques et chimiques de la nappe régionale du continental terminal quaternaire est faite sur un échantillon de 221 puits couvrant le delta de l'Office du Niger dans un rayon de 100 Km de part et d'autre des périmètres irrigués (même échantillons qu'en 1996).

Le choix du casier Retail alimenté par le distributeur Niono-Retail passe par celle du partiteur N9, un site régional retenu par le PSI pour ses études.

Bien que N9 possède en gros la même organisation sociale et hydraulique que n'importe quel autre village de l'ON, plusieurs facteurs sont à la base du choix de ce site :

- C'est un référentiel d'informations presque complet puisque beaucoup de travaux y sont déjà réalisés, il s'agissait de les valoriser,

- les caractéristiques de l'échantillon (situation en bout du distributeur Retail et de sa branche Niono) font que le site est confronté à beaucoup de problèmes dans son fonctionnement, surtout au niveau du réseau avec des branchements pirates pour satisfaire les hors casiers mis en cultures.

- le N9 est un site affecté depuis les années 1989 par les phénomènes de dégradation par sodisation alcali(ni)sation. Il serait intéressant de poursuivre les investigations pour mieux cerner le problème et d'élaborer des scénarii d'évolution probable du site.

Le choix des partiteurs N1 et N4 se justifie aisément par le fait que pour mieux apprécier la régulation du distributeur, les hauteurs d'eau sont suivies sur la prise N1 en début de réseau, sur le N4 au milieu et N9 en bout de réseau. Aussi ces deux partiteurs (N1 et N4) ne sont pas influencés par de branchements pirates. A la différence de N9, N1 ne souffre pas de déficit d'eau, mais par conséquent son dernier bief est souvent moins alimenté. Comme on aura affaire à des aiguadiers différents, leur mode de gestion sera aussi différent, d'où une diversité de cas de figure pour la gestion du réseau.

Pour plus de commodité, et compte tenu du temps imparti, on retiendra les arroseurs desservant nos sites d'expérimentation déjà équipés pour tester la mise en place d'un observatoire de la dégradation des sols sous irrigation. Au niveau du N9, l'arroseur N9-8D-2d sera retenu non seulement par sa diversité de faciès du sol, mais aussi par sa consommation moyenne raisonnable de l'ordre de 12892 m³/ha en hivernage et 14279 m³/ha en contre-saison malgré les situations de pénurie d'eau qu'a connu ce partiteur. Aussi cet arroseur connaît un drainage déficient à cause de sa position basse. Il serait raisonnable de l'étudier en période de non restriction. Le choix de cet arroseur justifiera celui du sous-

partiteur N9-8D qui l'alimente à partir du deuxième bief de N9. Sur le N1, l'échantillon retenu est le N1-2D-3g sur le premier bief du sous-partiteur N1-2D. Comme le précédent, c'est un arroseur dont le drain connaît également un dysfonctionnement à cause de sa position topographique haute. Contrairement aux arroseurs N1-2D-3g et N9-8D-2d, l'arroseur N4-1g connaît un bon fonctionnement de son système de drainage.

Des échantillons de parcelles sont étudiés sur les arroseurs retenus. Ces parcelles sont sélectionnées de façon à en avoir sur des rigoles favorisées et défavorisées par l'irrigation. Dans ces conditions, sont retenus :

- Sur le N1-2D-3g : les parcelles de la famille 127 (Demba DIARRA), bassin : 1R3Bg, et 1R5Bg ??????.

- Sur le N4-1g : Les parcelles de la famille 69 (Yacouba FOFANA), bassin : 2R3Bd et 2R6Bd ; les parcelles de la famille 66 (Lasseny DIARRA), bassin : 11R5Bg et 11R2Bg

- Sur le N9-8D-2d : Les parcelles de la famille 165 (Brema A TRAORE), bassin : 1Rg2Bg et 1Rg10Bg ; les parcelles de la famille 72 (Housseyni TRAORE), bassin 4Rd2Bg et 4Rd6Bg

- Au G5 : quatre parcelles sont choisies chez deux paysans : les parcelles N° 15 et 16 chez Sékoussala TRAORE et les parcelles N°17 et 18 chez Kéou GNOUMANTA,

- Au K13-7d les parcelles N° 11 et 12 sont retenues chez Moussa COULIBALY.

Les échantillons de parcelles retenues sont caractérisés dans le tableau 1 : récapitulatif des caractéristiques des parcelles d'études.

4-2. Matériels et protocole expérimental

❶ Conception d'une base de données sur la gestion du réseau hydraulique et le fonctionnement des systèmes techniques de production :

Pour la mise en place de l'outil d'aide à la discussion, à la négociation et à la décision pour une gestion performante au niveau d'une maille hydraulique et par conséquent de l'aménagement, il est nécessaire d'utiliser d'abord « l'outil d'information et de représentation du fonctionnement des aménagements (IRFA) » fondé sur la base du logiciel SIG de MAPINFO.

La méthodologie est basée sur :

- la collecte d'informations (par enquêtes ou mesure) sur les fonctions hydraulique, production agricole, financière et sociale et leur mise en relation avec les unités d'informations graphiques permettant ainsi de juxtaposer sur une ou plusieurs cartes les

données parcellaires avec les pratiques agricoles, les dates des principales opérations culturales et les rendements,

- la présentation des résultats sous forme de cartes (aux producteurs et productrices : auto-évaluation assistée) permettant de relier les rendements obtenus au calendrier des opérations agricoles, aux pratiques culturales et à la conduite des irrigations,
- l'élaboration de propositions d'amélioration après analyses diagnostics des résultats des suivis.

② Amélioration de la gestion de l'irrigation et du drainage à différentes échelles :

A l'échelle de la parcelle, le travail s'effectue au total sur 07 exploitations choisies dans des conditions différentes (type de sol, topographie, type d'aménagement, dégradation du sol) sur cinq sites, à raison de 02 parcelles par exploitation dont l'une est considérée comme le témoin, ne subissant aucune amélioration du point de vue pratique culturale et relevant de la gestion du paysan et l'autre la parcelle améliorée où l'on adopte avec les paysans toutes les bonnes pratiques recommandées en station (labour, planage, flushing, gestion des engrais, ...).

Pour apprécier la consommation d'eau parcellaire, chaque échantillon de parcelle, est équipé d'un cylindre c'est à dire une cuve sans fond munie d'une règle graduée à l'intérieur permettant d'évaluer la pluie, l'évapotranspiration et la percolation, et d'une règle graduée à l'extérieur permettant d'évaluer la pluie, l'évapotranspiration, la percolation, l'irrigation et le drainage. Ces cylindres sont placés dans des conditions topographiques moyennes de manière à éviter les zones basses (risque de noyade) et les zones hautes (risque d'as sec).

La mesure sur la règle graduée est effectuée tous les jours à l'intérieur et à l'extérieur du cylindre. Le jour où la différence de niveau entre extérieur et intérieur est trop importante, il faut rééquilibrer les niveaux en ouvrant la vanne. Ce jour-là, il faut noter la hauteur de l'eau à l'intérieur avant et après l'ouverture de la vanne.

Si aucune différence de niveaux n'apparaît au fil du temps, c'est que le cylindre ne fonctionne pas correctement (fuite, ouverture par les paysans), alors il faut remédier au plus vite.

En plus de la mesure de la hauteur d'eau dans la parcelle, on mesure également la CE de l'eau du bassin.

Le technicien prend soin de noter les dates des débuts et fins de chaque opérations culturales.

A l'échelle du réseau secondaire d'irrigation (distributeur, partiteur, arroseur), sur la base des résultats antérieurs, des abaques et fiches techniques sont conçues pour mieux gérer la régulation des niveaux d'eau sur les partiteurs, et les pluies tombées.

③ Pour l'étude des paramètres hydrodynamiques et chimiques de la nappe régionale du continental terminal quaternaire des mesures suivantes sont faites *in situ* du 04/12/01 au 18/01/02 sur 221 puits (presque à la même période qu'en 1995) :

- la profondeur de la nappe à l'aide d'une sonde électrique,
- la conductivité électrique de l'eau,
- la hauteur de la margelle du puit,
- les coordonnées du puits à l'aide d'un GPS.

Des échantillons d'eau sont prélevés pour une étude complète des paramètres hydrochimiques au laboratoire.

④ Enquête diagnostic sur les performances de la riziculture (thèse de M.K.DICKO) :

Quatre placettes sont installées dans chaque parcelle. Les suivis concernent :

- pour la plante : l'évolution de la matière sèche et des teneurs en azote ;
- pour le sol et la lame d'eau : l'évolution du pH et de la CE et des teneurs en azote minérale ;
- les données sur l'itinéraire techniques font l'objet d'une enquête auprès des paysans et les données sur le climat sont régulièrement collectées auprès de la station météo du Sahel.

⑤ Amélioration des pratiques culturales

L'amélioration des pratiques culturales a concerné la préparation du sol (labour et hersage) d'une part et d'autre part la conduite de la culture en vue de mesurer les conséquences du travail du sol sur la gestion de l'eau et les résultats agronomiques.

Pour la préparation du sol le PSI a fait fabriquer un outil de mise en boue que nous qualifierons de "herse roulante". Il s'agit d'une sorte de pulvériseur off-set dont les disques, outre leur capacité à malaxer le sol pour produire de la boue, ont une forme particulière qui a pour effet de placer les divers résidus dans le fond de la couche boueuse sans les remonter à la surface. Les paliers sont en bois pour en diminuer le coût de la machine. Si le bois est bien choisi, les paliers peuvent servir sur 2 ou 3 campagnes. Ils peuvent être fabriqués par l'agriculteur lui-même ou par un menuisier pour un coût très modique. A titre indicatif, 4 paliers avec roulements étanches valent approximativement 60 000 F CFA soit près du prix d'une charrue simple !



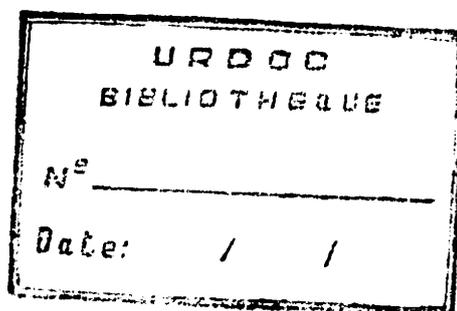
Herse roulante (cl.Lassaux 2002)

Trois niveaux de poids ont été recherchés avec des bâtis plus ou moins lourds de façon à tester les possibilités de travail dans différentes conditions de sols et de mise en eau et en fonction également de la capacité des attelages bovins. Il faut rappeler ici que la capacité de traction d'un attelage est proportionnelle à son poids. Pour les bovins, l'effort avoisine un sixième du poids des attelages en terrain aménagé, mais se réduit à un dixième en terrain non aménagé. Le nombre de bêtes intervient dans la capacité de traction totale. L'association d'animaux, même bien dressés se traduit par une perte relative d'efficacité de chacun d'eux. On admet généralement un coefficient de 1,85 pour 2 animaux. Les efforts de traction seront mesurés lors de la prochaine campagne.

L'engin est conçu de telle manière que son poids soit minimum dans sa forme définitive afin de rechercher le coût le plus bas pour les aciers et comportera un plateau destiné à charger du lest (cailloux, vieilles ferrailles...) pour tenir compte des conditions de sol.

Le dispositif mis en place est commun avec les thèmes gestion de l'eau et conservation des sols. Dans chaque cas, un bassin amélioré est comparé à un bassin travaillé par l'agriculteur selon ses pratiques habituelles.

L'amélioration consiste à réaliser un labour aussi profond que possible Pour ensuite disposer d'une épaisseur de boue maximale en vue d'effectuer le planage dans les conditions évoquées plus avant. Chez deux paysans, un bassin sur deux fait l'objet d'un suivi plus rigoureux du calendrier de fertilisation azotée. L'impact de ces pratiques sera évalué sur les composantes du rendement à la récolte du riz.



⑥ Echanges frontaliers

Le suivi des flux frontaliers est un travail collectif. La collecte des données se fait avec l'appui des principaux partenaires et services impliqués dans la réglementation des importations et exportations et, les services de transport routier. Il s'agit essentiellement de la douane, des bureaux de conditionnement des produits agricoles, de l'Office National du transport (ONT), et du Système d'Information sur les Marchés (SIM).

Pour la frontière Mali-Burkina Faso, la collecte se fait au niveau du poste de douane de Kouri environ 100 km à l'est de Koutiala la Capitale cotonnière du Mali. Un agent de l'Entrepôt malien pour le Togo (EMATO) sise dans les locaux de la Douane de Kouri s'occupe du suivi du trafic routier et de l'enregistrement des données.

Concernant la frontière Mali-Cote d'Ivoire, la collecte des données se fait au niveau du poste de Douane de Zegoua environ 100 Km au sud de Sikasso la Capitale de la troisième région administrative du Mali. Un agent du service de conditionnement du Ministère de la Législation et du Contrôle s'occupe du suivi du trafic et de l'enregistrement des données.

Enfin, pour la frontière Mali-Guinée, la collecte se fait en collaboration avec (l'INSAH) au niveau du poste de Douane de Kourémalé. Un agent du SIM s'occupe du suivi des échanges et de l'enregistrement des données.

4-3. Méthodologie analytique

Les analyses portent sur :

- . les itinéraires techniques des exploitations et les niveaux de consommations d'eau à l'échelle de l'arroseur sur les mailles hydrauliques permettant ainsi de donner une explication du fonctionnement de celles ci ;
- . les performances de la herse roulante pour une éventuelle amélioration de sa qualité ;
- . la comparaison des consommations d'eau, des rendements entre parcelles améliorées (en terme de labour et de planage) et parcelles gérées à la façon du paysan ;
- . l'étude comparative des rendements des bassins en fonction du nombre d'irrigations, du niveau de consommation ;
- . la comparaison des rendements des bassins entre paysans et pour le même paysan ;
- . l'appréciation des volumes d'eau apportés à l'hectare et les quantités de sels mobilisées dans les parcelles pendant les différentes phases culturales ;
- . les quantités de terres déplacées après le planage ;

- . la gestion adéquate des pluies, de la régulation et des débits d'eau pour une consommation d'eau raisonnable dans le système de production ;
- . la variabilité des rendements en fonction de la gestion du calendrier cultural et de l'azote d'une part et d'autre part en relation avec les conditions du milieu (thèse de M.K.DICKO) ;
- . des études comparées de la dynamique et des caractéristiques hydrodynamiques et chimiques de la nappe régionale du continental terminal et quaternaire de 1996 à 2002 à l'office du Niger.
- . l'élaboration de propositions d'amélioration après analyses diagnostics des résultats des suivis.
- . Les analyses sur l'étude des échanges frontaliers portent sur la connaissance statistique des volumes de produits échangés, leurs périodes d'écoulement, les origines et les destinations des flux commerciaux, les produits à promouvoir et leurs calendriers de production pour faciliter les exportations et réduire les importations, et enfin l'analyse de stratégies pour promouvoir les exportations tant souhaitées par les pouvoirs publics.

5- RESULTATS ET DISCUSSIONS

5-1. Conception d'une base de données sur la gestion du réseau hydraulique et le fonctionnement des systèmes techniques de production.

Les données agronomiques, hydrauliques et socio-foncieres sur le N9 ont été capitalisées et structurées dans une base de données permettant ainsi de développer l'outil d'information et de représentation du fonctionnement de cette maille hydraulique. Notons que l'élaboration de ce système d'information géographique à l'échelle de la maille hydraulique n'est que partiel puisque les informations financières n'ont pu être collectées pour être intégrées dans la base de données. Néanmoins ce système d'information permet de restituer sur le plan hydraulique agronomique et social le fonctionnement de la maille hydraulique sous forme de cartes thématiques qui constituent pour les différents intervenants à la fois un modèle de compréhension du fonctionnement du système et un support de base pour la prise des décisions.

Sur les deux autres sites à savoir N4 et N1, seuls les paramètres agronomiques et hydrauliques sont structurés dans la base.

D'après ces résultats, il ressort que les retards observés dans le repiquage, le désherbage, les apports de la première et deuxième fraction d'engrais peuvent entraîner une diminution du rendement (voir fig.1, fig.2, fig.3, fig.4).

Fig. 1 : Relation entre rendement et retard à l'épandage du 1^{er} engrais sur les exploitations de N4

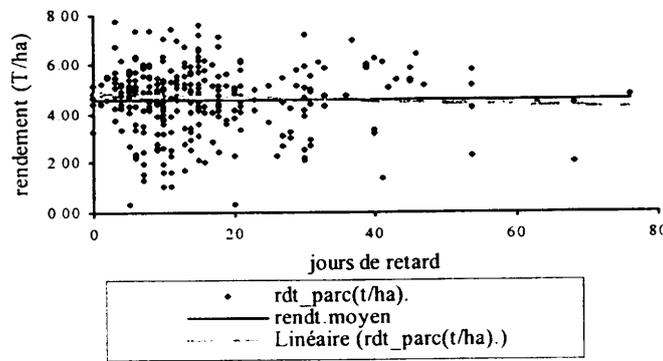


Fig.2 : Relation entre rendement et retard à l'épandage du 2^{em} engrais sur les exploitations de N1

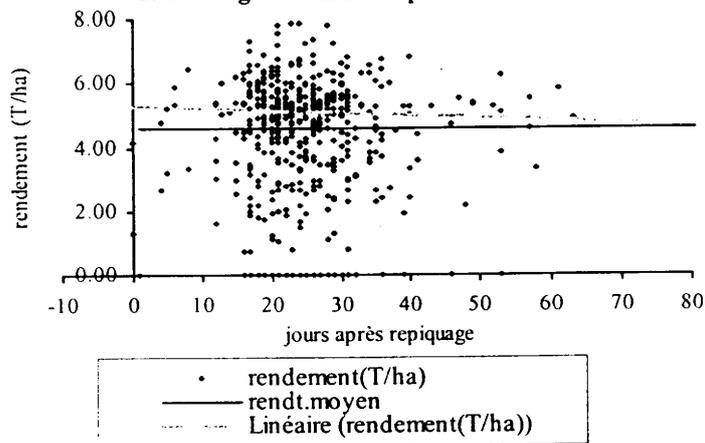


Fig.3 : Relation entre rendement et retard au désherbage sur les exploitations de N1

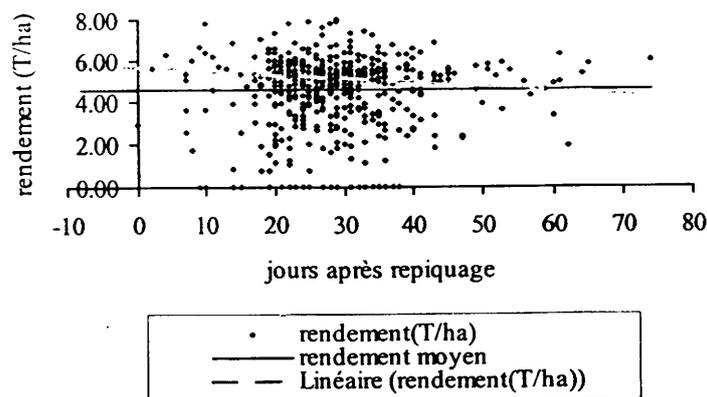
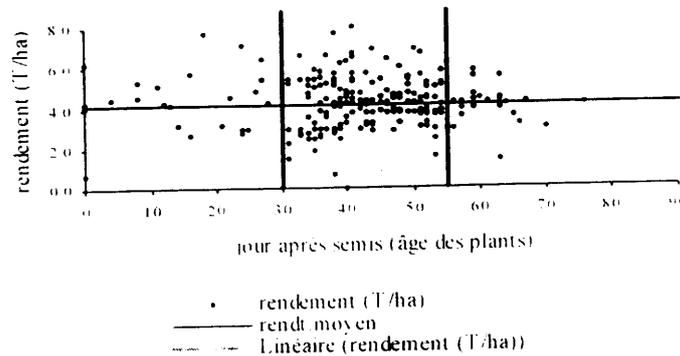


Fig. 4 : Rendement en fonction de l'âge des plants sur les exploitations de N9



Ces résultats sont aussi presque confirmés (à quelques exceptions près) sur les différentes cartes thématiques pouvant nous édifier sur le fonctionnement (voir annexe) réel des exploitations concernées. C'est partant de ces connaissances réelles validées par les exploitants eux même en assemblée générale que les différents scénarios seront formulés pour chaque cas de figure pour corriger les défaillances. L'impact de cette correction (sur la base des recommandations formulées) pourrait être mesurer sur la gestion du système pendant la campagne agricole prochaine.

5-2. Amélioration de la gestion de l'irrigation et du drainage à différentes échelles

Trois fiches techniques sont mises au point pour gérer la régulation des niveaux d'eau dans le réseau secondaire d'irrigation, les pluies tombées, et les abaques pour un réglage judicieux des ouvrages hydrauliques et par conséquent des débits d'eau (voir annexes).

Ces fiches seront ultérieurement testées pour s'assurer de leur fiabilité avant de les mettre à la disposition des gestionnaires du système. Ce transfert serait accompagné de la formation des acteurs de l'irrigation.

A l'échelle de la parcelle, les résultats sont consignés dans le tableau 1 ci-dessous :

TABLEAU 1 : RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES PARCELLES D'ETUDE (hivernage 2001).

N°	code	Exploitants	sup. (m2)	sup. (ha)	Nbre jours (replq-vidge)	nbre d'irrig.	apport (mm)	conso. effect.(mm)	% satisfaction Besoin eau	âge plants	DAP			urée			dés herb		rend. (T/ha)
											jar	kg/ha	jar1	jar2	jar3	jar1	jar2	jar3		jar1	jar2
5	N1-1p1R3Bd non amélioré	Yacouba FOFANA	913.9	0.09	100	7	1350	727.5	0.81	23	5	100	35	200			32		4.81
6	N4-1p2R6Bd amélioré	Yacouba FOFANA	908.18	0.09	85	7	495.75	253.88	0.21	30	8	100	28	200			25		5.24
7	N4-1p1R2Bg non amélioré	Lassine DIARRA	961.4	0.10	73	7	1008	503	0.42	68	9	100	9	175	40		21		5.53
8	N4-1p1R5Bg amélioré	Lassine DIARRA	881.76	0.09	73	6	1056	538	0.45	68	9	100	9	175	40		21		5.40
9	N8-3D-2d1Rd8Bg (non améliorée)	Fousseyni TRAORE	982.65	0.10	100	7	558.25	302.6	0.25	40	7	75	22	100			61		1.37
10	N8-3D-2d4Rd2Bg (améliorée)	Fousseyni TRAORE	943.925	0.09	90	5	659.68	338.52	0.28	25	17	100	17	200	48	59	12	34	5.16
11	N1-2D-3g1R3Bg (non amélioré)	Demba DIARRA	1500	0.15	111	11	1505.94	764.4	0.64	45	14	100	34	100			34		3.33
12	N1-2D-3g1R5Bg (amélioré)	Demba DIARRA	1594	0.16	104	9	1298.9	667.94	0.56	25	11	100	11	250	49	69	32		3.09
13	N3-7d non amélioré	Moussa COULIBALY	1527.94	0.15	105	9	1414.95	743.2	0.82	33	8	150	24	200	48		50		1.77
14	N3-7d amélioré	Moussa COULIBALY	1508.92	0.15	82	5	1063.23	543.5	0.45	42	14	100	14	250	56	66	14	44	1.33
15	G5-2d amélioré paysan 2	Kéou GNOUMANTA	1201.37	0.12	89	7	619.68	309.8	0.26	44	7	200	25	300	55		24		
16	G5-2d non amélioré paysan 2	Kéou GNOUMANTA	1194.05	0.12	88	5	216.93	108.5	0.09	44	7	200	25	300	55		24		
17	G5-2d non amélioré paysan 1	Sékoussala TRAORE	1185.3	0.12	100	7	742.7	381.7	0.32	43	10	100	10	300	30		15		4.98
18	G5-2d amélioré paysan 1	Sékoussala TRAORE	1192.155	0.12	89	8	910.42	478.8	0.40	32	21	100	21	300	41		28		4.76

Les apports d'eau et consommation effectives sont calculés à partir de la formule suivante :

$$V_{(j/j+1)} = (H_{ext\ j+1} - H_{ext\ j}) - (H_{int\ j+1} - H_{int\ j}), \text{ où :}$$

$V_{(j/j+1)}$ = volume d'eau apporté dans le bassin d'irrigation entre le jour j et j+1

$H_{ext\ j+1}$ = hauteur d'eau mesurée au jour j+1 dans le bassin

$H_{ext\ j}$ = hauteur d'eau mesurée au jour j dans le bassin

$H_{int\ j+1}$ = hauteur d'eau mesurée au jour j+1 à l'intérieur de l'anneau infiltromètre

$H_{int\ j}$ = hauteur d'eau mesurée au jour j à l'intérieur de l'anneau infiltromètre.

Nous avons calculé ainsi la quantité d'eau entrant dans le bassin d'irrigation, et drainée superficiellement.

Si ce volume est positif, il y a eu irrigation, sinon il y a eu perte par drainage. Sur la même parcelle, le cumul des valeurs positives correspond aux apports (évapotranspiration, percolation, variation du stock dans le sol) et le cumul des valeurs négatives aux pertes par drainage superficiel. La consommation effective est la différence entre ces deux valeurs.

Il était question d'appliquer sur les parcelles améliorées en milieu paysan la technique du « flushing » qui a été confirmée en station, mais compte tenu du retard accusé dans le démarrage des activités, la pré-irrigation qui est une étape importante dans cette technique n'a pas été suivie. Quand même nous avons évalué les quantités de sels mobilisées pendant la mise en boue de ces parcelles et pendant le reste du cycle cultural du riz. Pour le calcul des quantités de sels qui devraient être évacués par cette technique de lavage des sols, la formule suivante a été utilisée :

$$\text{quantité de sel (kg/ha)} = \text{Lame d'eau (cm)} * 1.09 * 10^{-1} * \text{CE}$$

où CE = conductivité électrique de la lame d'eau dans le bassin et $1\mu\text{S/cm}$ correspond à 1.09 mg/l.

Ce tableau 1 montre que les consommations effectives sur toutes les parcelles améliorées ou non sont très faibles ; 2 fois moins que 1000 mm d'où un pourcentage de satisfaction des besoins en eau faible pour le riz. Cette situation est due à la longue période de pénurie d'eau qui s'est installée à la suite de la baisse du niveau d'eau du fala de Molodo pour lutter contre la jacinthe d'eau. Néanmoins une légère différence de 71 mm en moyenne est constatée entre la consommation moyenne effective des parcelles améliorées (433 mm) et non améliorées (504 mm).

L'impact de l'amélioration du labour, de la confection des diguettes et du planage sur la consommation d'eau est très nette sur les couples de parcelles (5 , 6), (9 , 10) et (11 , 12). Sur celles-ci les parcelles améliorées consomment moins que les non améliorées ; par contre sur les autres c'est soit à peu près la même consommation cas du (7, 8) ou c'est souvent le contraire, lié à une mauvaise mise en place des

instruments au G5 et une noyage de la parcelle (2) au N9. Il n'y a pas de relation significative entre rendement et consommation en eau.

A part les parcelles 1 et 2 où le rendement de la parcelle améliorée (2) est 4 fois plus que celui de la parcelle non améliorée, il n'y a pas de différence significative entre les rendements parcellaires chez le même paysan. La différence de rendement entre ces parcelles ci-dessus citées est liée aux itinéraires techniques.

Si en année 2000 les études ont montré un impact positif de l'amélioration des techniques de labour, de confection des diguettes et du planage sur la consommation d'eau, en 2001 seulement 50% des échantillons de parcelles le confirme. Il serait mieux de reconduire l'étude sur des échantillons de parcelles recevant les mêmes itinéraires techniques chez un même paysan avec comme différence l'amélioration du labour et du planage. Ce paquet technique sera complété par la conduite sur les mêmes parcelles de l'essai « flushing » qui sera confirmé en milieu paysan, des analyses de sol et un suivi de l'évolution des paramètres hydrodynamiques pour mieux apprécier l'impact du travail du sol sur la consommation d'eau et les composantes du rendement.

5-3. Amélioration des pratiques culturelles

La mise en boue avec la herse roulante est d'une efficacité remarquable. S'agissant de l'expérimentation d'un prototype, les temps de travaux ne sont pas significatifs (un passage croisé nécessite une bonne vision du chantier, il faut évacuer l'eau au fur et à mesure que le planage s'améliore sinon il est très



Les irrégularités du terrain sont apparentes en début de chantier (cl. Lassaux 2002)



Elles ne le sont plus lorsque le sol est plané et que l'eau submerge le bassin (cl. Lassaux 2002)

difficile de voir où l'outil est déjà passé) mais le résultat obtenu a été unanimement apprécié. La boue est plus fluide, au dire des agriculteurs, le repiquage s'en trouve facilité.

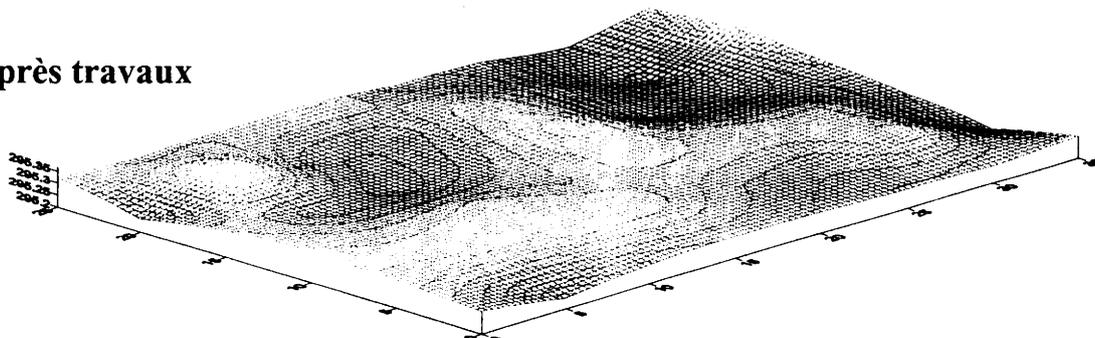
Des modifications sont à envisager, particulièrement en ce qui concerne la largeur de travail. Si le poids de l'outil (90 kg pour le plus lourd) a souvent inquiété les agriculteurs, la facilité avec laquelle les attelages ont pu évoluer les a également souvent surpris. En effet, dans un tel cas l'effort de traction est minimisé par la rotation des disques. Les attelages ont donc évolués sans effort particulier.

Avec un tel outil, une autre voie d'expérimentation s'ouvre également dans le sens d'une mise en boue sans labour préalable : passage de l'outil en croix après une première pré-irrigation du bassin et nouveau passage en croix toujours après mise en eau, avant le repiquage, pour la mise en boue et le planage.

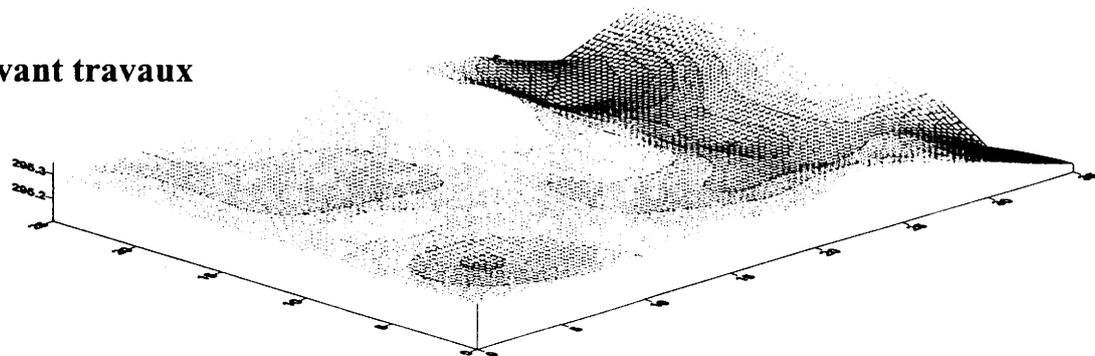
Les résultats concernant les consommations d'eau et la salinité du sol traités plus avant, ne font que confirmer l'intérêt du planage s'il en était besoin.

Les levés topographiques effectués avant les travaux et après la récolte nous permettent de comparer les profils des bassins, de visualiser l'amélioration du planage (elle est nette dans la plupart de cas) et d'évaluer les quantités de terres déplacées.

Après travaux



Avant travaux



Cela peut parfois s'élever à plus de 10 m³ de terre pour des quantités d'eau économisée très importantes, égales parfois à la lame d'eau nécessaire (100 m³ pour une lame d'eau de 10 cm sur un bassin de 1000 m²).

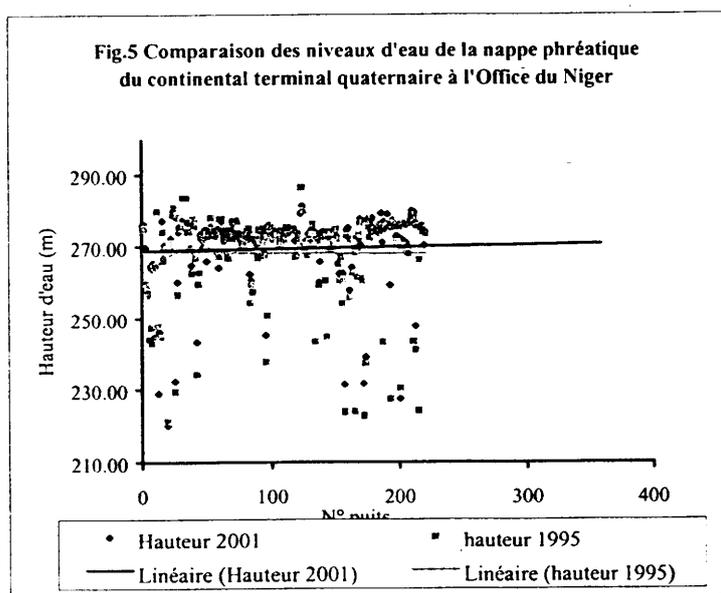
Les composantes du rendement et les rendements proprement dits sont les éléments essentiels qui doivent permettre d'emporter l'adhésion des riziculteurs pour la technique de travail du sol que nous proposons, indispensable dans une perspective d'intensification de la riziculture. Ils sont abordés dans le thème conservation des sols.

5-4. Enquête diagnostic sur les performances de la riziculture

(à paraître dans la thèse de M.K.DICKO)

5-5. Etude comparative de la dynamique de la nappe régionale du continental terminal quaternaire de 1995 à 2001

D'après la figure 5 ci-dessous, les niveaux de tendance montrent une légère hausse du



niveau piézométrique de la nappe en 2001. Cette montée du niveau de la nappe phréatique se constate aisément sur la carte piézométrique de l'année 2001 où le gradient hydraulique diminue et passe de 2‰ en 1996 à 1.5‰ en 2001 sur la même longueur de 20 km de section. C'est pourquoi l'extension des zones

(proximité du fleuve Niger, du fala et des périmètres irrigués : Kala supérieur, Kala Inférieur) où la nappe est presque subaffleurante est importante qu'en 1995.

Dans tous les cas on observe que la nappe est proche de la surface du sol a proximité du fleuve, des falas, des périmètres irrigués et qu'elle baisse graduellement : direction Est-Ouest (de 40 m sur une distance de 20 km en 1995 et de 30 m sur la même distance en 2001) lorsqu'on s'éloigne de ces sources d'alimentation.

Les débits sortant par drainage naturel sont calculés par la loi de Darcy : $Q = S.K.i = T.i.L$

Q est le débit, S est la section verticale à travers laquelle on considère le flux, K est la perméabilité, i le gradient, T la transmissivité et L la longueur de la section verticale, soit 50 km.

Le tableau 2 donne les résultats des paramètres hydrodynamiques considérés.

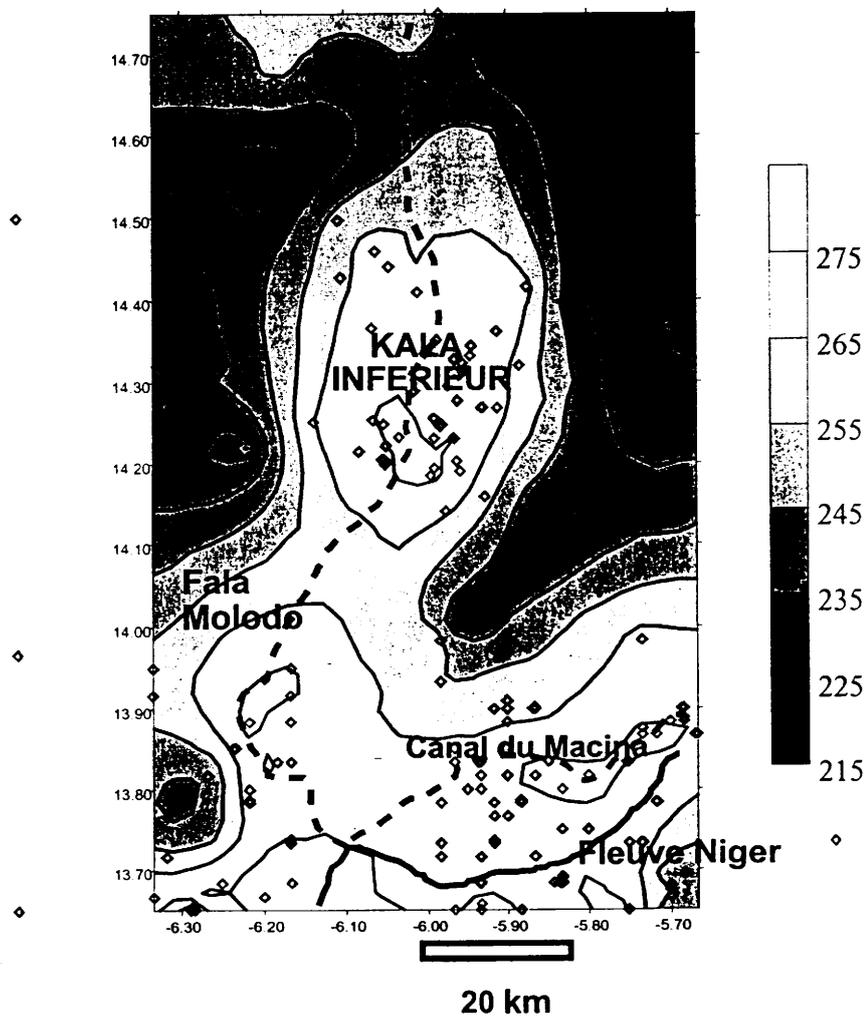
Tableau 2 : tableau comparatif des débit moyens évacués par drainage naturel

Paramètres hydrodynamiques	Année 1995		Année 2001	
	Horizon alluvial	Horizon continental	Horizon Alluvial	Horizon continental
Gradient i	2‰		1.5‰	
Transmissivité T (m²/s)	2.4 10 ⁻⁵	5 10 ⁻⁴	2.4 10 ⁻⁵	5 10 ⁻⁴
Longueur de la section L (m)	50 000		50 000	
Débit moyen Q_{moy}.(m³/s)	0.0048	0.1	0.0018	0.04

D'après ce tableau 2, la transmissivité de l'horizon du continental terminal est environ 21 fois plus que celle de l'horizon alluvial, c'est dire que le maximum de débit naturel drainé s'effectue dans l'horizon continental. Le débit moyen drainé en 2001 est 2 à 3 fois moins que celui drainé en 1995 pour tous les horizons confondus, ce qui dénote une fois de plus une recharge continue des nappes.

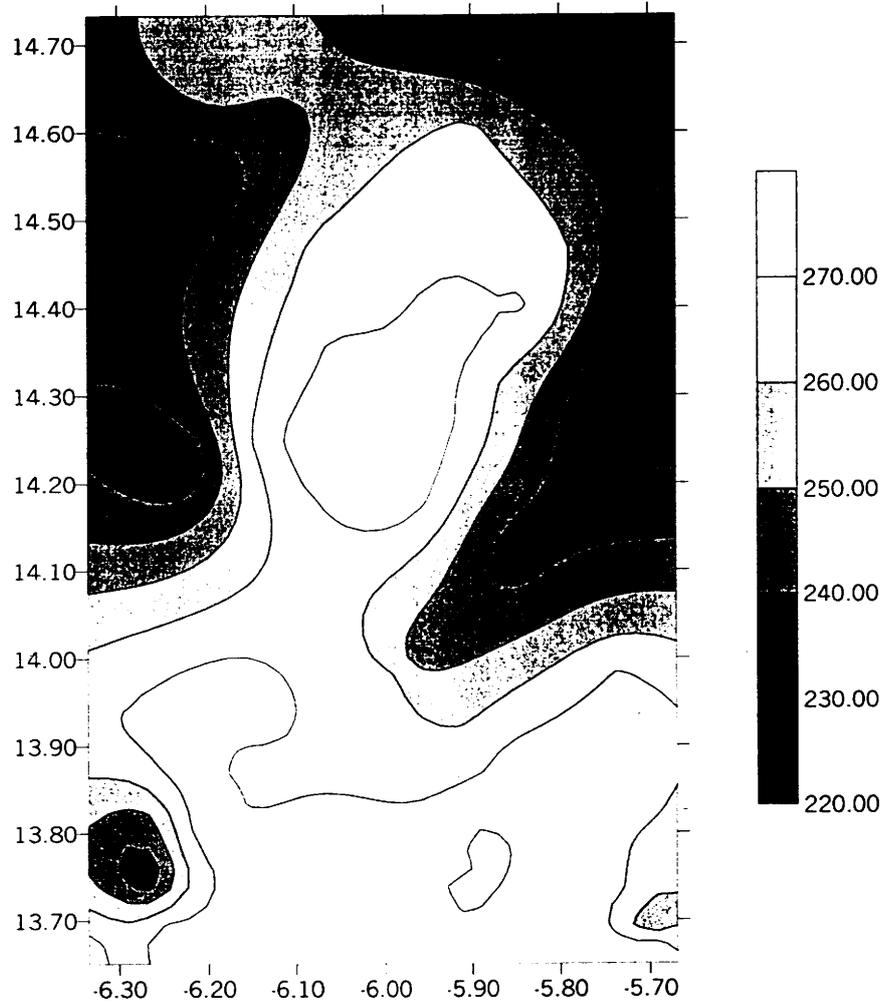
Des analyses chimiques (mesure de la CE, du pH, de la composition chimique : Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃) seront faites ultérieurement sur des échantillons d'eau prélevés pour la circonstance.

Carte piézométrique de la région de l'Office du Niger 1995



Ligne isopièze (altitude absolue) dans la région de l'Office du Niger à partir de l'interpolation par krigeage des hauteurs d'eau mesurées dans les puits de la zone (croix).

C:\PSI2001\rapports\Rapport final 2001 PSI.doc
**Carte régionale de la
région de l'Office du Niger, année 2001**



5-6. Echanges frontaliers des produits agricoles au Mali

Les tableaux 3 et 4 présentent, pour 1999 et 2000, les volumes des échanges de produits agricoles enregistrés aux trois frontières, exceptées les importations venant de Guinée.

De manière globale, le volume total des exportations maliennes a plus que doublé, passant de 15181 tonnes à 34187 tonnes (+125%). Ce bond s'explique en grande partie par la croissance des exportations de céréales (+ 179%). Les céréales représentent la plus grosse part des exportations maliennes vers ses voisins avec 20094 tonnes (entre 68 et 45 % entre 1997 et 2000). Elles proviennent de la région de Ségou, dont l'Office du Niger (riz principalement) et de la zone Mali Sud (mil).

Outre l'explosion des exportations de céréales, on constate une progression de 48% des exportations de pommes de terre (2086 tonnes en 2000) et un recul de celles de légumes dû à une diminution des exportations d'oignons frais non compensée par la progression des flux des autres légumes qui représentent encore de faibles tonnages.

Les exportations des autres produits ont progressé de 184% (9348 tonnes en 2000) et se sont diversifiées. On remarque l'absence des exportations d'arachides et de noix de cajou en 1999 et leur importance en 2000, au regard des quatre ans de relevés. Les quantités de poisson fumé ont quant à elles diminué de 44%.

La Côte d'Ivoire est la principale destination, absorbant plus de deux tiers des flux. Mais il faut noter une diminution de la part relative des exportations vers la Côte d'Ivoire de 77% à 70% entre 1999 et 2000.

Les flux vers la Côte d'Ivoire sont les plus diversifiés avec la présence récurrente depuis 1997 de nombreux légumes et de la pomme de terre (2080 tonnes en 2000).

Les exportations vers le Burkina Faso (deuxième destination) ont progressé de 240% également sous l'effet de l'augmentation des quantités de céréales expédiées, les quantités de mil exportées en 1999 ayant été exceptionnellement faibles. Ces exportations sont les moins diversifiées puisqu'elles ne concernent généralement que du mil/ sorgho (7707 tonnes) et du poisson fumé en provenance le plus souvent du Sénégal.

Les flux en direction de la Guinée ont quasiment stagné et se situent autour de 800 tonnes annuelles. Ce sont principalement des céréales (plus de 60%) et des oignons frais et séchés.

Tableau 3 : Echanges frontaliers par produit et pays (en tonnes), 1999

	EXPORTATION					IMPORTATION			
	Koury	Zégoua	Kourémalé	Total	%	Koury	Zégoua	Total	%
Céréales	669	6043	486	7198	47,4	156	1768	1924	15,1
Mais	177	,	30	208	1,4	35	309	344	2,7
Mil	492	5803	259	6554	43,2	107	,	107	0,8
Riz	.	240	196	436	2,9	14	1459	1473	1,6
Tubercules et racines	3	1401	5	1409	9,3	449	1466	1916	15,1
Igname	3	,	,	3		447	980	1427	11,2
Patate douce	,	1	2	3		2	,	2	
Pomme de terre	,	1400	3	1403	9,2	,	486	486	3,8
Légumes	7	2618	279	2904	19,1	25	123	148	1,2
Aubergine	,	0	,	0		1	,	1	
Choux	,	52	,	52	0,3	13	,	13	0,1
Haricot sec	,	7	,	7		5	,	5	
Haricot vert	,	15	,	15	0,1	,	,	,	
Oignon frais	1	2519	193	2714	17,9	6	123	129	1
Oignon séché	6	26	86	118	0,8	,	,	,	
Tomate	,	0	,	0		0	,	0	
Fruits	0	381	0	381	2,5	0	2792	2792	22
Ananas	,	,	,	,		,	77	77	0,6
Avocat	,	,	,	,		,	20	20	0,2
Banane douce	,	,	,	,		,	814	814	6,4
Banane plantain	,	,	,	,		,	1881	1881	14,8
Pastèque	,	381	,	381	2,5	,	,	,	
Autres	2082	1190	17	3289	21,7	71	5855	5925	46,6
Amande karité	,	1185	,	1185	7,8	,	,	,	
Arachide	,	,	5	5		70	92	162	1,0
Farine	,	,	3	3		,	,	,	
Kola fraîche	,	,	,	,		,	1668	1668	13,2
Pois sucré	,	5	,	5		,	,	,	
Poisson fume	2082	,	9	2091	13,8	0	,	0	
Sucre	,	,	,	,		,	4095	4095	32,2
TOTAL	2761	11633	787	15181	100,0	701	12004	12704	100

Les principaux produits importés par le Mali au cours de la période d'étude sont le sucre (32% en 1999), la noix de kola, la banane plantain et l'igname.

Les quantités importées ont progressé de 34% entre 1999 et 2000 atteignant 16989 tonnes. La plus importante augmentation est enregistrée par les fruits, sous l'effet de la progression des importations de bananes plantains et bananes douces (36% des importations totales en 2000). La quantité d'ignames importées a également significativement augmenté atteignant les 2000 tonnes.

Ces importations proviennent presque exclusivement de la Côte d'Ivoire. Entre 1999 et 2000, les quantités venant du Burkina Faso ont énormément chuté en raison d'une diminution des importations de toutes les céréales (de 156 à 6 tonnes) et d'ignames.

Le Mali est exportateur net pour ces produits. Le ratio importation/exportation est passé de 84% à 50% entre 1999 et 2000.

On remarque qu'une hausse des exportations de céréales et de pomme de terre s'accompagne d'une diminution de leurs importations.

Tableau 4 : Echanges frontaliers par produit et pays (en tonnes), 2000

	EXPORTATION					IMPORTATION			
	Koury	Zégoua	Kourémalé	Total	%	Koury	Zégoua	Total	%
Céréales	7707	11909	478	20094	58,8	6	860	866	5,1
Mais	504	3055	9	3568	10,4	.	.	.	
Mil	6993	7064	219	14276	41,7	.	.	.	
Riz	210	1790	251	2251	6,6	6	860	866	5,1
Tubercules et racines	0	2081	5	2086	6,1	117	2617	2734	16,1
Igname	.	.	.	.		117	2070	2187	12,9
Patate douce	.	1	0	1		.	155	155	0,9
Pomme de terre	.	2080	5	2085	6,1	.	392	392	2,3
Légumes	501	1979	188	2668	7,8	1	64	65	0,4
Choux	.	78	.	78	0,2	1	.	1	
Haricot sec	.	44	7	52	0,2	.	.	.	
Haricot vert	.	19	.	19	0,1	.	.	.	
Oignon frais	.	1821	127	1949	5,7	.	64	64	0,4
Oignon séché	501	2	53	556	1,6	.	.	.	
Tomate	.	15	.	15		.	.	.	
Fruits	0	2	0	2	0,0	0	6554	6554	38,6
Ananas	.	.	.	.		.	240	240	1,4
Avocat	.	.	.	.		.	73	73	0,4
Banane douce	.	.	.	.		.	2349	2349	13,8
Banane plantain	.	.	.	.		.	3891	3891	22,9
Pastèque	.	2	.	2		.	.	.	
Autres	1157	8044	147	9348	27,3	0	6771	6771	39,9
Amande karité	.	1688	.	1688	4,9	.	.	.	
Arachide	.	2454	136	2590	7,6	.	10	10	0,1
Kola fraîche	.	.	.	.		.	5253	5253	30,9
Noix de cajou	.	2557	.	2557	7,5	.	.	.	
Pois sucré	.	1345	.	1345	3,9	.	.	.	
Poisson fume	1157	.	10	1167	3,4	.	.	.	
Sucre	.	.	.	.		.	1508	1508	8,9
TOTAL	9365	24015	817	34197	100,0	124	16865	16989	100,0

En raison de leur importance dans les exportations maliennes, les données sur les céréales ont été reprises depuis démarrage du suivi (mars 1997).

Les tableaux 5, 6 et 7 montrent l'évolution des exportations de riz, mil et maïs selon les principales destinations.

Tableau n° 5: Exportations de riz par destination et année (tonnes)

annee	RCI	Burkina	Niger	Guinée	Total/ an
1997	,	94	135	120	349
1998	,	230	635	498	1363
1999	240	,	,	196	436
2000	1790	210	,	251	2251
Total	2030	534	770	1065	4399

RCI = République de Côte d'Ivoire

Les exportations de riz ont connu une progression tendancielle entre 1997 et 2000, mais elles sont irrégulières. Au total, 4400 tonnes ont été exportées. Des flux en direction de la Guinée ont été régulièrement constatés au cours de la période, contrairement à ceux destinées au Niger, (via le Burkina Faso), au Burkina Faso même et à la Côte d'Ivoire (tableau 5).

Tableau n°6 : Exportations de mil par destination et année (tonnes)

Année	RCI	Burkina	Niger	Ghana	Guinée	Nigeria	Total/ an
1997	1199	1259	815	,	89	,	3362
1998	1293	6692	2905	,	1448	,	12338
1999	5803	482	,	10	259	,	6554
2000	7064	2660	4258	,	219	75	14276
Total	15358	11093	7978	10	2015	75	36529

Le mil/ sorgho malien s'exporte largement dans la sous-région (tableau 6) et principalement en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso et au Niger. Entre 1997 et 2000 cela a représenté environ 37000 tonnes. On note également une augmentation tendancielle de ces quantités. Ce tableau illustre que le Ghana et le Nigeria constituent des marchés potentiels pour le mil.

Tableau n° 7 : exportations de maïs par destination et année (tonnes)

annee	RCI	Burkina	Niger	Guinée	Total/ an
1997	25	783	,	1	810
1998	,	235	40	25	300
1999	,	177	,	30	208
2000	3055	504	,	9	3568
Total	3080	1700	40	65	4885

En plus du mil/ sorgho et du riz, le maïs est exporté dans la sous-régions. Sur les quatre ans, il a été exporté des tonnages supérieurs à ceux du riz (tableau 7). La Côte d'Ivoire et le Burkina Faso sont les principaux demandeurs.

6- CONCLUSIONS / SUGGESTIONS

L'outil d'information et de représentation du fonctionnement des aménagements (IRFA) est un outil performant de diagnostic et de suivi/évaluation du fonctionnement à l'échelle de la maille hydraulique, de l'aménagement. Il permet aux exploitants de faire une meilleure compréhension du fonctionnement de leur exploitation. Il serait plus intéressant d'approfondir son utilisation. Pour cela il faudrait pour une campagne donnée de collecter toutes les informations nécessaires à la compréhension réelle du fonctionnement de l'aménagement, de faire valider ces informations par les exploitants et les gestionnaires du système, pour enfin formuler avec eux des scénarios de gestion adéquate. Ces propositions seront ensuite appliquées pendant la campagne qui suit pour enfin dégager leurs impacts.

Il serait aussi important de tester d'autres outils d'aide à la discussion, à la négociation et à la décision tels que Cal Cul¹, AGIR², ASPIC³ et le modèle BIRIZ pour la caractérisation de l'environnement et l'analyse des bilans d'eau.

Les fiches mises au point seront ultérieurement testées pour s'assurer de leur fiabilité. Leur transfert aux gestionnaires des périmètres serait accompagné de la formation des acteurs de l'irrigation.

Conforter la méthode en participation avec les agriculteurs après modification de la herse roulante. Les travaux seront reconduits sur les sites habituels du PSI. En outre, pour la campagne prochaine, les organisations paysannes ont sollicité le PSI pour une application de la méthode de restauration du planage dans trois villages de la région.

Le labour à plat doit être expérimenté avec du matériel adapté (charrue réversible) dans une optique d'alternative entre mise en boue directe à la herse roulante et labour avant mise en culture, exemple : labour à plat pour une culture de contre-saison ou de maraîchage et mise en boue directe en hivernage.

Parallèlement au thème du travail du sol, celui de l'énergie disponible est un corollaire incontournable. Tout ce qui peut permettre l'augmentation de la force de traction viendra faciliter l'application de la technique proposée à la fois en temps et en qualité du travail. L'amélioration de l'alimentation des bœufs de trait sera prise en compte chaque fois que possible en collaboration avec les équipes concernées de l'IER. Une autre voie d'augmentation de la force de traction consistera à proposer l'association de plusieurs attelages, au moins deux paires de bœufs.

Compte tenu des résultats probants de l'amélioration des techniques de labour, de confection des diguettes et du planage sur la consommation d'eau, il serait mieux de reconduire l'étude sur des échantillons de parcelles recevant les mêmes itinéraires techniques chez un même paysan avec comme

¹ Préviation des calendriers culturaux

² Aide à la Gestion de l'Irrigation et à l'estimation de la Redevance

³ Aide au Suivi des Périmètres Irrigués Collectif

différence l'amélioration du labour et du planage. Ce paquet technique sera complété par la conduite sur les mêmes parcelles de l'essai « flushing » qui sera confirmé en milieu paysan, des analyses de sol et un suivi de l'évolution des paramètres hydrodynamiques pour mieux apprécier l'impact du travail du sol sur la consommation d'eau et les composantes du rendement.

L'étude de la dynamique de la nappe du continental terminal et quaternaire montre que le maximum de débit naturel drainé s'effectue dans l'horizon continental. Le débit moyen drainé en 2001 est 2 à 3 fois moins que celui drainé en 1995 pour tous les horizons confondus, ce qui dénote une fois de plus une recharge continue des nappes par les eaux du fleuve, des falas et d'irrigation. Donc les paramètres : niveau de la nappe, débits naturel drainé, et éventuellement l'évolution des paramètres hydrochimiques peuvent être retenus comme indicateurs d'évolution du milieu à intégrer dans la base des données de l'observatoire de la dégradation des sols sous irrigation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Annuaire des fiches de programmation et de suivi de l'irrigation en vue du calcul du ratio A/B pour la Zone de Niono. Version provisoire, juillet 1998.
- [2]. Atelier « Observatoire » et « Modélisation » des sols irrigués. Synthèse des discussions, Segou, du 30 juin au 4 juillet 1997.
- [3] BCEOM, « Manuel de gestion de l'eau Retail 2 », Office du Niger, Août 1991
- [4] BCEOM, « Manuel de gestion de l'eau », Office du Niger, Juillet 1998
- [5] FADIGA Souleymane, « Suivi et Evaluation des performances de l'Irrigation au niveau du partiteur à l'Office du Niger. Cas de la zone de Niono », Mémoire de fin de cycle IPR, Décembre 1998.
- [6] GEAU, « Gestion de l'eau ». Tome II Juillet, 1984.
- [7] Irrigation et Gestion de l'eau in Formation des agents dans le cadre du programme intérimaire de lutte intégrée en Zone Office du Niger.
- [8] LEGOUPIL J.C et al, « Gestion Technique, Organisation Sociale et Foncière de l'irrigation », Octobre 1996.
- [9] LEGOUPIL J C et al, « Pour un développement Durable de l'Agriculture Irriguée dans la zone Soudano-Sahélienne », du 30 Novembre au 3 Décembre 1999.
- [10] 9^{ème} session du Comité Technique Régional de la Recherche Agronomique « Amélioration des Performances des Systèmes Irrigués au Mali », Avril 2000
- [11] SALLY Hilmy, « Améliorer les Performances des Périmètres Irrigués », 1996.
- [12] Ouvry FLORENCE, MARLET Serge et al « Suivi de l'irrigation et du drainage. Etude des règles de gestion de l'eau et bilans hydro-salins. Test de conduite de l'irrigation du riz et du maraîchage à l'Office du Niger(cas de la zone de Niono, Mali). Travaux et études N° 8.2 ». annexes, Tome II, PSI/MALI, Mai 1992.
- [13] JC.LEGOUPIL, C.DANCETTE, P.GODON, I M MAIGA et KM.N'DIAYE «.Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne » : synthèse des résultats du Pôle Régional de Recherche sur les Systèmes Irrigués (PSI / CARAF), actes de séminaire, Dakar (Sénégal) du 30 novembre au 03 décembre 1999.
- [14] Amélioration des performances des systèmes irrigués au Mali, rapport final 2000, travaux et études N°9 du PSI-Mali, février 2000.

Dégradation des sols par salinisation, alcalinisation et sodisation En zone Office du Niger



M. Bagayoko, M.K. N'Diaye, D. Guindo, B. Tangara, O. Goita, J.C. Lassaux and M. Dicko

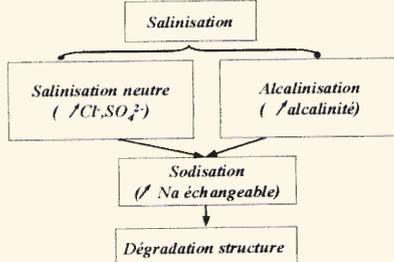


Problématique



Apparition de salants blancs sur sol dégradé en zone Office du Niger
(Source : PSI, 2000)

Définitions de la salinisation des sols



Les indices de l'alcalinité et de la sodicité des sols

Sur les sols

- Augmentation de l'alcalinité qui se traduit par une augmentation du pH
- Dissolution rapide de la matière organique aboutissant à l'apparition de salants noirs
- Augmentation du taux de sodium échangeable se traduisant par un ESP élevé

- Le sol devient compact, sa porosité et sa perméabilité diminuent considérablement
- Volatilisation de l'azote

Sur les cultures

- Difficulté d'enracinement
- Asphyxie des plantes

Effet de la vidange sur les rendements du riz paddy

Traitements	Sels évacués Kg/ha	Rendements Kg/ha	Sels diffus Kg/ha
T0		3164	324
T1	188	4693	
T2	109	4215	
T3	135	3998	
T4	69	3647	

T0 : sans vidange	T3 : vidange après pré-irrigation en après mis en boue
T1 : vidange 24 heures après pré-irrigation	T4 : vidange avant chaque application d'engrais
T2 : vidange 24 heures après mise en boue	

Impact de la salinisation en zone Office du Niger

L'impact de la dégradation des sols à l'office du Niger semble être la question qui soulève le plus de paradoxe: d'un côté l'analyse géochimique des milieux qui conduit à la mise en évidence des phénomènes et des risques d'alcalinisation, salinisation, sodisation; de l'autre côté l'analyse agronomique montre que par exemple en zone Office du Niger au Mali les rendements ont passé de 1,7 t/ha en 1983 à 5,2 t/ha en 1996 (N'Diaye et Guindo, 1998).

Compte tenu de l'importance des enjeux, valeur économique de la production et niveau du risque, le problème doit être analysé avec beaucoup de détermination en prenant en compte l'ensemble des composantes du système de l'irrigation (système d'irrigation et de drainage, suivi des itinéraires techniques etc.).

Les trois processus : l'alcalinisation, la sodisation, et la salinisation, qui sont mis ensemble sous l'appellation salinisation devront être étudiés séparément en terme de risque et d'impact réel et possible. L'effet de l'évolution des sols sur les propriétés du sol et sur la production aussi devra être analysé séparément.

Les cultures principales produites à l'Office du Niger peuvent être classées parmi les plantes moyennement tolérantes. Le riz, la tomate perdent 10% de leur production seulement à une CEC entre 8-4 ds/m.

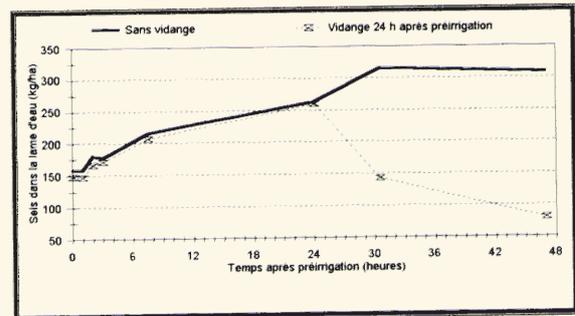
A l'état actuel, des connaissances les risques de salinisation en terme d'accumulation de sels solubles restent faibles. Les conductivités électriques mesurées restent en moyenne en dessous de 2ds/m. Les valeurs fortes sont généralement obtenues sur des points d'accumulation d'efflorescences ou lorsqu'il y a salure primaire. On observe des dessèchements de plants suivis de mort au stade plantule lorsque la quantité d'eau est insuffisante pour maintenir une humidité optimum.

Le phénomène de dégradation des sols en zone Office du Niger par salinisation, alcalinisation et sodisation est un problème qui menace la pérennité des aménagements hydro-agricoles et le maintien du potentiel productif des terres sous irrigation.

L'importance relative des terres dégradées a été évaluée de deux façons: la première estimation est faite sur la base du nombre d'exploitations ayant constaté les indicateurs de dégradation sur leurs parcelles, dans ces cas la taille de l'impact n'est pas évaluée. La seconde évaluation concerne l'étendue des surfaces affectées rapportées à la superficie totale de l'exploitation.

L'analyse globale des résultats d'enquête montre des résultats variables suivant les zones. La zone de N'Débougou est la moins touchée avec moins de 1 % des surfaces dégradées, suivie par Niono par 6,9 % et Molodo avec près de 13 %. Le niveau de dégradation reste stable comparé à 1998. La proportion de sol sableux et le fait que la zone ne soit pas encore aménagée pourrait expliquer le niveau élevé de dégradation à Molodo. Le pourcentage élevé du Seno et Boiblé dégradés supporte cette hypothèse. Les sols de cuvettes: Moursi - Dian sont prédominants à N'Débougou, et les sols de levées et de Delta d'épandage sont prédominants à Molodo. La zone de Niono peut alors être considérée comme une zone de transition entre Molodo et N'Débougou.

Effet de la vidange 24 heures après pré-irrigation



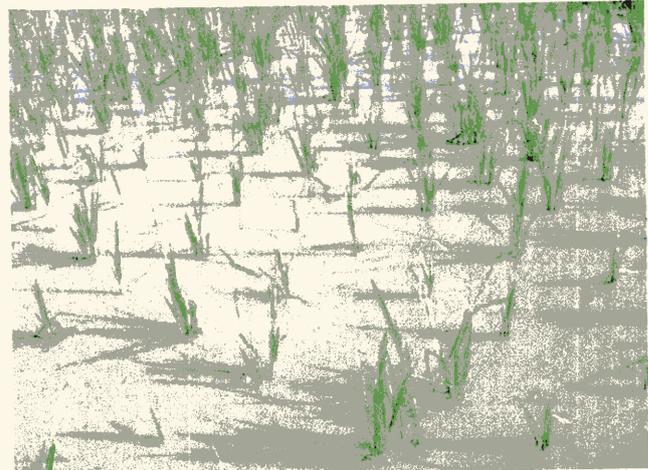
Les indices de la salinisation des sols

Sur le sol

- PH proche de la neutralité
- CE > 4mS/cm
- Apparition des salants blancs
- Augmentation de la pression osmotique et du potentiel de l'eau

Sur la plante

- Difficulté d'acquisition de l'eau
- Toxicité en chlore, en sodium et en bore
- Carence en certains éléments tels que le phosphore et l'azote
- Mauvais enracinement
- Mauvaise croissance



Croissance du riz dans une zone dégradée de l'Office du Niger
(Source: PSI 2000)

Quelques conseils utiles pour gérer la salinité des sols

Le flushing apparaît comme solution pour gérer la dégradation des sols par salinisation. Il s'agit de dissoudre les sels par pré-irrigation et de les évacuer par drainage. Les résultats obtenus dans ce sens montrent que :

- La vidange 24 heures après pré-irrigation est meilleure.
- La vidange a un effet positif sur le rendement.
- Faire un planage adéquat pour faciliter l'irrigation et le drainage.
- Renouveler la lame d'eau des parcelles dégradées.

Références

- Marlet, S., M.K. N'Diaye, (1996). Synthèse des travaux PSI/CORAF. Institut d'Economie Rurale, Niono, Mali, 52p.
- N'Diaye et al. 2002. Séminaire sur la salinisation des terres Holguin Cuba du 21 au 26 Mai 2001
- N'Diaye et Guindo, 1998
- Goita 2001: Présentation résultats PSI atelier Segou 2001
- PSI 2000 : Pour un développement durable de l'agriculture irriguée en zone Soudano-Sahélienne

ANNEXES

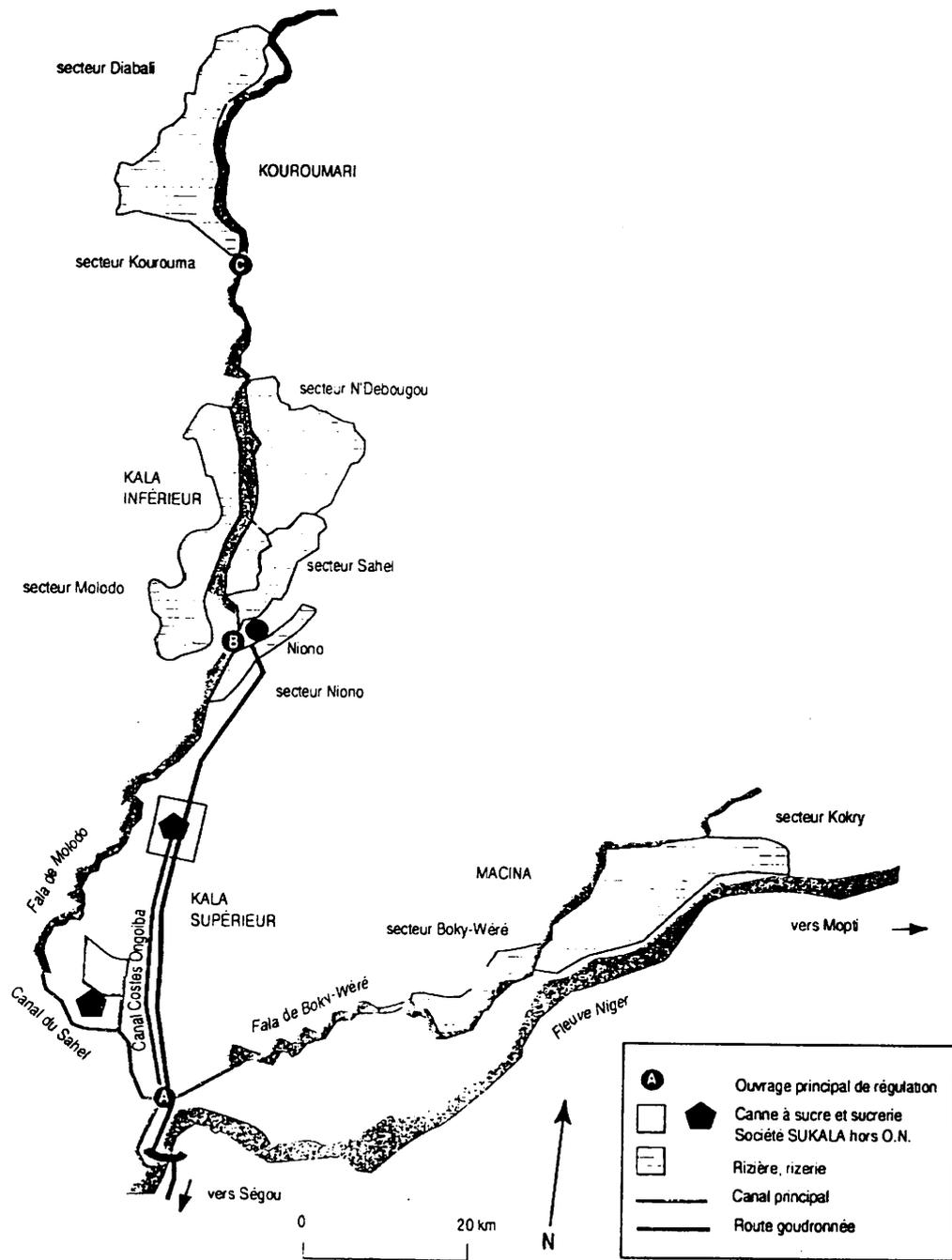
Plan d'ensemble de l'Office du Niger au Mali

Quelques cartes thématiques de répartition des exploitations

Fiches méthode de régulation par contrôle en bout de partiteur

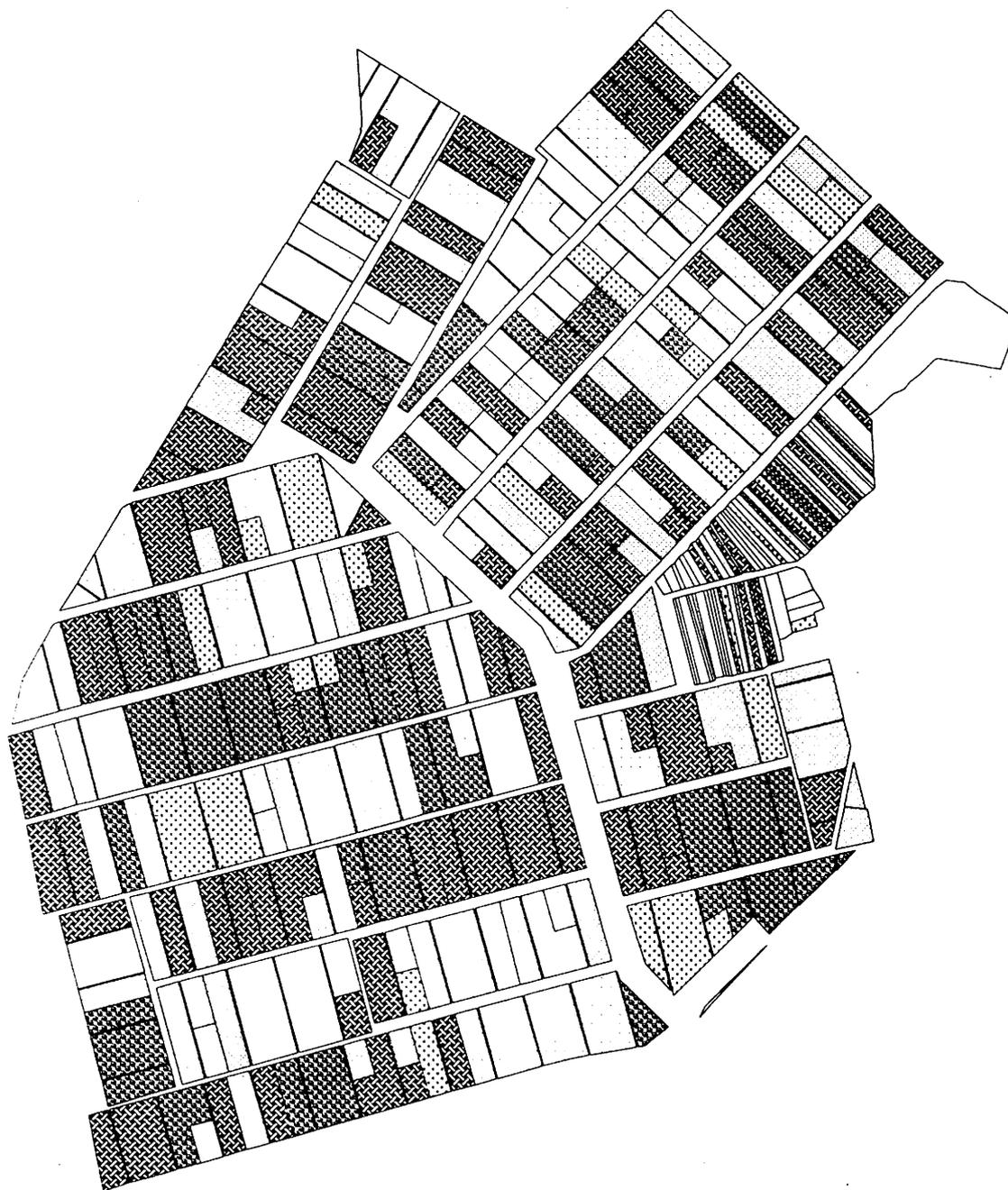
Fiche méthode sur la gestion de la pluie

Fiche technique sur l'usage de l'abaque



Plan d'ensemble de l'Office du Niger au Mali

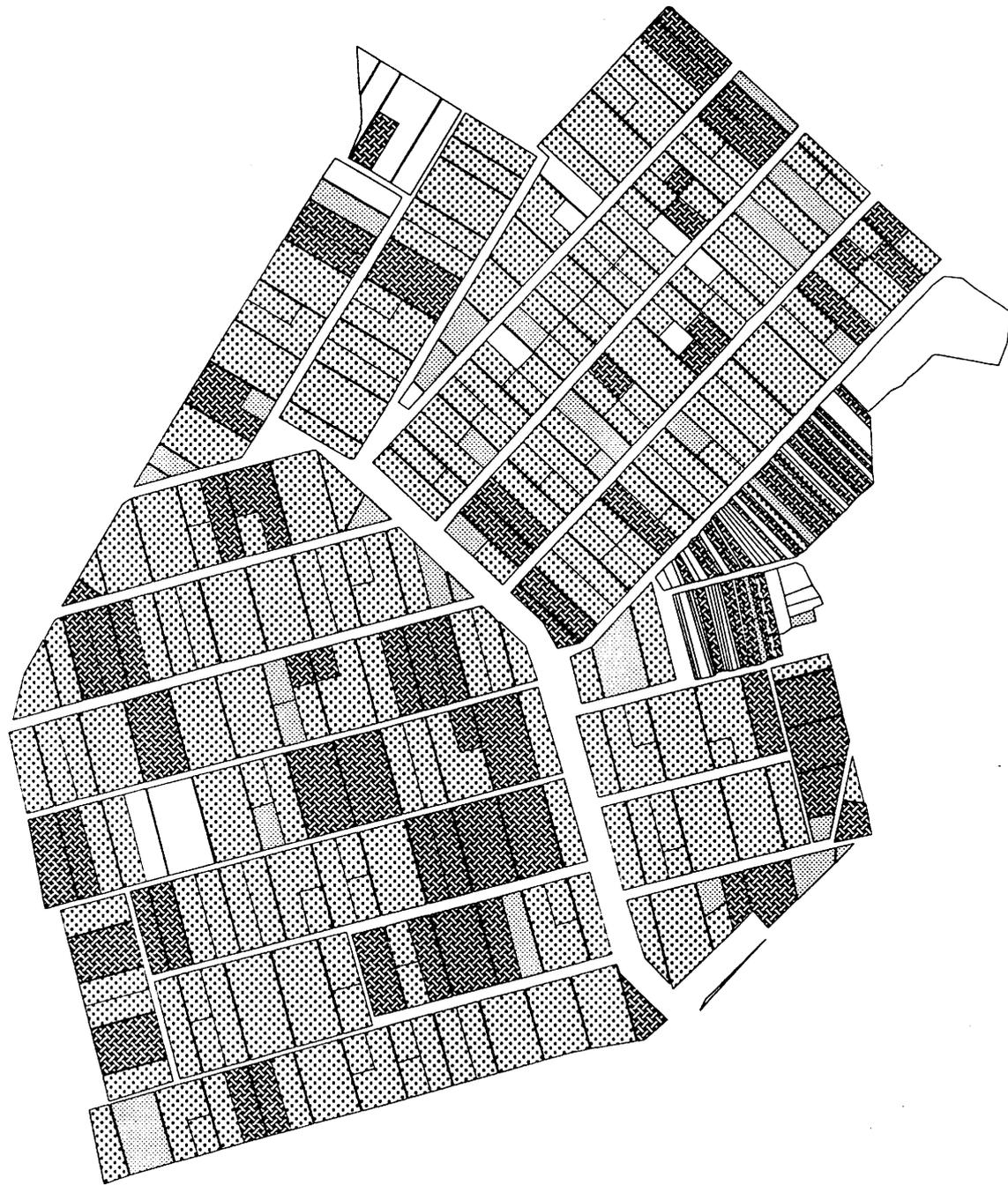
Source : Jamin J-Y., 1994. "De la norme à la diversité : l'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'Office du Niger. Thèse doct., INA-PG.



Carte de repartition des exploitations de N4 suivant le retard dans l'apport du 1er engrais

Enquête PSI, hivernage 2001

- ▨ 17 - 76 jours
- ▩ 14 - 17 j
- ░ 11 - 14 j
- ▤ 8 - 11 j
- ▥ 1 - 8 j
- non enquêtées



Carte de repartition des exploitations de N4 par classe de rendement
Enquête PSI, hivernage 2001

-  6 - 10 T/ha (élevé)
-  4 - 6 T/ha (moyen)
-  0 - 4 T/ha (faible)
-  non enquêtées



Carte de répartition des exploitations de N9 (Tissana) par classes d'âges des plants au repiquage
Enquêtes PSI, hivernage 1998

- ▨ 60 - 100 jours
- ▧ 45 - 60 j
- ▩ 30 - 45 j
- 15 - 30 j
- ▬ 0 - 15 j
- non enquêtées



Carte des classes de rendements à N9 (Tissana)

Enquêtes PSI, hivernage 1998

- 6 - 8 T/ha élevés
- 4 - 6 T/ha moyens
- 0 - 4 T/ha faibles

Méthode de régulation par contrôle en bout de partiteur

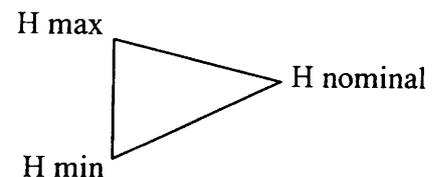
Cette méthode est un **complément à la méthode de régulation par amont**.

Elle utilise un suivi de la cote du plan d'eau au niveau du dernier bief. Nous nous plaçons dans le cas où les bouchons de vidange sont bien en place.

Une fourchette consigne à l'aval :

Le principe de la régulation en bout de bief est d'introduire une **fourchette consigne pour la cote du plan d'eau du dernier bief**. Cette fourchette correspond à des niveaux d'eau permettant le fonctionnement des modules à masques dans la plage $-5\%, +5\%$ de leur débit de réglage. Il convient alors de se maintenir dans cette plage.

Cette fourchette peut être symbolisée en bout de partiteur sur le déversoir par un triangle indiquant la fourchette de variation et la cote nominale de bonne alimentation des arroseurs comme dans le dessin ci-contre.



Le maintien du niveau du plan d'eau

Principe :

Un manque d'eau va se répercuter sur le niveau du dernier bief suivant :

$$\Delta Q * \Delta t = S_{\text{bief}} * \Delta h$$

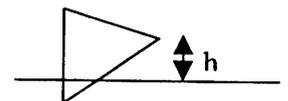
où h est la hauteur du plan d'eau
t le temps entre deux relevés

Il suffit donc de noter entre deux relevés la variation du niveau du plan d'eau pour savoir si le réglage est bon et dans le cas contraire, de combien il faut modifier l'ouverture.

Définition de l'indicateur :

L'indicateur que nous allons utiliser est la **hauteur h du plan d'eau par rapport à la cote nominale consigne**.

h est négative si le plan d'eau est inférieur à la cote nominale et positive dans le cas contraire.



Création d'une table de correspondance :

L'utilisation de la formule (1) permet de faire le lien entre la variation du plan d'eau en un temps donné et le débit correspondant.

Il s'agit d'un **tableau à double entrée** :

	Variation de hauteur (cm)
Temps (heure)	Débit (l/s)

La lecture permet de savoir quel est le débit qui a causé la variation du plan d'eau entre deux relevés ou quel débit ajouter (ou retrancher) au réglage de la prise pour faire monter (ou abaisser) le plan d'eau d'une certaine hauteur.

Protocole :

Un premier relevé h1 de la cote du plan d'eau doit être effectuée au moment du tour de réglage des arroseurs.

Cas où le niveau est dans la fourchette consigne :

Un deuxième relevé h2 doit être effectué de une à trois heures après le réglage.

La différence de niveau du plan d'eau correspond à un certain débit lu sur la table de correspondance fournie pour le partiteur : il s'agit de l'erreur liée au réglage.

La perte de charge au niveau de la prise est évaluée, puis la valeur la plus proche (par excès) du débit est cherchée dans la colonne correspondante. Celui-ci correspond à une ouverture qu'il convient de rajouter ou de retrancher au réglage existant.

Cas où le niveau du plan d'eau est hors fourchette consigne :

Il faut alors **ramener le niveau à la cote nominale**.

On décide d'un temps pour remonter le niveau (une ou deux heures), puis on lit dans la table de correspondance le débit adapté. On cherche l'ouverture correspondante grâce à l'abaque et on apporte cette correction au réglage normal.

Au deuxième relevé, le niveau devrait se situer à la cote nominale. h2 indique le défaut de réglage. On retranche d'abord la modification faite précédemment puis on effectue la manipulation normalement.

Critique de cette méthode :

Avantages :

- ❖ Elle peut permettre une meilleure régulation du dernier bief, évitant surtout les tâtonnements de l'aiguadier pour effectuer sa correction.
- ❖ Elle peu être utile dans les cas où l'aiguadier ne peut obtenir des informations précises sur les besoins des paysans.
- ❖ Elle peut surtout servir au personnel nouvellement nommé sur un réseau.

Inconvénients :

- ❖ elle nécessite de pouvoir se déplacer plus souvent en bout de partiteur et réclame un suivi plus important pour des résultats souvent similaires à ceux obtenus par un personnel expérimenté
- ❖ Compte tenu des déplacements créés, le personnel doit disposer de véhicules et de carburant en quantité suffisante.

Enfin, cette méthode semblera sans doute assez compliquée au début du fait de la table de correspondance. Celle-ci n'est également pas d'une précision absolue et rapidement les aiguadiers auront leurs propres repères et méthodes de réglages pour se maintenir dans la fourchette consigne.

Et si les bouchons de vidange ne sont pas en place...??

Cette régulation peut permettre d'assurer la meilleure régulation possible compte tenu des conditions faussées du système hydraulique.

Nous introduisons de nouveau une fourchette consigne à respecter en bout de bief. La démarche reste la même, toutefois il devient impossible de fournir une table de conversion entre variations de niveau et l'aiguadier doit alors caler sa méthode empiriquement.

De plus, il n'est pas du tout évident que compte tenu de la mise en communication des biefs, la satisfaction des cotes consignes pour le dernier bief assure la bonne alimentation de l'ensemble des arroseurs (cf cas de N6).

Fiche méthode sur la gestion de la pluie

Les méthodes de gestion de la pluie diffèrent entre théorie et pratique.

LA PRATIQUE :

Les aiguadiers possèdent actuellement une méthode propre de réaction face à la pluie. Ils jouent sur l'absence des bouchons de vidange et la mise en communication des biefs.

Lorsque la pluie menace, ils diminuent l'ouverture de la prise. Le manque d'eau en tête de partiteur entraîne alors un abaissement du niveau des plans d'eau et une chute du débit au niveau de chaque arroseur jusqu'à tarissement. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'aller fermer les arroseurs en cas de pluie.

S'il ne pleut pas, l'aiguadier restaure le réglage précédent et le niveau commence à remonter petit à petit pour atteindre sa cote initiale.

S'il pleut, l'aiguadier attend que des paysans se manifestent et règle alors son partiteur en fonction des besoins exprimés. Le niveau d'eau va, là encore, mettre un certain temps à remonter.

Pendant ce laps de temps où le niveau du plan d'eau est insuffisant, les arroseurs sont sous-alimentés et ne distribuent pas la quantité demandée par les paysans. Si ceux-ci viennent se plaindre auprès de l'aiguadier, il leur dit d'attendre que le niveau remonte et en quelques heures, la situation se rétablit.

différentes améliorations possibles

En absence de bouchons de vidange (ou pour un partiteur d'un seul bief) :

- ◆ En cas de **menace de pluie**, on réduit le réglage au niveau de la prise. Le niveau de plans d'eau va alors s'abaisser progressivement jusqu'à tarissement des arroseurs.
- ◆ **S'il ne pleut pas**, il faut restaurer le réglage précédent en augmentant d'une valeur donnée par la table de correspondance pendant une durée d'une heure.
- ◆ **S'il pleut**, il convient de fermer la prise si nécessaire et d'attendre que les paysans se manifestent pour avoir de l'eau. Le réglage est alors effectué conformément au besoin et sera majoré pendant une heure d'une quantité fournie par la table de correspondance.

Le principe de la table de correspondance est simple. On évalue la chute du niveau par rapport à la cote consignée en bout de partiteur : ceci permet d'avoir une idée de la quantité d'eau manquante dans le partiteur, puis on calcule le débit à fournir pour apporter cette quantité d'eau en une heure : c'est le résultat du **tableau de correspondance** (créé sur le même principe que pour la méthode de régulation par contrôle en bout de partiteur). Il suffit alors connaissant la perte de charge de chercher dans la colonne correspondante de l'abaque le débit le plus proche par excès de cette valeur et de rajouter l'ouverture correspondante à celle déjà réglée.

Le calcul de la quantité d'eau est précis pour un partiteur d'un seul bief. Il s'agit de la hauteur manquante multipliée par la surface du partiteur. Pour un partiteur avec différents biefs, la hauteur manquante lue dans le dernier bief est supérieure à celles des premiers. Elle est quand même appliquée à l'ensemble de la surface majorant ainsi le manque en eau (qui sera donc comblé plus vite).

Dans le cas d'un sous-partiteur, il faut commencer par les sous-partiteurs, puis sommer le débit manquant dans le partiteur et celui des sous-partiteurs pour obtenir le débit que l'on cherche vraiment.

Variante :

Nous avons réduit le temps de réaction spécifique à la pluie à près d'une heure. Il est possible de le supprimer pour le paysan de manière simple.

Si le temps ne menace plus et que les paysans vont demander de l'eau, l'aiguadier ferme alors les arroseurs et fait remonter le niveau dans le partiteur en utilisant la méthode précédente.

Limites :

La méthode telle que présentée, utilise un temps fixe de remplissage, celui-ci ne sera sans doute pas le temps réel mis pour remonter le niveau. De nombreux facteurs vont faire varier ce temps : approximation de réglage, ouverture quantifiée, approximation de la table...

Toutefois, la table de cette méthode va fournir à l'aiguadier une base pour effectuer l'augmentation d'ouverture et très rapidement l'aiguadier va adapter empiriquement le principe de cette méthode à son partiteur.

Le point important à retenir est l'augmentation volontaire de l'ouverture pendant un laps de temps court.

En cas de présence de bouchons de vidange :

Dans ce cas, les régulateurs remplissent parfaitement leur rôle et les plans d'eau ne vont pas baisser simultanément si on réduit l'ouverture de la prise : les biefs vont baisser de niveau et se tarir successivement et en fonction des arroseurs ouverts. De ce fait, la réduction de débit ne se fera sentir dans le premier bief qu'en dernier lieu. A la reprise, la montée de niveau dans les différents biefs va se faire dans l'ordre inverse.

Dans ce cas, ce sera toujours le dernier bief qui sera le plus lésé et où des problèmes pourront se faire sentir avec une telle méthode.

La différence provient essentiellement de la quantité d'eau reçue par les cultures avant tarissement entre les biefs.

Il est préférable de revenir à la méthode conseillé par le manuel de gestion où les arroseurs sont fermés par les aiguadiers en cas de fortes pluies.

Fiche technique sur l'usage de l'abaque

L'outil proposé est un **abaque** permettant de faire le lien entre le débit de la prise et son ouverture pour des prises équipées de vannes plates, en appliquant la formule du débit d'un orifice noyé.

L'abaque peut être utilisé de différentes manières :

- **Pour effectuer le réglage de la prise :**
 - On détermine le débit à fournir
 - On lit la perte de charge (différence Hamont-Haval)
 - On cherche dans la colonne correspondante le débit le plus proche de celui cherché
 - On règle alors à l'ouverture indiquée
- **Pour calculer le débit réel passant par la prise :**
 - On calcule la perte de charge
 - On lit l'ouverture de la vanne
 - On lit le débit correspondant à l'intersection des deux valeurs
- **Pour calculer une correction d'ouverture :**
 - On calcule la perte de charge
 - On lit dans la colonne correspondante la valeur la plus proche du débit à rajouter
 - On regarde l'ouverture correspondante
 - On rajoute cette ouverture au réglage déjà existant

Dans tous les cas :

Dans tous les cas, la méthode la plus simple pour faire remonter le niveau serait d'injecter de l'eau à cet effet :

soit avant la reprise de l'irrigation,
soit au moment de la reprise en surplus du réglage

Il faut ensuite surveiller la remontée du niveau et attendre le rétablissement d'une situation normale pour retirer ce rajout.

L'inconvénient provient de la nécessité pour le personnel de surveiller cette remontée pour éviter un déversement et d'effectuer un calage empirique du réglage et du temps nécessaire à cette remontée.

La présence requise par cette méthode (que nous essayons de lever avec des tables) peut être un handicap à son application.

