

Les outils d'aide à la discussion, à la négociation et à la décision pour une gestion performante des aménagements hydro-agricoles

Magatte WADE (1), Jean Claude LEGOUPIL et Jean Christophe POUSSIN

(1) Auteur correspondant : ISRA, CRA de Saint-Louis, BP 240, Sénégal

RESUME

La gestion d'un aménagement hydro agricole est complexe car elle couvre à la fois des aspects hydrauliques, agronomiques, organisationnels, administratifs et financiers. Cette complexité se traduit par une multitude et une dispersion des informations à traiter pour gérer tous ces aspects. Le PSI a travaillé avec les gestionnaires de périmètres et les producteurs pour définir, mettre au point et évaluer quelques outils d'aide à la discussion, la négociation et la décision. Un premier outil d'information et de représentation du fonctionnement d'un aménagement hydro agricole a été défini et validé dans des aménagements des 4 pays du PSI. Fondé sur un système d'information géographique, il permet une représentation géoréférencé du parcellaire, des réseaux d'irrigation et de drainage. Il permet également de relier ce parcellaire à toutes les informations relatives au fonctionnement du périmètre. Un outil de prévision des calendriers culturaux (Cal Cul) a été proposé et validé au Sénégal et en Mauritanie. Il permet au gestionnaire de programmer les chantiers à réaliser. La comparaison entre prévisions et réalisation conduit à réajuster les moyens selon la situation. Un outil d'Aide à la Gestion de l'irrigation et à l'estimation de la redevance (AGIR) a été défini en coopération avec quelques gestionnaires de périmètre au Sénégal. Après validation, cet outil permettra aux gestionnaires de négocier avec les producteurs les différents scénarios de mise en valeur selon leurs impacts financiers. Enfin un outil d'Aide au Suivi des Périmètres Irrigués Collectif (ASPIC) a été défini. L'objectif est de mettre à la disposition des gestionnaires un système d'information aussi complet que possible. A l'office du Niger ASPIC a été testé pour aider les comités paritaires (Office-Paysans) à gérer les opérations de maintenance des réseaux. Au Sénégal il a été utilisé pour le suivi du paiement de la redevance.

SUMMARY

The management of irrigated zones is complex because it concurrently covers hydraulics, agronomic, organisational, administrative and financial aspects. This complexity is due to a multitude and dispersion of information, which need to be treated to manage all of these aspects. The PSI has worked with managers of irrigated areas and producers, to define, develop and evaluate some tools that help in discussions, negotiation and decision-making. The first tool for the information and representation of the operations of irrigated zones was defined and validated in irrigated zones of 4 PSI member countries. Created on the bases of a geographic information system, it gives a geo-referential representation of parcels of land, irrigation and drainage networks. It also links these parcels of land to all information concerning the operation of irrigated zones. A tool which forecasts crop management schedules (CalCul) was proposed and validated in Senegal and in Mauritania. It allows the manager to programme the work to be realised. The comparison between forecasts and realisations allows the readjustment of means according to the situation. A tool that helps in irrigation management and the estimation of dues (AGIR) was defined in partnership with some managers of irrigated areas in Senegal. After validation, these tools allow managers to negotiate with producers the different utilisation scenario according to their financial impact. Finally, a tool that helps in monitoring communal irrigated areas (ASPIC) was defined. The objective makes available to managers an information system as complete as possible. At the Niger Office, ASPIC has been tested in order to help the managing committee (Farmers Office) to manage the operations of maintenance of the networks. In Senegal, it has been used for monitoring the payment of dues.

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, le contexte des aménagements hydro-agricoles est fortement marqué par la mondialisation de l'économie qui se traduit sur le terrain par un désengagement de l'Etat et par la libéralisation des filières de productions irriguées. L'adaptation des producteurs et l'amélioration des performances de l'irrigation n'est, *a priori*, pas évidente dans ce nouvel environnement. Après quelques années d'évolution dans le contexte de désengagement, on constate que la manière dont les aménagements hydro-agricoles sont gérés ne permet pas cette adaptation.

La multitude des informations qui permettent de comprendre, d'évaluer, de suivre et d'orienter le fonctionnement d'un aménagement hydro-agricole est telle qu'il est nécessaire de disposer d'outils de traitement, de représentation et d'analyse pour améliorer les performances de l'irrigation.

La recherche s'est donnée comme objectif d'élaborer des outils d'aide à la gestion de l'irrigation afin d'articuler les aspects techniques de la gestion de l'eau aux aspects sociaux, organisationnels et aux questions foncières.

Cet objectif se justifie amplement par l'absence de procédures ou de systèmes permettant de répondre aux besoins suivants :

- Au sein de la majorité des aménagements hydro-agricoles, il n'existe aucun système d'archivage des informations des zones aménagées. Le suivi dans le temps et dans l'espace de cette information permet de comprendre l'évolution et la dynamique d'occupation de l'espace irrigué. L'aide qu'apporte alors un outil de représentation est d'orienter les occupants de cet espace irrigué sur le choix d'une mise en valeur collective qui garantira les meilleurs résultats au plan financier.
- Il n'existe pas encore au sein des périmètres collectifs, de procédures fiables qui permettent d'évaluer, *a priori*, les impacts financiers, à l'échelle d'un aménagement, d'un choix collectif de mise en valeur. Actuellement, la dispersion des données dans la plupart des périmètres est telle qu'il est extrêmement difficile de prévoir quel sera le montant réel des charges à couvrir pour réaliser une campagne de production. A défaut de disposer de ce genre d'information, les gestionnaires appliquent des montants forfaitaires pour les charges relatives à l'irrigation. Une meilleure information sur le calcul de la redevance en fonction des paramètres de mise en valeur permettrait aux exploitants, conscients des incidences financières, de faire, en début de campagne, des choix de mise en valeur.
- L'étalement très important des techniques culturales au sein d'un même périmètre rend difficile la programmation des opérations collectives. Un outil de prévision et de suivi des calendriers culturaux est indispensable pour permettre au gestionnaire une mobilisation plus rationnelle des moyens communautaires et une meilleure organisation des chantiers collectifs.
- En matière de gestion financière, les différentes activités que mènent les responsables de la gestion d'un aménagement collectif génèrent des informations importantes et variées. A partir d'un certain volume d'informations, il devient très vite impossible au gestionnaire d'effectuer leur traitement dans un délai compatible avec les prises de décisions nécessaires à l'exploitation ou à l'entretien de l'aménagement.

Le présent document décrit la mise au point de quelques outils dont l'utilisation permet de répondre à chacun de ces besoins. Chaque outil est décrit de sa création à sa mise en œuvre, en faisant ressortir la méthodologie d'approche et les matériels nécessaires.

SYSTEME DE REPRESENTATION ET D'INFORMATION D'UN PERIMETRE COLLECTIF IRRIGUE GRAVITAIREMENT

L'objectif de ce système d'information et de représentation du fonctionnement d'un périmètre est de permettre un archivage et une représentation des informations afin de comprendre son fonctionnement et son évolution dans l'objectif d'améliorer sa gestion.

Matériel et méthode. Pour ce travail, il est nécessaire de disposer des équipements suivants :

- Equipement de bureau

Un micro ordinateur qui tourne sous Windows 3.1 ou une version supérieure est nécessaire. Le logiciel SIG de MapInfo¹ est recommandé.

- Equipement de terrain

Pour relever les caractéristiques physiques des aménagements, il faut avoir (i) du matériel de planimétrie et d'altimétrie (Niveau ou théodolite, mires, chaîne) et (ii) du matériel de mesure des niveaux d'eau dans les canaux d'irrigation et drainage (échelles limnimétriques, limnimètre mobile).

Procédure. Elle est décrite dans la figure 1. Les différentes étapes sont les suivantes :

- Etape préliminaire : détermination des données de base

Une série de données qui paraissent indispensables pour décrire et permettre de comprendre l'état et le fonctionnement d'un périmètre a été identifiée. Ces données de base² identifiées, leur nature et les moyens de les obtenir sont présentées dans le tableau 1.

Certaines de ces données sont issues d'un suivi des campagnes de mise en valeur. Il s'agit des cultivateurs, de la mise en valeur, du mode de faire valoir, des caractéristiques actuelles des canaux. Les autres données sont par contre des données de référence qui ne varient pas au cours de plusieurs campagnes successives. Les données de terrain, essentiellement de nature spatiale, concernent le parcellaire du périmètre, le tracé des réseaux d'irrigation et de drainage, la position des ouvrages ponctuels (répartition, franchissement, distribution, sécurité) et les pistes d'accès aux parcelles.

Les enquêtes sont menées auprès des Organisations Paysannes de base (GIE, Coopératives, groupements mutualistes de producteurs ou parfois l'organisation centrale qui gère l'aménagement qui peut être une section villageoise, une union des Organisations Paysannes de base). Elles sont aussi menées au niveau des concessions auxquelles dépendent les parcelles cartographiées. La clé de départ pour entrer dans celles-ci étant l'individu auquel la parcelle repérée est attribuée.

¹ En fait la plupart des Logiciels SIG peuvent permettre d'aboutir au même résultat en suivant globalement la même démarche. MapInfo a été choisi pour sa facilité de prise en main, sa souplesse (peu exigeant en mémoire de masse et en mémoire vive, et son prix relativement abordable.

² L'identification de ces données avait fait l'objet d'un petit séminaire regroupant à Saint-Louis, les diverses équipes de la composante GTOSFI des pays membres du PSI et de la SAED.

Tableau 1. Données à recueillir pour l'élaboration d'un outil d'aide à la gestion des aménagements

Données	Types	Source
Réseau	Cartographique+alphanumérique	Mesures de terrain+documents de base
Parcellaire	Cartographique	Mesures de terrain+documents de base
Superficie déclarée de la parcelle	Numérique	Enquêtes/ Organisation paysanne
STAP ³	Alphanumérique	Terrain
Année d'attribution	Numérique	Enquêtes/ Organisation paysanne
Parcelle de référence	Cartographique	Mesures terrain + Enquêtes
Type de sol	Cartes + tableaux	Documents + vérification sur sites
Nivellement Topographique	Cartes + tableaux	Documents + vérification sur sites
Nom attributaire	Alphabétique	Enquêtes/ Organisation paysanne
Mode de Faire Valoir	Alphabétique	Enquêtes/ Organisation paysanne
Organisation Paysanne de base	Alphabétique	Enquêtes/ Organisation paysanne
Statut accès à la terre	Alphabétique	Enquêtes/Organisation paysanne
Nom cultivateur	Alphabétique	Enquêtes/périmètres
Population/famille cultivateur	Numérique	Enquêtes/concession
Nom de la famille du cultivateur	Alphabétique	Enquêtes/concession
Caractéristiques actuelles des canaux	Numérique	Terrain
Caractéristiques de référence des canaux	Numériques	Documents de base
Type de prise	Alphanumérique	Terrain
Problèmes identifiés	Alphabétique	Enquêtes + visites
Identification chef d'exploitation	Alphabétique	Enquêtes famille
Mise en valeur	Alphanumérique	Enquêtes bureau, coopératives, union,...

- Numérisation, digitalisation

Cette étape est cruciale dans l'obtention de la représentation spatiale de l'aménagement. Elle consiste à «saisir» sous forme digitale, toutes les données cartographiques relevées sur le terrain. Elle peut se faire de plusieurs manières selon le matériel que l'on dispose. Si l'on possède une table à digitaliser, on effectue ce travail à l'aide d'un logiciel de numérisation en créant des «couches» d'informations cartographiées. Il est préférable de regrouper les parcelles dans une couche unique de façon à créer ainsi un fichier contenant l'ensemble des parcelles de l'aménagement, de regrouper les canaux d'irrigation, les canaux de drainage, les ouvrages et les pistes de la même façon. Cela permet plus tard de faire des analyses plus souples. Lorsque l'on a besoin de représenter l'aménagement dans un ensemble géographique plus vaste, il est recommandé, avant de procéder à cette numérisation, de caler les plans et les cartes provenant du terrain conformément à leurs positions géographiques. Pour cela, des points de repères géodésiques sont indispensables. A ce niveau, l'utilisation d'un GPS différentiel sera indispensable.

Si l'on ne dispose pas de table à digitaliser, on peut tout de même numériser les cartes avec un logiciel de dessin interactif qui permet de positionner les unités d'information relativement à un système de coordonnées. Pour cela, une échelle précise des cartes est nécessaire. Le travail est facilité si une image de la carte est disponible (image satellite récente si la taille des parcelles est assez grande, image de scanner ou d'appareil de photographie numérique). Dans ce dernier cas, il suffira de dessiner directement (comme sur un calque) les limites des parcelles ou les tracés des réseaux visibles pour créer les couches de dessin.

³ STAP : système de hiérarchisation du réseau d'irrigation (canal Secondaire, canal Tertiaire, Arroseur, Prise).

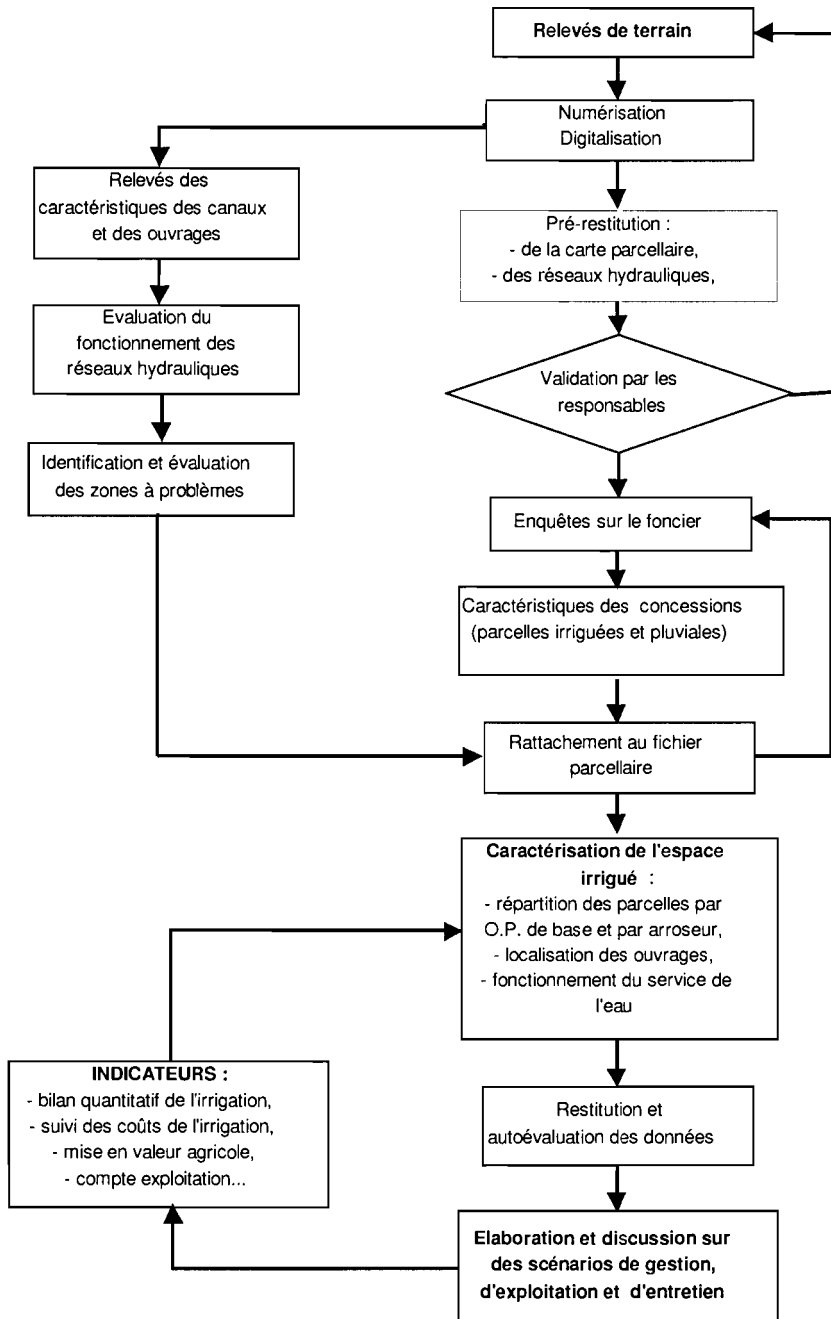


Figure 1. Organigramme de la procédure de création de l'outil de représentation

- Restitution des jeux de cartes numérisées

Cette étape est indispensable pour corriger d'éventuelles erreurs de relevé de terrain. Le premier tirage des plans est soumis aux Organisations Paysannes de base qui apprécient la conformité de ceux-ci avec la réalité du terrain. En général, ces responsables ont une bonne notion de la représentation qui est faite de leur environnement de travail et très facilement, ils rectifient les données erronées. Par la suite, une mise à jour des fichiers numérisés est effectuée. Cette mise à jour ne nécessite pas de disposer de matériel particulier. Il suffit de corriger «à la souris» les erreurs.

Les enquêtes

- Identification des attributaires des parcelles

Dans cette étape, il faut déterminer l'individu reconnu par tous comme étant la personne à qui la parcelle est attribuée. C'est par cette personne que les autres enquêtes vont être menées progressivement. L'identification de cet attributaire se fait avec les responsables des présidents d'Organisations Paysannes de base ou des coopératives ou autres formes d'associations de producteurs.

- Enquête foncière

Les différents attributaires des parcelles depuis la création de l'aménagement sont déterminés. Une fois ces attributaires identifiés et différenciés des cultivateurs, cette étape permet d'étudier l'évolution du foncier depuis la création de l'aménagement. Elle permet ensuite de déterminer les conditions actuelles d'accès au foncier. C'est aussi au cours de cette enquête que le mode de faire valoir de la parcelle est déterminé.

- Identification des concessions d'où dépendent les parcelles

Chaque parcelle se trouve liée d'une façon ou d'une autre, par l'intermédiaire d'un cultivateur⁴ à une ou plusieurs exploitations regroupées au sein d'une ou plusieurs concessions. Cette étape vise à appréhender la main d'œuvre potentielle qui peut être mobilisée pour les tâches culturales dans la parcelle concernée, ainsi que la population qui pourrait être tributaire des revenus tirés de cette parcelle.

- Identification du rattachement hydraulique de la parcelle

Sur le terrain, et à l'aide des plans, chaque parcelle est alimentée par une prise d'eau sur un arroseur. Chaque arroseur dépend d'un canal tertiaire qui lui-même dépend d'un canal secondaire. Cette information sera consignée comme faisant partie de la description hydraulique de la parcelle.

- Caractérisation hydraulique du périmètre

Les caractéristiques physiques qui permettent de comprendre la circulation de l'eau dans le périmètre ainsi que celles de la station de pompage sont déterminées, d'abord sur la base des

⁴ Le cultivateur est celui qui cultive la parcelle. Il peut donc être un chef d'exploitation et/ou un attributaire, ou n'être que le dépendant de l'exploitation à qui on a attribué la parcelle qu'il cultive.

documents techniques d'exécution de l'aménagement⁵. Ceci permet, après analyse de ces caractéristiques, d'avoir une situation référentielle. Ensuite, les caractéristiques actuelles sont relevées sur le terrain. Sur la base de formules hydrauliques simples (Manning-Strickler) appliquées en certains tronçons des canaux, on peut obtenir les capacités d'écoulement des canaux suivant le fonctionnement de la station de pompage. Ce travail se fait pour les besoins de suivi de l'irrigation des parcelles. Les parcelles dépendant des STAP ainsi caractérisés, il est alors possible d'analyser la répercussion d'un fonctionnement hydraulique donné sur les parcelles et donc sur l'ensemble du périmètre. Il convient de noter que l'utilisation d'un tableur facilite les calculs hydrauliques de simulation des écoulements. Il existe par ailleurs des logiciels spécifiques pour ce type de calculs.

- Rattachement des données aux fichiers cartographiques numérisés

L'ensemble des informations collectées permet de représenter l'état d'un aménagement vu sous plusieurs aspects (hydraulique, foncier, organisationnel, etc.). Pour cela, il est indispensable de les agencer sous forme d'une base de données. Il y aura autant de tables de données que d'entités spatiales à décrire dans cette base de données. En effet, après numérisation, nous disposons d'un ensemble d'unités d'informations graphiques (fichiers cartographiques) attachés à des tables de données décrivant essentiellement leurs positions géographiques. Il faut modifier la structure de ces tables en leur ajoutant des colonnes supplémentaires qui recueilleront les données provenant des enquêtes, des relevés de terrains, des calculs ou d'autres sources. Cette étape est grandement facilitée si les données à ajouter ont été saisies sous un tableur ou un système de gestion de base de données dont le format de fichier est lisible par le logiciel de cartographie⁶.

- Restitution

Une fois l'ensemble des données collectées et rattachées aux cartes et aux plans numérisés, il est alors possible entre autres, de visualiser les différentes requêtes posées. On peut notamment, après avoir effectué des simulations sur le plan hydraulique, sur le plan foncier ou sur tout autre aspect qui a fait l'objet d'un recueil d'informations, représenter les zones à problèmes (ZAP) relatifs à cet aspect. Cette visualisation sous forme cartographique sera le point de départ de discussions avec l'assemblée des producteurs lors des restitutions.

Ces discussions, assistées de compétences sur les problèmes relevés par les enquêtes et visualisés spatialement grâce au système de représentation, aboutissent à des suggestions pour améliorer le fonctionnement global de l'aménagement. Les suggestions portent sur l'entretien, la distribution de l'eau, la distribution foncière selon la typologie des concessions, etc.

- Suivi et évaluation des indicateurs de performance

Si l'assemblée des producteurs du périmètre les accepte, ces suggestions seront appliquées puis suivies et évaluées au cours d'une campagne de mise en valeur. Cette dernière étape permet d'apprécier l'apport de cet outil sur les performances globales de la gestion de l'irrigation de l'aménagement. Plusieurs critères d'appréciation (indicateurs) de cette performance peuvent être adoptés. Ces critères seront appréciés par rapport à leur valeur avant la mise en application des

⁵ Il s'agit des paramètres géométriques des canaux (longueur, hauteur max, largeurs, pentes des talus et longitudinale) rugosité, débits maximum (qui s'obtient par calcul avec l'aide des précédentes valeurs) etc.

⁶ Pour MapInfo, les données saisies sous Excel, Dbase ou Acces sont facilement reconnues. Pour d'autres SIG, il faudra se référer à leur manuel de référence.

propositions et suggestions découlant du traitement des informations et des discussions avec les Organisations Paysannes et l'assemblée générale des producteurs.

Résultats et discussion. La procédure décrite a été appliquée sur plusieurs aménagements ayant servi de site test⁷. Il s'agit de périmètres avec des superficies brutes de 30 ha à de plus de 350 ha, gérés par une organisation paysanne regroupant plusieurs formes de coopératives à la base (Section villageoise, Coopérative, Groupement d'Intérêt Économique).

Après collecte des données, digitalisation et analyses thématiques, une restitution de différentes représentations des états des périmètres a été faite à la section villageoise (Pont Gendarme) et à la Coopérative de producteurs (Nakhlet, Karaigorou).

Les plans qui ont été dressés révèlent des parcelles à problèmes hydrauliques (ligne d'eau insuffisante), une distribution trop dispersée des parcelles mises en valeur qui ne favorise pas l'économie de l'eau.

A l'issue de ces restitutions, des recommandations ont été faites quant à la mise en valeur et à la gestion hydraulique à adopter lors de la prochaine campagne. A la fin de la campagne, l'évaluation des indicateurs (coût réel de l'eau, efficacité de l'irrigation, taux de mise en valeur) ont permis d'apprécier l'impact de cet outil sur la gestion de l'aménagement.

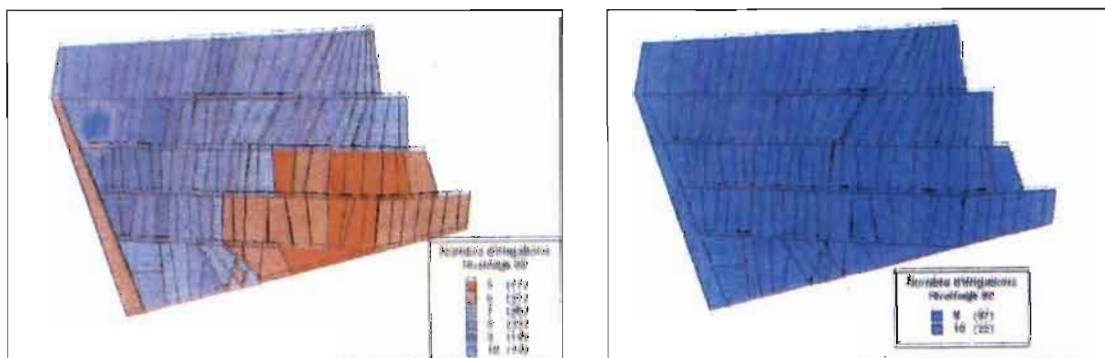


Figure 2. Exemple de représentation de la conduite de l'irrigation

OUTILS DE PREVISION DES CHARGES D'EXPLOITATION D'UNE CULTURE IRRIGUEE : AGIR (AIDE A LA GESTION DE L'IRRIGATION)

En période de préparation d'une campagne de cultures, les producteurs d'un périmètre peuvent décider de ne cultiver qu'une partie des surfaces aménagées. Les cultures vont être mises en place sur quelques parcelles disséminées dans l'aménagement, du fait que peut-être tous les exploitants ne mettent pas en valeur leurs parcelles. L'irrigation de ces parcelles nécessite cependant la mise en eau de tout le réseau d'irrigation.

Pour le gestionnaire, il se pose en début de campagne le problème de définir la superficie minimum en dessous de laquelle le niveau de redevance individuelle par hectare cultivé ne sera plus supportable

⁷ Pont Gendarme (Sénégal) Karaigorou (Niger) Nakhlet (Mauritanie)

par rapport aux revenus espérés de la culture. D'autre part, le gestionnaire devrait pouvoir proposer aux producteurs intéressés une alternative technique et financière pour un regroupement géographique des parcelles mises en cultures. Quelles sont les informations nécessaires au Gestionnaire pour établir un scénario alternatif et en chiffrer les impacts techniques et financiers par comparaison avec la solution actuellement pratiquée ? Quel outil doit-il maîtriser pour simuler ces situations et apporter aux producteurs les prévisions souhaitables avant le démarrage de la campagne ? C'est l'objectif de cet outil qui permet de prévoir et de chiffrer, en préparation de la campagne, le montant des charges hydrauliques et agricoles auquel les exploitants devraient s'attendre selon tel ou tel schéma de mise en valeur.

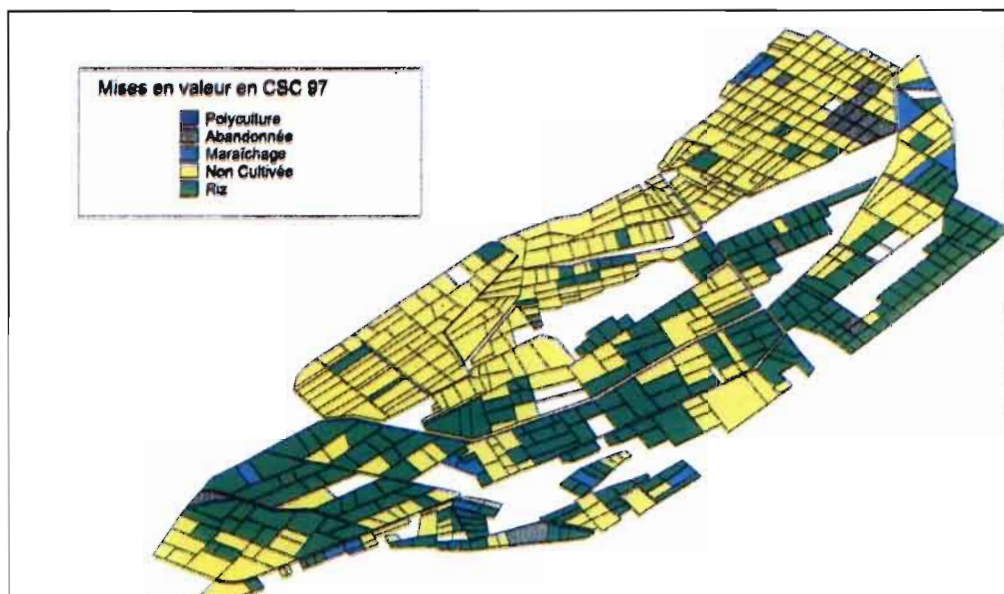


Figure 3. Exemple de base cartographique de négociation d'une mise en valeur

Matériel et méthode

▪ Matériel

Cet outil est un logiciel d'aide à la prévision et à la négociation de la redevance hydraulique et agricole dans les aménagements hydro-agricoles collectifs des vallées du fleuve Sénégal et du fleuve Niger. Il est programmé, dans sa version actuelle sous Acces, grâce à une base de données relationnelles. Très ergonomique, il est d'une prise en main facile.

▪ Méthodologie de développement de l'outil

L'algorithme de développement de cet outil est donnée schématiquement par la figure ci-après.

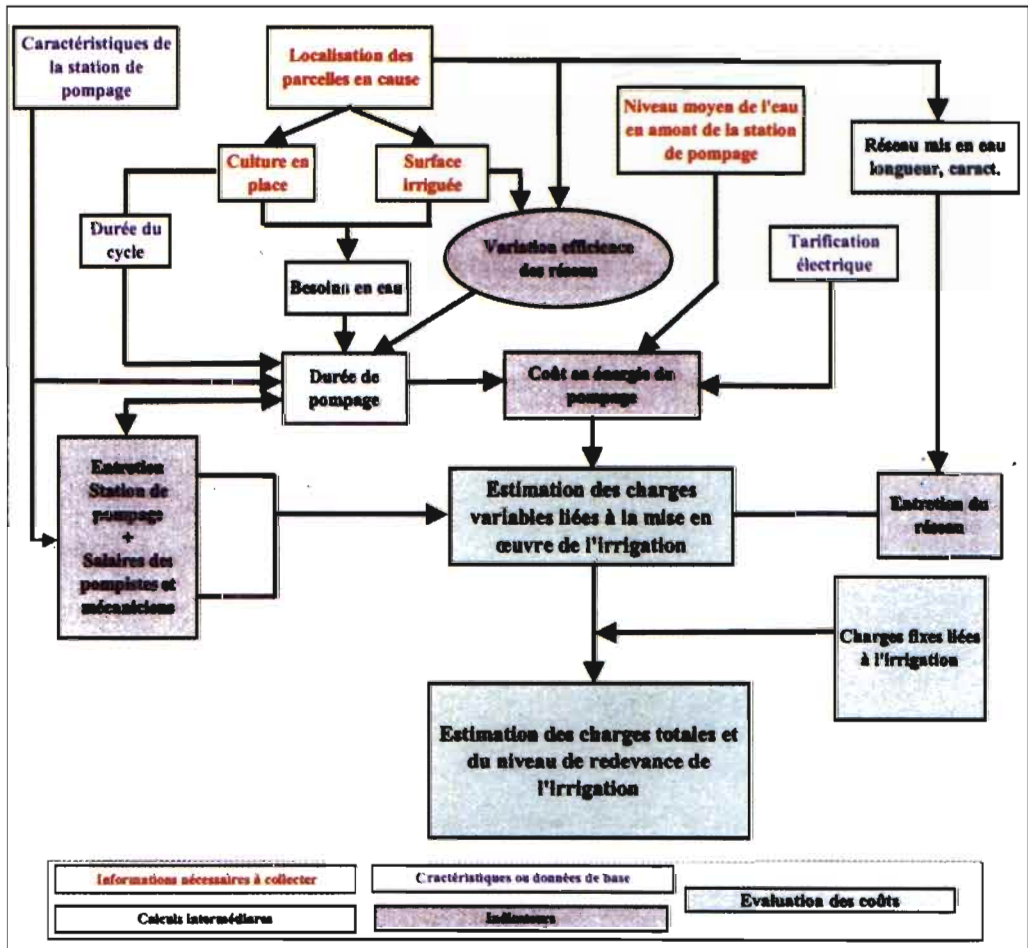


Figure 4. Représentation du principe de calcul de la redevance hydraulique

- Caractéristiques de la station de pompage

Le fonctionnement d'une pompe est décrit par son constructeur grâce à une courbe caractéristique liant la hauteur totale de relèvement de l'eau au débit refoulé (quantité d'eau pompée par unité de temps) et au rendement énergétique de la pompe. Pour pomper une quantité d'eau Q en m^3 par seconde et la relever à une hauteur H en mètres, la pompe déploie une puissance P en Watt donnée par la formule :

$$P = \frac{\rho g H Q}{R}$$

Dans cette formule, ρ représente le poids volumique de l'eau = 1000 kg/m^3 , $g=9.81 \text{ m/s}^2$, R étant le rendement ($R=0.9$ pour les pompes électriques, 0.8 pour les pompes à moteur diesel). L'unité la plus

utilisée pour la puissance est le Cheval Vapeur CV, pour les groupes motopompes : 1 CV = 735 Watt. L'énergie développée est le produit de cette puissance au temps de pompage. En pratique, on a pris une utilisation de carburant de 0.200 litres (gasoil) par CV et par heure et 5% du volume du carburant pour évaluer le volume de lubrifiant. La valeur de H représente la différence de cotes entre le niveau d'eau dans le canal de refoulement et le niveau de l'eau dans le marigot de pompage. Le marnage moyen de l'eau dans ce marigot, suivi pendant les campagnes précédentes, permet de déterminer cette valeur de H.

Pour les pompes électriques l'énergie consommée est obtenue par le produit de la puissance au temps de pompage. A ce niveau, les heures de pompage jouent un rôle important car l'énergie utilisée coûte plus chère si le pompage est effectué entre 19 h et 24 heures (au Sénégal).

Pour déterminer l'énergie électrique, le principe de calcul suivant est appliqué (il n'est pas tenu compte ici des problèmes de majorations actives). Si pour une période de détermination des besoins en eau (décade), le nombre d'heures de pompage par jour (N) dépasse le nombre d'heure hors pointe dans la journée (supérieur à 19 heures pour le Sénégal, jusqu'à 24 heures), il est alors considéré que les pompages se feront en heure de pointe pendant les jours de cette période.

Le nombre de jour N_{jp} de pompage pour une période de détermination des besoins en eau⁸ se calcule par :

$$N_{jp} = \frac{\text{Besoins en eau (m}^3\text{)}}{\text{débit pompes (m}^3\text{)} * 86400}$$

L'énergie utilisée en période de pointe sera alors $P * N_{jp} * (24 - H_p) / 1000$ en KWh. L'énergie utilisée en période hors pointe sera alors $P * N_{jp} * H_p / 1000$ en KWh, les heures de pointes seront paramétrables ($H_p = 19$ pour le Sénégal).

Le nombre de pompes, leurs natures, leurs caractéristiques dépend de chaque station de pompage, et donc de chaque périmètre. La station contient des équipements qu'il faut renouveler au bout d'une certaine durée de vie. Cet amortissement est pris en compte dans le calcul de la redevance. En général, c'est le nombre total d'heures de fonctionnement de chaque pompe qui en détermine la durée de vie. Le coût de l'amortissement est le rapport du prix d'achat au nombre d'heures de fonctionnement. Dans chaque station, il y a des salariés (pompistes) qui sont payés pendant la campagne d'irrigation ou en permanence. Chaque station fait annuellement un entretien qui entre en ligne de compte dans la redevance.

- Caractéristiques du réseau d'irrigation

Pour un périmètre, il y a un nombre donné de canaux primaires, secondaires, tertiaires ou quaternaires. Chaque canal a sa propre longueur. Les canaux doivent être entretenus à chaque début de campagne. Cet entretien a un coût qui est directement lié à leur longueur et à leur ordre (primaire, secondaire, etc.). Les coûts qui sont pris en considération dans ce programme sont le faucardage, le curage et la recharge des cavaliers. Chaque type de canal a son coût spécifique, évalué par mètre linéaire.

⁸ Le programme ne calcule pas les besoins en eau. D'autres outils existent pour cela et, ils sont mis à profit ici.

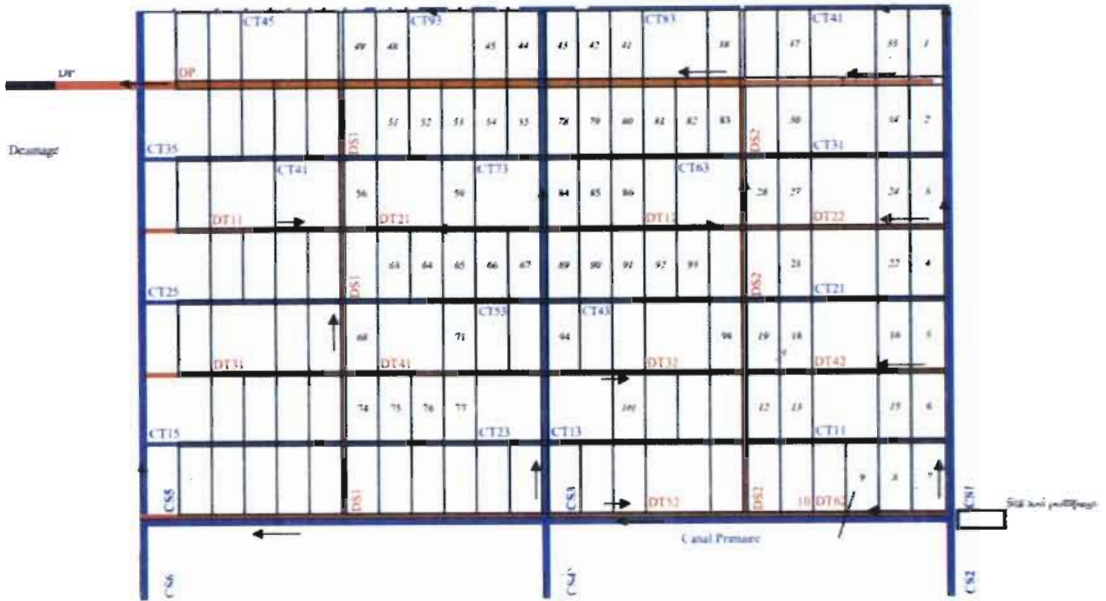


Figure 5. Schéma d'un aménagement

- Le réseau de drainage

Le réseau de drainage est identique et symétrique au réseau d'irrigation. Il doit être entretenu comme le réseau d'irrigation en début de campagne.

- Les ouvrages ponctuels

Pour faire passer l'eau d'un canal à un autre, d'un arroseur à une parcelle, d'une parcelle à un drain, il faut un ouvrage (vanne, prise ou simple muret déversant) qui le plus souvent est en béton. Leurs nombres et leurs natures dépendent de chaque périmètre. Ces ouvrages doivent être entretenus régulièrement. Dans la version actuelle du programme, l'entretien en génie civil des ouvrages n'est pas pris en compte.

- Les pistes d'accès

Leurs caractéristiques dépendent de chaque périmètre. En général c'est la longueur de piste à utiliser pour chaque campagne qui est importante dans les interventions d'entretien. L'ensemble des canaux d'irrigation et de drainage et les pistes constituent des ouvrages linéaires dont l'entretien est fonction de la longueur : le curage des canaux, le faucardage des canaux, la recharge de canaux ou de pistes et la réfection d'ouvrages ponctuels.

- Les parcelles

Ce sont les unités d'arrosage qui sont alimentées par des prises. Ces parcelles sont attribuées aux exploitants qui peuvent avoir la jouissance de plusieurs parcelles. La redevance est facturée au prorata de la superficie cultivée dans chaque parcelle et pour chaque exploitant. Les parcelles sont emblavées avec des cultures auxquelles il faut apporter l'eau. Les besoins en eau sont fonction de la culture et de leur date de semis. Dans la version actuelle du programme, seule la culture de riz est prise en considération. Il existe des programmes⁹ qui permettent de déterminer les besoins en eau des différentes variétés de riz semées à des dates différentes. Ces éléments d'informations sont intégrés comme base de données dans le programme. Il est prévu la possibilité d'intégrer au programme des tables de données de besoins en eau par date de semis et par variété. Ce sont ces volumes d'eau qui devront être pompés par la station de pompage et acheminés jusqu'aux parcelles par le réseau d'irrigation.

Chaque parcelle dépend d'un canal arroseur, d'un canal tertiaire, d'un canal secondaire et du primaire. Le canal arroseur est considéré dans son intégralité pour le calcul des charges d'entretien. L'arroseur se trouve sur un tronçon d'un canal tertiaire ou secondaire ou primaire. Le canal tertiaire se trouve sur un tronçon de canal secondaire ou primaire et le secondaire se trouve sur un tronçon de canal primaire. L'ensemble des tronçons dont la longueur est prise en considération, représente ceux qui devront être obligatoirement en eau pour arroser toutes les parcelles à cultiver (et uniquement ceux là). L'ensemble des parcelles à cultiver permet donc de déterminer l'ensemble des tronçons et donc la longueur totale de canaux qui sont en eau et qui doivent faire l'objet d'entretien. Un raisonnement analogue est fait pour les canaux de drainage afin de déterminer la partie du réseau de drainage qui fonctionnera et les longueurs à entretenir.

- Montant de la redevance hydraulique

Le montant de la redevance hydraulique est la somme des coûts : du pompage pour fournir les besoins en eau, de l'entretien de la station de pompage, de l'entretien des canaux du réseau et de pistes qui sont en eau, des salaires ou autres cotisations et du renouvellement des équipements de pompage.

- Charges d'exploitations agricoles

Pour fournir la production désirée, la parcelle agricole, en plus de l'eau dont on vient de décrire comment évaluer le coût, a besoin de certains intrants et amendements. Ces intrants ou amendements sont souvent déterminés par unité de surface cultivée à l'hectare et des valeurs par défaut sont proposées aux utilisateurs qui ont la possibilité de les modifier : le travail du sol pour la riziculture ; les semences dont la quantité est fonction de la dose en kg à l'hectare ; la fumure de fonds ; le désherbage ; la fumure azotée ; la récolte ; et le battage.

- Les tables de données

Le programme est développé sous Access 2000, (compatible avec Access 97) autour d'une base de données relationnelles. Cette base de données est conçue à partir des tables suivantes qui contiennent l'ensemble des informations décrites dans les paragraphes précédents.

⁹ BIRIZ pour la vallée du Fleuve Sénégal, CROPWAT, CRIWAR , etc

Table n°1. Fiche signalétique du périmètre

Titre colonne	Type	Longueur	Valeurs numériques admises
Nom du périmètre	Caractère	20	
Surface Totale équipé (ha)	Numérique	3,2	1-10000
Situation Géographique	Caractère	15	
Nom du président	Caractère	20	
Année de réalisation	Numérique	4	avant l'année de traitement
Coût de réalisation	Numérique	10	
Salariés hors station pompage	Numérique	2	

Table n°2. Station de pompage

Titre colonne	Type	Longueur	Valeurs numériques admises
Débit d'équipement (m ³ /s)	Numérique	2,2	>0, jusqu'au maximum 30m ³ /s
Hauteur totale de relèvement de l'eau	Numérique	2,2	jusqu'à 10 m
Type de station	Caractère	10	Electrique, thermique
Rendement	Numérique	1,2	de 0.4 à 0.95
Nombre de pompiste	Numérique	1	de 1 à 5
Année de réalisation	Numérique	4	avant l'année de traitement
Coût de réalisation	Numérique	10	
Durée d'amortissement	Numérique	5	de l'ordre de 10 000 à 20 000 heures

Table n°3. Parcelles

Titre colonne	Type	Longueur	Valeurs numériques admises
n° Parcelle	Alphanumérique	5	
Superficie ha	Numérique	2,2	>0,1 <5
n° arroseur	Alphanumérique	5	
n° tronçon canal tertiaire	Alphanumérique	5	
n° tronçon canal secondaire	Alphanumérique	5	
n° tronçon canal primaire	Alphanumérique	5	
n° drain de parcelle	Alphanumérique	5	
n° tronçon drain tertiaire	Alphanumérique	5	
n° Tronçon de drain secondaire	Alphanumérique	5	
n° Tronçon de drain primaire	Alphanumérique	5	
n° tronçon piste secondaire	Alphanumérique	5	
n° tronçon piste principale	Alphanumérique	5	

Table n°4. Tronçon canaux ou pistes

Titre colonne	Type	Longueur	Valeurs admises
n° Tronçon	Alphanumérique		
Longueur (m)	Numérique	3,2	de 10 à 10000 m
Type de tronçon	Alphanumérique	1	I (irrigation), D (drainage), P (piste)

Table n°5. Besoins en eau

Titre colonne	Type	Longueur	Valeurs admises
Décade	Caractère	4	Jan1, Jan2, Jan3, Fév1, Fév2, Fév3, Mar1, ...Déc3
Nombre de jours de la décade	Entier	2	
Besoin en eau en m3/ha (année sèche)	Numérique	4	
Besoin en eau en m3/ha (année moyenne)	Numérique	4	
Besoin en eau en m3/ha (année humide)	Numérique	4	

Table n°6. Coûts unitaires en francs

Titre colonne	Type
Energie électrique (kWh) en pointe	Numérique
Energie électrique (kWh) hors pointe	Numérique
Carburant (litre)	Numérique
Lubrifiant (litre)	Numérique
Entretien de la station pompage (heure)	Numérique
Travail du sol (heure)	Numérique
Semence (kg)	Numérique
Herbicide (kg)	Numérique
Herbicide (litre)	Numérique
Produit phytosanitaire (litre)	
Produit phytosanitaire (kg)	
Urée (tonne)	Numérique
Engrais de fond (tonne)	Numérique
Récolte (ha)	Numérique
Battage (ha)	Numérique
Recharge canal primaire (m)	Numérique
Recharge canal secondaire (m)	Numérique
Recharge canal tertiaire (m)	Numérique
Curage canal primaire(m)	Numérique
Curage canal secondaire (m)	Numérique
Curage canal tertiaire (m)	Numérique
Curage Drain principal (m)	Numérique
Curage drain secondaire (m)	Numérique
Curage drain tertiaire (m)	Numérique
Curage arroseur (m)	Numérique
Curage Drain de parcelle (m)	Numérique
Recharge arroseur (m)	Numérique
Désherbage canal primaire (m)	Numérique
Désherbage canal secondaire (m)	Numérique
Désherbage canal tertiaire (m)	Numérique
Désherbage drain principal (m)	Numérique
Désherbage drain secondaire (m)	Numérique
Désherbage drain tertiaire (m)	Numérique
Recharge piste principal (m)	Numérique
Recharge piste secondaire (m)	Numérique

Table n°7. Quantités des intrants agricoles

Titre colonne	Type
Durée travail du sol à l'hectare	Numérique
Quantité d'urée (tonne/hectare)	Numérique
Quantité de fumure de fonds (tonne/ha)	Numérique
Quantité herbicide (kg/ha ou litre/ha)	Numérique
Quantité produit phytosanitaire (kg/ha ou l/ha)	Numérique
Quantité de semence (kg/ha)	Numérique
Durée de battage (heure/ha)	Numérique
Durée de récolte (heure/ha)	Numérique

Résultats et discussions. L'outil sera testé pendant la campagne de contre saison chaude 2000 sur quelques périmètres afin d'aider les Organisations Paysannes à décider de leur assolement.

OUTILS D'AIDE A LA PLANIFICATION DE CAMPAGNE

Le suivi de la mise en valeur agricole par le gestionnaire du périmètre est essentiellement basé sur la comparaison entre, d'une part, le programme et le calendrier prévisionnel de mise en valeur et, d'autre part, le programme et le calendrier des réalisations sur le terrain. Le calendrier prévisionnel permet la représentation chronologique des différentes opérations culturales normalement ou traditionnellement prévues par la collectivité des producteurs. Le programme prévisionnel de mise en valeur estime essentiellement la progression des surfaces mises en culture en fonction de la période d'implantation retenue par la collectivité et en fonction du rythme possible de cette implantation (capacité de travail, équipement...).

- **Méthodologie**

L'établissement du calendrier cultural et du programme prévisionnel de mise en valeur est réalisé en fonction des hypothèses de base définies au préalable par la collectivité des producteurs et à partir de la durée de l'opération culturale la plus contraignante. Le suivi des travaux réalisés sur le périmètre, en termes de date de début et de fin de réalisation pour les opérations importantes et d'évolution des surfaces réalisées, permet d'actualiser au fur et à mesure le calendrier et le programme.

Concernant la riziculture, les hypothèses de base constituant les données d'entrées pour l'établissement du calendrier et du programme sont entre autres : le type d'implantation de la culture (semis direct ou repiquage) ; la pratique éventuelle d'une pré-irrigation suivi d'un ressuyage pour le contrôle de l'enherbement et l'amélioration de la qualité de la préparation du sol ; la durée minimale à l'échelle de l'aménagement, des opérations de préparation du sol, de mise en eau (pour la pré-irrigation ou l'implantation), de repiquage (si c'est le mode d'implantation choisi), et enfin de la récolte (battage non pris en compte).

L'établissement du calendrier cultural prévisionnel découle des principes suivants : les interventions culturales doivent être réalisées sur chaque parcelle à une date adéquate vis-à-vis de l'état du sol (état de ressuyage après une pré-irrigation), ou de la culture (désherbage post-levée, repiquage, apports d'engrais, récolte) ; c'est le chantier dont la durée est la plus importante qui dicte la durée des autres chantiers, notamment le semis ; les opérations sont effectuées sur la totalité des surfaces au même rythme.

Dans le cas d'une «vraie» double culture (2 cycles sur la même parcelle), on peut analyser les conséquences des hypothèses de base faites pour le premier cycle sur les possibilités de réalisation d'un second cycle. En effet, la date prévue pour la fin des récoltes du premier cycle devra être nécessairement plus précoce que la date limite de semis du second cycle. Cette analyse peut déboucher sur une révision des hypothèses de base pour le premier cycle en terme de variété et date de semis, de surface mise en valeur et d'organisation des chantiers en vue d'une réduction de leur durée.

En cas de conduite de plusieurs cycles sur parcelles distinctes, on peut analyser la superposition des programmes prévisionnels, en s'intéressant notamment aux concurrences entre travaux (la récolte d'un cycle est-elle envisageable pendant la période de mise en place d'une autre culture ?).

Le gestionnaire du périmètre est, pendant la campagne, chargé du suivi hebdomadaire des réalisations sur le périmètre des 4 ou 5 principales opérations culturales, à savoir : la mise en eau des parcelles, l'implantation du riz, le désherbage, la fertilisation et la récolte.

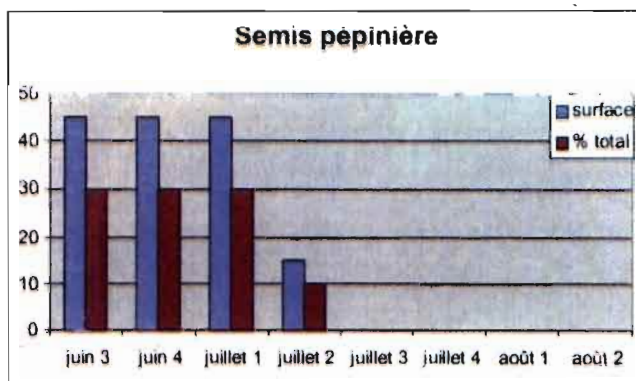


Figure 6.

Pour chacune de ces opérations, le gestionnaire établit un histogramme des surfaces réalisées chaque semaine, au total et en pourcentage de la surface totale cultivée. Le suivi des surfaces implantées est important pour le gestionnaire car il lui permet d'estimer le montant de la redevance et de la recette escomptée. La récolte est une opération importante car elle détermine la date de l'encaissement possible de la redevance et le calage du second cycle de culture. Les opérations culturales telles que l'épandage des engrais, le désherbage et l'enregistrement des rendements... sont suivies par le gestionnaire sur la base d'un échantillonnage d'exploitations (10%). Sur cet échantillon, les différents itinéraires techniques pratiqués sont suivis quantitativement et qualitativement.

Sur cet échantillon, le gestionnaire peut suivre et analyser en fin de campagne les relations entre les itinéraires techniques, les coûts de production et les rendements. Cette analyse est restituée à l'occasion d'une assemblée générale et sert de base au conseil agricole. Elle permet de contrôler le rythme de réalisation du repiquage et de déceler un retard sur les récoltes et donc un retard sur l'arrêt de l'irrigation. Le retard sur le repiquage se traduit également par une baisse de rendement. La mise en eau et l'implantation sont des opérations importantes car elles conditionnent la période d'irrigation et la date fin de la campagne d'irrigation.

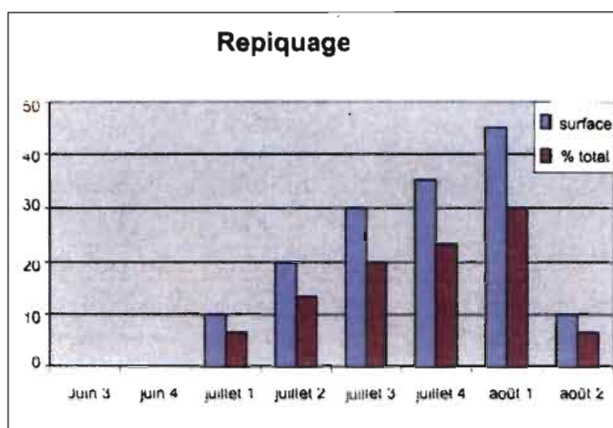


Figure 7.

Résultats et discussions. Le résultat est un calendrier cultural dressé pour l'ensemble de l'aménagement. Ce calendrier établi à partir des dates de semis, un planning de toutes les tâches à exécuter jusqu'à la récolte.

```

Caracteristiques
Implantation : SEMIS DIRECT
Pré-irrigation (O/N) : OUI  DéREPIQUAGE  uissage : 0 jours
-----
Durée des chantiers (en jours)
Préparation du sol : 0
Mise en eau : 0
Repiquage : 0
Récolte : 0

Prévisions et Simulation
Début des semis : 01/01
Variété 1 :
Variété 2 :
Fichier météo :
  
```

Figure 8. Ecran après lancement de CalCul

Le programme évolue actuellement vers une version écrite en C++, qui fonctionne sous Windows.

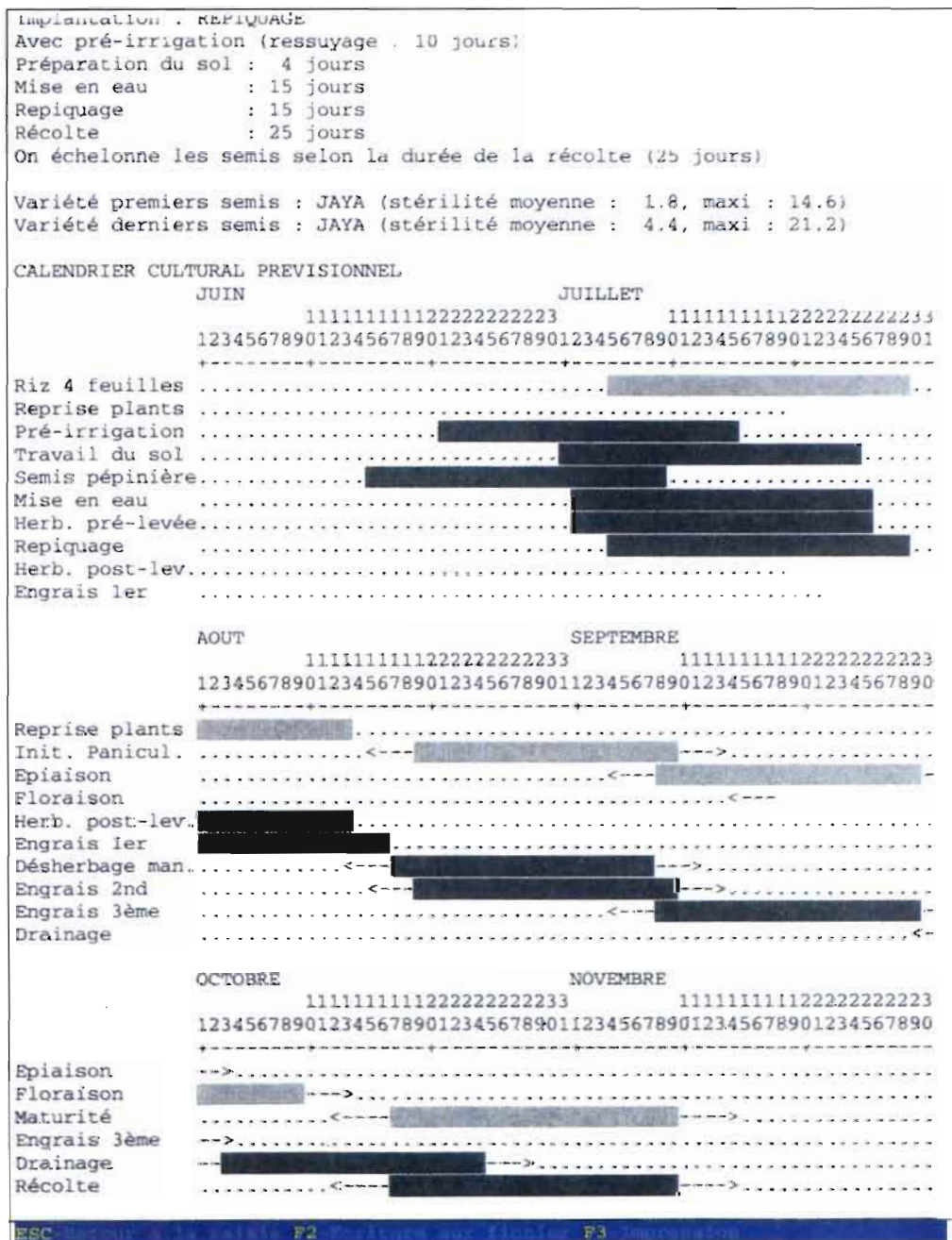


Figure 9. Exemple de Calendrier Cultural Prévisionnel

OUTILS D'AIDE AU SUIVI FINANCIER

L'objectif poursuivi est de mettre à la disposition du gestionnaire un outil simple et performant de gestion de l'entreprise que constitue « l'aménagement et ses extensions possibles de production, de transformation et de commercialisation ».

Cet outil de gestion s'appuie sur un système d'information qui est le prolongement de celui mis au point pour la gestion hydraulique et le suivi agricole du périmètre. Ce système d'information n'est pas à construire *ex nihilo*, il est basé sur le système formel ou informel existant et il prend en compte la collecte des informations aux différents niveaux de gestion (Organisation paysanne, producteurs...).

L'objectif de ASPIC est de permettre aux gestionnaires et responsables de chaque périmètre de savoir où ils en sont avec leurs activités, d'évaluer ce qui a été fait et de prendre leur décision en connaissance de cause. Ainsi, ASPIC renseigne les gestionnaires des périmètres irrigués sur la gestion hydraulique (suivi des consommations en eau, suivi des opérations de maintenance) et financière (suivi des dépenses, calcul de la redevance, suivi des recouvrements de la redevance, état des impayés). Sont également renseignés, le suivi des stocks, la commercialisation des productions (et leur éventuelle transformation) et le suivi des crédits internes. Quelques données sont également collectées sur la mise en œuvre (surfaces par culture, dates de mise en eau et semis). La collecte est assurée par les gestionnaires des périmètres puis traitées grâce à l'outil ASPIC par un prestataire de service ou un centre de gestion.

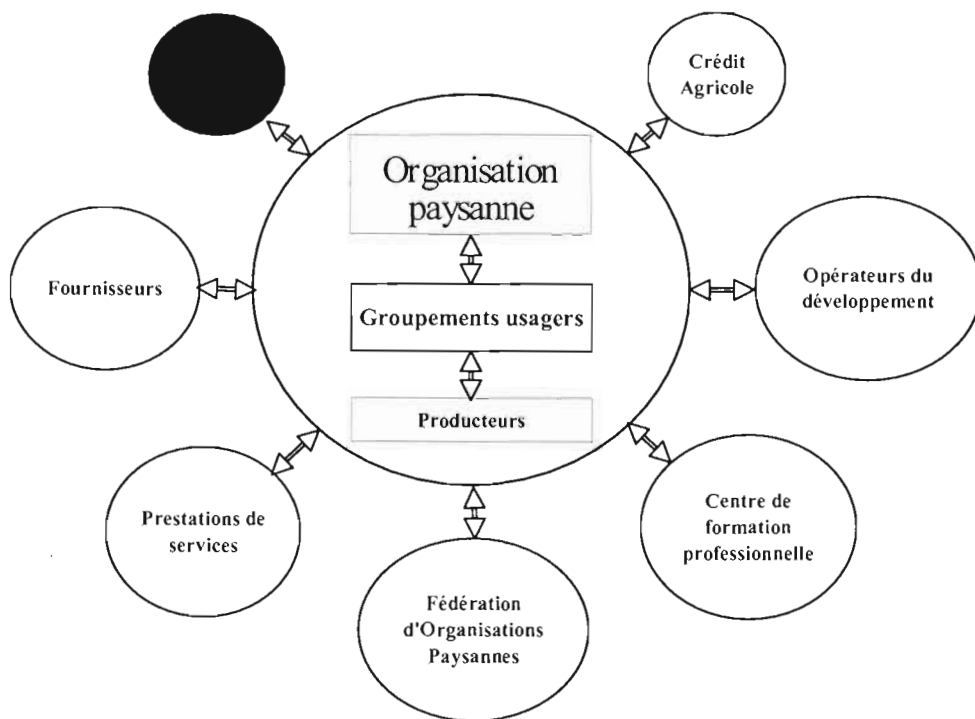


Figure 10.

Méthodologie. La démarche générale de l'élaboration de l'outil, au Sénégal est la suivante :

- Etude exhaustive de chacune de trois unions hydrauliques choisi dans le Delta du fleuve Sénégal (Boundoum, Pont gendarme, Thiagar) grâce à des fiches d'enquêtes qui permettent relativement de reconstituer le circuit d'information, les différents acteurs et les supports intervenant dans ces circuits.
- Saisie des données collectées et analyse du système d'information sur l'ensemble des trois périmètres.
- Réalisation du diagnostic sur le fonctionnement du système d'information par rapport aux objectifs assignés à la gestion de l'information et aux fonctions que cette gestion doit assurer.
- Elaboration d'un modèle conceptuel de données qui permet de développer les modules de l'outil.

Le programme ASPIC qui utilise l'environnement Microsoft ACCESS 97 comme système de base de données relationnelles a été représenté selon le schéma conceptuel de Merise puis modélisé par le logiciel Win Design. Dans sa conception, l'outil se veut une base de données structurée intégrant à la fois la gestion hydraulique, la gestion financière, la gestion des stocks et la caractérisation du réseau depuis la station de pompage jusqu'aux mailles hydrauliques.

Résultat. ASPIC permet aux gestionnaires des périmètres irrigués d'améliorer leur système de gestion. Actuellement, l'outil est en phase d'expérimentation et des modules telles que la gestion des stocks, les unités d'exploitation et de maintenance, la caractérisation du réseau entre autres restent encore à développer. Il a été testé dans les périmètres de Pont Gendarme et de Boundoum sur le recouvrement de la redevance hydraulique dont nous présentons ici le formulaire de sortie.

Figure 11. Exemple d'écran de présentation du module recouvrement de la redevance

CONCLUSION

La réticence des bailleurs de fonds pour réaliser de nouveaux aménagements hydro-agricoles de même que la durabilité des aménagements existants passent par une amélioration sensible des performances de la gestion technique et sociale de ces aménagements. Dans le cadre des nouvelles politiques de désengagement de l'Etat et de libéralisation des filières de production agricoles, les organisations paysannes ont été récemment responsabilisées dans la gestion des aménagements et dans la commercialisation des productions.

Peu ou pas préparées au transfert de ces responsabilités de gestion, les gestionnaires issus des organisations paysannes n'ont pas la formation technique et administrative pour assurer une gestion rationnelle des aménagements. Sans crédibilité technique et sans réel pouvoir, ils sont désarmés pour soutenir une discussion et une négociation et encore plus pour imposer un scénario de gestion qui soit contraignant pour les producteurs, la gestion obéit alors le plus souvent aux règles traditionnelles de la communauté.

L'amélioration des performances des aménagements passe par une professionnalisation de la gestion et par la mise en œuvre d'outils d'aide à la décision qui permettent d'établir une discussion et une négociation sur les scénarios possibles de gestion entre le gestionnaire et les producteurs avant la décision d'un choix consensuel. Au niveau de la gestion hydraulique un outil a été défini pour fixer les conditions de la mise en œuvre de l'irrigation et en mesurer les impacts sur le montant de la redevance. Le suivi des opérations agricoles importantes qui conditionnent le calendrier agricole et la production est également possible sur le plan quantitatif et qualitatif. Enfin, les outils d'aide à la gestion comptable et financière de l'aménagement mais aussi de l'organisation paysanne elle-même sont également disponibles.

Ces outils demandent à être validés. Ils ne sont pas encore directement utilisables par les gestionnaires actuels des aménagements. En plus de la mise en œuvre de ces outils, la professionnalisation de la gestion passera entre autre, par l'émergence de «cellules de prestation de services» qui contractuellement pourront assurer, pour le compte des organisations paysannes, la gestion hydraulique, le suivi agricole des périmètres et la gestion comptable des organisations paysannes. Ces cellules de prestation de services, de droit privé, permettront la création d'emplois pour de jeunes diplômés ou pour la reconversion des agents des sociétés régionales d'aménagement et des structures publiques d'encadrement du monde rural. Cette professionnalisation passera également par une campagne de formation des gestionnaires actuels et futurs à l'utilisation de ces nouveaux outils d'aide à la gestion.

BIBLIOGRAPHIE

Diop P. et W. Daré, 1998. Le transfert des aménagements hydro-agricoles de la vallée du fleuve Sénégal a-t-il été bien préparé ? *In* Gestion technique - Organisation sociale et foncière de l'irrigation. Niamey 1997. Edition CORAF. ISSN 0851-296.

Dial P.Y., M. Passouant et O. Bruel, 1998. ASPIC : Un outil d'aide à la gestion de l'information sur les périmètres irrigués collectifs. Communication au séminaire « L'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le monde ». CEMAGREF-IRD-SFER. Montpellier.

Legal P.Y. et M. Passouant, 1999. Améliorer le fonctionnement des périmètres irrigués collectifs à travers leur système d'information : exemple de la maintenance sur deux cas ouest-africains ». Communication au séminaire de synthèse des résultats du PSI-CORAF « Pour un développement durable de l'agriculture irriguée », Dakar, décembre 1999.

Legoupil J.C. et B. Lidon B., 1998. La gestion technique et l'organisation sociale et foncière de l'irrigation. *In* Gestion technique - Organisation sociale et foncière de l'irrigation. Niamey 1997. Edition CORAF. ISSN 0851-296.

Legoupil J.C., B. Lidon et M. Wade. Appui institutionnel aux organisations paysannes. Développement d'un outil d'aide à la gestion des aménagements hydro-agricoles. n° 1 (1997), n°2 (1998), n°3 (1999). Coordination régionale PSI-CORAF Dakar.

Legoupil J.C. et B. Lidon, 1999. Le PSI : Une recherche en accompagnement à la professionnalisation de la gestion paysanne des aménagements hydro-agricoles. Communication au séminaire de synthèse des résultats du PSI-CORAF « Pour un développement durable de l'agriculture irriguée », Dakar, décembre 1999.

Poussin J.C., 1999. Un outil pour construire un calendrier prévisionnel du riz irrigué au Sahel. Communication au séminaire de synthèse des résultats du PSI-CORAF « Pour un développement durable de l'agriculture irriguée », Dakar, décembre 1999.

Sarr H., 1999. Le transfert aux organisations paysannes de la gestion et de l'entretien des aménagements hydro-agricoles : l'expérience de la SAED dans la région de Podor, vallée du fleuve Sénégal. Communication au séminaire de synthèse des résultats du PSI-CORAF « Pour un développement durable de l'agriculture irriguée », Dakar, décembre 99.

Wade M., S.M. Seck et M. Kane, 1999. La gestion des aménagements transférés du delta du fleuve Sénégal ». Communication au séminaire de synthèse des résultats du PSI-CORAF « Pour un développement durable de l'agriculture irriguée », Dakar, décembre 1999.



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/CORAF)

JC.Legoupil, C.Dancette, P.Godon, IM.Maïga et KM.Ndiaye



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/CORAF)

Editeurs

JC.Legoupil

C.Dancette, P.Godon, IM.Maïga et KM.Ndiaye

avec la collaboration de N. Dupuy pour l'édition scientifique

© PSI/WECARD-CORAF
Tous droits de traduction et de reproduction réservés
Crédit photographique : PSI/WECARD-CORAF
Edition WECARD-CORAF, juin 2000
ISSN 0851-0296