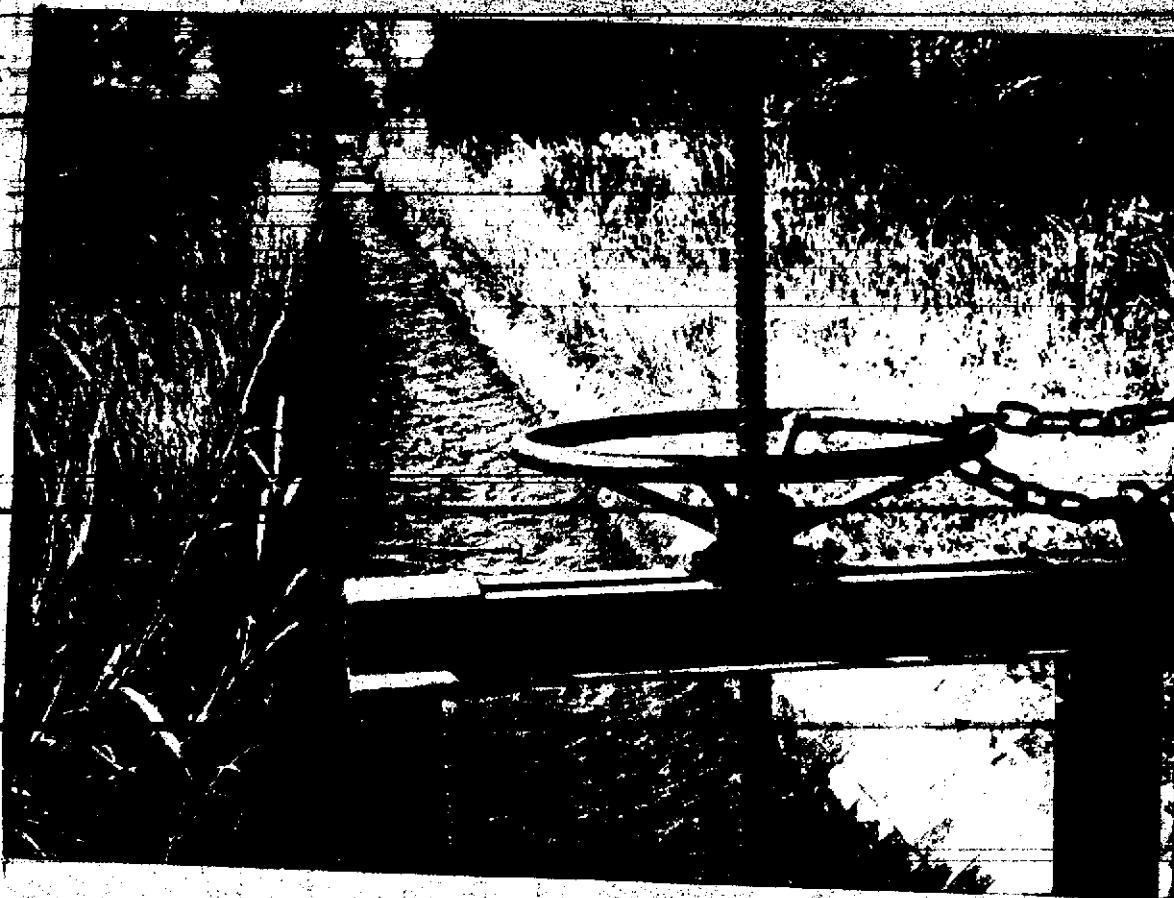


REPUBLIC FRANCAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
ECOLE NATIONALE DES INGENIEURS DES TRAVAUX RURAUX
ET DES TECHNIQUES SANITAIRES

DDC 3613
M1454

LES PRISSES DE DÉCISION
AU COURS D'UN PROJET
D'AMÉNAGEMENT HYDROAGRICOLE



Recherche du choix optimal
à chaque étape de la conception

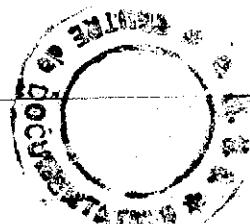
MEMOIRE DE TROISIEME ANNEE

de M. Mouhamet Fadel NDAW

effectué à la
COMPAGNIE D'AMÉNAGEMENT DES CÔTEAUX DE GASCOGNE
Société membre du GERSAR . 4 rue GALILEE 75116 PARIS

11454

RESUME



Cette étude a permis de mettre l'accent sur les éléments de prise de décision que l'on peut considérer lors d'une étude de projet d'aménagement hydroagricole.

Un tel projet se divise en plusieurs étapes ayant chacune un objectif donné.

La première étape constituée par le schéma directeur d'aménagement a pour but de proposer un schéma de développement agricole à l'échelle de toute une zone naturelle préalablement identifiée comme susceptible d'offrir des potentialités insuffisamment exploitées. Ce schéma prend en compte la situation actuelle (état des infrastructures existantes s'il y a lieu, organisation actuelle, etc...), les contraintes physiques (aptitude des terres, ressources en eau disponibles, pluviométrie, évapotranspiration) et humaines du milieu (démographie, accueil de l'irrigation) pour proposer un assotement donné dans le cadre d'une structure foncière qui puisse permettre d'atteindre les objectifs de production ou de rentabilité impartis au projet.

Le deuxième stade de l'étude (étude de factibilité) se situe à l'échelle d'un périmètre donné, et permet d'envisager les solutions techniques d'aménagement possibles du périmètre en fonction des contraintes liées à sa morphologie et aux caractéristiques de ses ressources propres ; la meilleure solution fera l'objet d'un avant-projet sommaire (définition des normes d'aménagement et conception du canevas hydraulique...) ainsi que d'une évaluation économique et financière à l'issue de laquelle la décision de réaliser ou non le projet sera prise.

Dans le cas où le projet est considéré comme "rentable", une troisième phase (Avant-projet détaillé) permet de préciser la configuration technique du périmètre avant de mettre en exécution ce projet.

Sur le plan de la décision, c'est la problématique suivante qui se pose de façon sensiblement différente selon les interlocuteurs et les stades de l'étude ; comment combiner de façon optimale les ressources humaines (importance et compétences) et physiques (eaux, sols, capitaux...) disponibles par l'intermédiaire d'une "technologie" appropriée pour atteindre un (ou plusieurs) objectifs qui peuvent concerner, à divers titres et degrés, l'ensemble des acteurs de la vie économique (état, région, agriculteurs, financier, etc...)?

Face à la multiplicité de ces objectifs, il est nécessaire de procéder à une analyse afin d'éclairer les choix des décideurs. Ceux-là ont une portée de moins en moins importante en allant du schéma directeur à l'avant-projet détaillé, et sont du ressort de niveaux décisionnels de plus en plus proches du terrain. Le choix d'un schéma de développement à l'échelle de toute une région engageant les orientations des étapes suivantes requiert le recours à une méthode d'analyse dite multicritère.

Cette analyse qui peut se conduire de différentes manières (Electre, Fonction d'utilité, critères éliminatoires), permet d'effectuer un choix espéré optimal (en fonction des critères retenus par le décideur) parmi l'ensemble des schémas induits par la combinaison de plusieurs possibilités d'assoulement, de structures foncières, de nature et du mode de mobilisation des ressources.... Chaque méthode présente un intérêt particulier et des limites d'application.

Lors des études préalables à l'exécution proprement dite, les principales décisions dépendent plus simplement des résultats d'une analyse d'optimisation des coûts ou des alternatives de choix entre plusieurs solutions techniques d'aménagement ou plusieurs ouvrages.

L'étude de quelques exemples concrets a permis de situer l'importance du choix d'un taux d'actualisation dans le cadre d'une comparaison par les coûts actualisés et l'incidence que peuvent avoir les critères qualitatifs (facilité de gestion du périmètre, conservation des performances des ouvrages) dans la décision.

Quand les choix techniques optimaux ont été effectués lors des études préalables, il reste à prendre une série de décisions concernant notamment le mode de tarification retenu, l'opportunité de la réalisation du projet et le meilleur système de gestion du projet. On distingue deux types d'évaluation :

- Une évaluation financière basée sur les flux financiers réels est menée au niveau des principaux agents économiques (famille d'agriculteurs type, organisme de gestion, ensemble du projet) afin de déterminer l'impact financier du projet sur chacun d'eux. Le choix d'un mode de tarification (tarification socio-politique, au coût moyen, au coût marginal) pose des difficultés liées à la nécessité de concilier à la fois la recherche de la motivation des paysans et de l'équilibrage du compte d'exploitation de l'organisme de gestion.

L'analyse financière de l'ensemble du projet permet de se prononcer sur ses conditions de financement et d'équilibre jugées, en particulier, par le critère du taux interne de rentabilité financier. L'exemple étudié a permis de relativiser la portée réelle de ce critère dans le cas des projets d'aménagement hydroagricoles qui se caractérisent par une forte auto-consommation de la production.

- Une évaluation économique ayant pour but de juger de la rentabilité réelle du projet pour la collectivité et de l'opportunité de le réaliser. La prise de décision peut être plus ou moins éclairée ou faussée suivant la méthode choisie parmi les deux principales existantes (méthode des prix de référence, méthode des effets) basées sur des approches différentes.

L'application de la méthode des prix de référence fondée sur la modification des prix du marché local par le recours aux prix internationaux et au coût d'opportunité de la main-d'oeuvre débouche sur un critère global (taux interne de rentabilité économique) dont l'interprétation, en vue d'une décision, ne peut se faire qu'en parfaite connaissance des hypothèses de calcul retenues a priori, et surtout par comparaison à d'autres projets d'investissement.

La méthode des effets, d'application plus difficile, donne cependant une batterie d'indicateurs économiques (valeur ajoutée supplémentaire, répartition des revenus entre, d'une part, l'intérieur et l'extérieur du pays et entre les agents intérieurs, d'autre part) qui peuvent plus facilement orienter une prise de décision dans le cadre d'une politique de planification ayant affirmé ses propres priorités.

La clarification des objectifs de chaque étape de l'étude du projet ainsi que l'analyse concrète des critères de prise de décision seront utiles à l'ingénieur pour mieux situer son action et ses limites dans le processus d'élaboration du projet et pour avoir les éléments qui lui permettront de prendre ou de faciliter une décision au stade où il intervient.

SUMMARY

This statement tries to investigate the factors of decisions during the project studies dealing with irrigation appointments.

These appointments studies can be divided in several stages which have each a proper objective.

The first is the Guiding Schema of Appointments which have to propose one schema of development including the whole natural area.

The second stage (Feasibility study) concerns a particular Perimeter and has two objectives :

- to consider all technical solutions in order to fit up the Perimeter, one of them will be choosen and will be the basis of the hydraulic skeleton-map drawing,
- to value the financial and economic consequences of the Project for the different protagonists (Farmers, Region, State Autorities, Financiers, etc...).

When the Project is considered as "profitable" after this analysis, a third stage allows to precise the technical characteristics of the Perimeter before the execution of the Project. During all these stages, a certain number of decisions based on technical and economic factors are taken.

This statement has permitted with concrete examples to show the importance and limits of these factors ; they can be separated in two categories :

- Those used to compare several solutions or equipments : Actualization rate, Capital Coefficient, Qualitative factors (easiness of the management, performances and so on...),
- Those used to decide a mode of tariffing the irrigation water or to have an idea of the Project profitability : Intern Rate of Profitability, Income per head, etc...,

This part contains also a comparative analysis of the two economic appraisal methods : Method of shadow prices, method by effects.

This memory will permit the engineer to situate his action in the Conception Process of Project and to make up his mind when he will have a choice to do in a particular stage of appointments studies.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS EMPLOYES

- APD : Avant-Projet Détailé
- APS : Avant-Projet Sommaire
- CACG : Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne
- ELECTRE : Elimination Et Choix Traduisant la Réalité.
- GERSAR : Groupement d'Etudes et de Réalisation des Sociétés d'Aménagement Régional
- OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique
- PIV : Périmètre Irrigué Villageois
- SAED : Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta
- TIR : Taux Interne de Rentabilité
- UNE : Unité Naturelle d'Equipement

SOMMAIRE

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	
<u>I - LES PRINCIPAUX STADES D'UNE ETUDE D'AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE - PROBLEMES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES RENCONTRES</u>	3
11 - Objectifs impartis	3
12 - Notions d'échelle et de précision	4
121 - Précision dans les données de base et les techniques mises en oeuvre	4
122 - Précision dans les estimations des coûts	5
13 - Le schéma directeur d'aménagement	6
131 - Bilan de la situation actuelle	6
132 - Les données de base	7
133 - Les principes d'aménagement	8
134 - Normes agronomiques	8
135 - Normes d'aménagement	9
136 - Schémas et scénarios d'aménagement	10
14 - L'étude de factibilité	11
141 - L'avant-projet sommaire	11
142 - L'évaluation économique	13
15 - L'avant-projet détaillé	15

II - ANALYSE CRITIQUE DES METHODES DE PRISE DE DECISION TECHNICO-ECONOMIQUE

16

21 - L'analyse multicritère	16
211 - Méthodes d'analyse multicritère	17
212 - Application aux études d'aménagement	21
22 - Facteurs de comparaison technico-économiques parmi plusieurs variantes techniques	33
221 - Incidences du choix du taux d'actualisation	34
222 - Incidences des critères qualitatifs	41
223 - Optimisation des coûts d'aménagement : choix de la trame optimale	49
224 - Choix entre types d'ouvrages : critère de la qualité du service rendu	58
23 - Prise de décision en fonction des critères économiques et financiers de rentabilité	63
231 - Critères de choix d'une tarification	63
232 - Rentabilité financière du projet : T.I.R. financier - Choix d'un mode de financement	69
233 - Critères de rentabilité économique	81

BIBLIOGRAPHIE

100

INTRODUCTION

De l'idée initiale à la phase ultime de mise en œuvre d'un aménagement comprenant en particulier la réalisation d'équipements hydroagricoles, de nombreuses étapes marquent l'élaboration de la conception du Projet.

Chacune de ces étapes permet de mieux préciser les objectifs, les caractéristiques techniques envisageables, les coûts et les avantages des aménagements, et doit donner lieu à une série de choix de l'équipe responsable de la conduite du Projet.

Le présent mémoire se propose d'analyser les méthodes existantes et les pratiques en vigueur au sein d'un bureau d'études confronté à ces "difficultés de choix optimal à chacune des étapes de la conception".

Dans un premier temps, il convient de délimiter le champ de réflexion que nous allons essayer de présenter ici. A cette fin, deux butoirs ont paru assez significatifs pour présenter les limites à l'intérieur desquelles s'est inscrit le travail effectué à l'occasion du stage.

Le premier est lié à la nature même du sujet qui peut induire deux types d'approches. La première consistant à analyser, de façon concrète et critique les méthodes de prise de décision technico-économique à travers quelques exemples, a été préférée à celle qui conduirait à présenter le sujet sous une forme de manuel d'études des projets d'aménagement en général.

Le deuxième butoir dépend de l'identification d'un type donné de projet d'aménagement. En effet, les décisions pouvant intervenir dans l'étude d'un périmètre irrigué par gravité ou par aspersion sont basées sur des critères techniques et économiques de nature différente ; ce qui a nécessité de procéder à un choix entre ces deux types d'aménagement pour répondre à un souci de cohérence de l'analyse.

C'est pourquoi, le mémoire privilégie l'analyse des facteurs de prise de décision dans le cadre des projets d'aménagement hydroagricole dont le mode de desserte est constitué par un réseau d'irrigation gravitaire par canaux, ce qui est le plus communément retenu dans les pays africains.

A l'intérieur de ces deux limites, l'objectif du mémoire est donc de mettre en évidence les principaux critères de choix intervenant dans la prise de décision durant les différentes étapes du projet, et de les analyser de façon critique sous leur angle technico-économique.

La majeure partie des exemples illustrant l'étude ont été choisis parmi les avant-projets sommaires d'aménagement de la moyenne vallée du Fleuve SÉNÉGAL à l'élaboration desquels j'ai participé dans le cadre du stage. D'autres exemples ont été empruntés à des dossiers d'études préalablement traités par la CACG, notamment au projet d'aménagement de la plaine de Bugarama au RWANDA.

Un projet d'irrigation met en oeuvre des ressources rares (eau, capitaux, etc...) au profit des objectifs qui lui sont impartis.

Tout au long de l'étude du projet, plusieurs solutions peuvent être envisagées par le concepteur, chacune pouvant conduire à diverses conséquences techniques et économiques en réponse à ces objectifs. Il appartient au concepteur d'évaluer celles-ci et de les présenter clairement au décideur de manière à lui faciliter une prise de décision.

Les types de décision à prendre ainsi que leur importance varient suivant le stade de l'étude. C'est ce qui justifie le chapitre I du mémoire consacré à un rappel des étapes d'un projet d'aménagement hydroagricole.

Dans le chapitre II sont mis en relief et analysés les principaux éléments de choix intervenant dans ce type de projets ainsi que leurs intérêts et limites. Cette analyse s'appuie sur les cas concrets déjà cités.

Enfin, deux documents sont insérés en annexe :

- La synthèse du schéma directeur de la moyenne vallée du Fleuve SÉNÉGAL constitue l'annexe 1. Ce schéma a été établi en 1983 par le GERSAR, Groupement d'Etudes et de Réalisation des Sociétés d'Aménagement Régional dont fait partie la CACG pour ses interventions à l'Etranger,
- L'annexe 2 est représentée par l'Avant-Projet Sommaire du périmètre de N'DIOUM réalisé en 1983/1984 dans le cadre de mon stage à l'issue de ce schéma directeur.

Ces deux annexes regroupent certaines références dont il est fait mention, notamment dans le chapitre I.

CHAPITRE I

LES PRINCIPAUX STADES D'UNE ETUDE D'AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE
PROBLEMES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES RENCONTRES

Cette première partie du mémoire tente de recenser les différents stades d'un projet d'aménagement, d'en clarifier les buts et de dégager les principaux problèmes qu'ils posent aux divers intervenants (maître d'ouvrage, concepteur, financier, exploitant etc...). Les différentes parties abordées de façon générale dans ce chapitre seront revues de manière plus détaillée et plus concrète dans le chapitre suivant.

II - Objectifs impartis au projet

La définition de la façon la plus claire et la plus exhaustive possible de l'ensemble des objectifs impartis et leur classement par priorités constituent la première étape fondamentale de tout projet. Les projets d'aménagement hydroagricole, par leur nature même, sont destinés à améliorer les conditions économiques d'une région souvent défavorisée et possédant des potentialités à valoriser, et à contribuer à une amélioration de l'économie nationale. Il appartient donc aux autorités locales (gouvernement et ses représentations ou Société d'Etat) de définir des objectifs et de leur affecter un ordre de priorité. Souvent, le projet de développement d'une région ou sous-région s'intègre et s'harmonise dans le cadre d'une politique nationale définie à travers un plan. Ce dernier fixe le plus souvent les objectifs suivants à tout projet d'aménagement préalablement identifié :

- A l'échelle du paysan, il s'agit de garantir l'auto-suffisance alimentaire et de dégager si possible un revenu monétaire suffisant pour acquérir les biens de consommation nécessaires à sa famille,
- Au niveau national, on peut classer ces objectifs dans l'ordre suivant :
 - 1) Rétablir un équilibre souvent compromis entre une population rurale qui s'amenuise et un prolétariat urbain dont l'accroissement multiplie les problèmes d'emploi et d'alimentation. Ce rééquilibrage passe par la réalisation de structures sociales en milieu rural et la garantie du plein emploi grâce aux activités agricoles et para-agricoles,

- 2) Limiter les importations de produits vivriers et de facteurs de production par une politique de substitution d'importation,
- 3) Permettre l'exportation de certains produits de rente afin d'améliorer le déficit de la balance des paiements,
- 4) Favoriser un accroissement de l'investissement grâce à l'augmentation de l'épargne éventuellement provoquée par le projet.

La résultante de tous ces objectifs est d'arriver à un mieux être de la population se concrétisant par une amélioration des conditions sanitaires, le plein-emploi de la main-d'œuvre, la formation des paysans à l'acquisition de techniques nouvelles.

Il convient d'insister dès à présent sur l'importance de la hiérarchisation de ces objectifs. Elle va en effet conditionner les choix qui seront faits à tous les stades de l'étude du projet.

12 - Notions d'échelle et de précision suivant les différentes phases d'étude

Tandis que le schéma directeur est étudié à l'échelle de toute la région à aménager, les études d'avant-projet se font au niveau du périmètre, voire du secteur. Il s'ensuit une précision différente en ce qui concerne les données de base et les coûts.

121 - Précision dans les données de base et les techniques mises en oeuvre

Les données de base utilisées pour proposer un schéma directeur d'aménagement concernent notamment l'ensemble des facteurs suivants : climat, topographie, ressources en eau, sols, force de travail, potentialités et besoins des populations..., et sont globalement représentatives de l'ensemble de la zone à aménager. Cependant, certaines d'entre elles auront besoin d'être affinées quand l'étude se situera dans un périmètre donné plus restreint ayant ses caractéristiques propres. Pour illustrer cela, prenons l'exemple de la détermination du ratio Nombre d'U.T.H. par habitant agricole dans le cas du projet d'aménagement de la moyenne vallée du Fleuve SÉNEGAL.

5

Ce ratio très important sert à définir les besoins en surface irriguée afin de les confronter aux potentialités existantes de sols irrigables. L'U.T.H. (Unité de Travail Homme) étant défini par référence à un individu de sexe masculin âgé de 15 à 54 ans, on se contente dans le schéma directeur d'estimer le ratio précité en se fondant sur la structure de la population par sexe et tranche d'âge. En tenant compte de différents facteurs (migration, participation d'une partie des femmes aux tâches sélectives), on aboutit à un ratio de 0,2 U.T.H. par habitant agricole qui va servir uniformément sur l'ensemble de la zone. L'importance et la précision à accorder à ce ratio méritent cependant que lors des études de factibilité, des enquêtes socio-économiques soient menées dans chaque périmètre. C'est ainsi qu'on aboutit à des variations assez sensibles de ce ratio d'un périmètre à l'autre. La moyenne de ces valeurs réelles correspond cependant à la valeur estimée précédemment dans le schéma directeur ; ce qui, du reste, concorde avec le degré de précision recherché dans cette phase d'étude.

122 - Précision dans les estimations des coûts

De même, les coûts inhérents au projet sont estimés avec des niveaux de précision différents suivant les stades d'étude. Le tableau suivant donne les fourchettes de précision généralement adoptées :

Niveau d'étude	Echelle spatiale	Echelle cartographique	Précision dans les coûts
Schéma directeur	Région naturelle	1/200 000 à 1/50 000e	20 à 30 %
Avant-projet sommaire	Périmètre	1/25 000 à 1/10 000e	15 à 20 %
Avant-projet détaillé	Périmètre	1/5 000 à 1/2 000e + détails au 1/500e	10 %

* 13 - Le schéma directeur d'aménagement

* Cette étude a plusieurs buts ; il s'agit :

- d'établir un bilan de la situation actuelle,
- de recenser les besoins, les ressources et les contraintes du milieu physique et humain,
- de dégager les principes qui guideront l'étude d'aménagement,
- de proposer des normes d'aménagement applicables sur l'ensemble de la zone,
- d'estimer l'impact qu'aura le projet au plan économique et humain suivant les diverses hypothèses retenues,
- de présenter et classer les schémas d'aménagement envisageables,
- de proposer le (ou les) schémas qui paraissent le mieux correspondre aux objectifs, ainsi que les éventuels scénarios qui permettent la mise en place de ce (ou ces schémas).

1.31 - Bilan de la situation actuelle

Ce bilan permet d'analyser la situation actuelle et de se faire une idée sur :

- l'état des infrastructures existantes (certaines parties de la zone ayant bénéficié d'aménagements antérieurs ne feront éventuellement l'objet que d'études de réhabilitation),
- le niveau de la production actuelle lié aux rendements de cultures et à la superficie exploitée,
- l'efficacité de l'organisation (respect des calendriers cultureaux, des tours d'eau, des doses d'apport d'intrants...),

- la valeur ajoutée brute dégagée par le paysan et son évolution prévisible : Cette donnée sera ensuite utile dans l'étude économique car elle permettra de comparer la situation avec projet par rapport à une situation de référence sans projet.

132 - Les données de base

L'aménagement hydroagricole reposant sur la maîtrise de l'eau et l'amélioration des performances en matière de productions agricoles, une bonne connaissance du milieu est indispensable. La phase de recueil des données de base va conditionner tous les choix futurs, de normes de dimensionnement. Ces données peuvent être regroupées en 5 rubriques : Climatologie, sols*, hydrologie, données agronomiques, démographie et motivations sociologiques.

Comme il a été dit plus haut, une grande précision n'est pas exigée à ce stade de l'étude. C'est ainsi que la plupart de ces données seront estimées sur l'ensemble de la zone en attendant d'être précisées dans les phases ultérieures :

- La climatologie regroupe les données concernant la pluviométrie, les températures, l'évaporation et l'évapotranspiration, le régime des vents. Ces données météorologiques serviront surtout au calcul des besoins en eau des cultures et à la détermination de leurs conditions d'adaptation au milieu
- L'étude pédologique permet de classer les sols selon leurs aptitudes culturales (nature des sols, hydromorphie, structures, perméabilité, fertilité, etc...)
- Les ressources en eau sont constituées par les rivières et fleuves, les sources, les marigots, les fossés et les aquifères. L'étude quantitative et qualitative conditionne l'estimation de la part disponible pour l'agriculture, la nature des ouvrages permettant de les mobiliser (prise en rivière au fil de l'eau, lacs collinaires, pompage, forages, etc...)
- Les données climatologiques et pédologiques ainsi que la quantité et la qualité des eaux disponibles pour l'irrigation prédéterminent les contraintes agronomiques et limitent, par conséquent, les cultures à mettre en œuvre à celles susceptibles de bien s'adapter au milieu et de valoriser au mieux les investissements nécessaires au projet

*Sols (pédologie + topographie + accessibilité)

- Les données concernant la démographie et son évolution prévisible ainsi que celles permettant de juger de l'accueil de l'irrigation sont utilisées pour estimer les besoins en surfaces irriguées et dégager les normes de superficie par famille.

133 - Les principes d'aménagement

L'analyse des objectifs impartis au projet, le bilan de la situation actuelle, la confrontation des besoins et des potentialités, sont autant d'éléments qui permettent à l'aménagiste de dégager les idées directrices qui guideront le choix du type d'aménagement. Ces principes représenteront les facteurs constants de choix tout au long de l'étude. Les échecs successifs de beaucoup de projets d'irrigation ont poussé les concepteurs à choisir des aménagements fondés sur l'utilisation optimale des ressources (eau, terres) en fonction des besoins réels (démographie, accueil de l'irrigation) et le respect autant que possible des structures locales. Ces considérations ont conduit à choisir deux principes dans le cadre de l'étude d'aménagement de la Rive Gauche du Fleuve SÉNÉGAL : le principe de progressivité et le principe d'autonomie de gestion collective. Les fondements de ces principes ainsi que leurs conséquences sont analysés dans l'annexe 1 : Synthèse du schéma directeur.

134 - Normes agronomiques

La définition de ces normes est un choix technico-économique reposant sur les questions suivantes : quelles seront les cultures intervenant dans les assolements et quelle sera la superficie attribuée à un actif agricole permettant de répondre aux objectifs fixés ? Ces derniers sont généralement la garantie de l'autosuffisance alimentaire des populations et la possibilité de dégager des excédents monétaires. On distingue deux types de cultures dont chacun peut satisfaire de façon inégale ces objectifs. Les cultures vivrières (riz, sorgho, etc...) permettent de garantir l'autosubsistance des producteurs, d'approvisionner les marchés locaux et les industries de conditionnement ou de transformation afin d'alimenter les villes. Les cultures de rente (tomate, café, arachide, etc...) alimentent les marchés locaux et permettent un apport de devises par l'exportation. Ces deux types de cultures ne rentabilisent pas de la même façon l'hectare aménagé, il convient de choisir leur combinaison optimale dans l'assèlement.

Ce choix est lui-même lié à celui de la norme de superficie par actif. Il peut se poser ainsi : quelle est la dimension de parcelle optimale à donner à une famille-type d'exploitants, compatible avec sa force de travail, qui lui permette de produire une valeur ajoutée satisfaisante compte tenu des objectifs ?

On voit donc à travers toutes ces questions que le choix des cultures, de l'assolement ainsi que des normes de superficie dépend de plusieurs facteurs (importance relative des cultures vivrières ou de rente dans l'assolement, force de travail disponible, niveau de la valeur ajoutée susceptible d'être dégagée en fonction des rendements potentiels, etc...). La combinaison de tous ces critères peut donner plusieurs schémas d'aménagement possibles et le choix ne pourra se faire que grâce à une analyse multicritère. Le cas du schéma d'aménagement de la plaine de Bugarama fournit un exemple concret qui est étudié dans le paragraphe 21.

135 - Normes d'aménagement

Sont incluses dans les normes d'aménagement le choix du (ou des) mode(s) d'irrigation (transfert et distribution de l'eau), le calcul des modules d'équipement.

1351 - Choix du mode d'irrigation

Ce choix fait intervenir les facteurs technico-économiques que sont :

- la nature des sols et leur pente,
- les exigences particulières de certaines cultures (la culture du riz se faisant par bassins submersibles, seule l'irrigation gravitaire par canaux est possible),
- la rareté ou non de la ressource en eau et sa qualité (l'irrigation par aspersion permet une plus grande économie d'eau dans certains cas),
- le coût de l'irrigation supportable par les agriculteurs.

La considération de ces différents facteurs amènera l'aménagiste à choisir entre l'irrigation gravitaire par canaux revêtus ou non, l'irrigation par aspersion, l'irrigation par la méthode californienne ou l'irrigation localisée. Comme indiqué dans l'introduction, le mémoire se restreint au cas de l'irrigation gravitaire.

1352 - Normes de débit d'équipement et de drainage

Les débits d'équipement résultent du calcul des besoins en eau des cultures tenant compte de l'efficience de la distribution (pertes d'eau, évaporation) et du mode de répartition de l'eau à travers le quartier (tour d'eau). Les débits de drainage sont obtenus à partir du calcul des excédents d'eaux d'irrigation et d'eaux pluviales.

Ces deux débits permettent de dimensionner le quartier-type par l'intermédiaire de la main-d'eau choisie, et serviront au stade de l'APS à déterminer les dimensions des canaux d'irrigation et des fossés de drainage.

Si la zone concernée par l'aménagement présente des risques d'inondations (crue de rivière), il convient de la protéger par des digues dont les caractéristiques dépendent d'un calcul technico-économique (choix de la crue contre laquelle il convient de protéger le périmètre en fonction du coût des endiguements).

1353 - Choix des ouvrages-types du réseau

Le fonctionnement du réseau d'irrigation nécessite la mise en place d'ouvrages divers (ouvrages de prise, de répartition, de régulation, stations de pompage s'il y a lieu). A ce stade de l'étude, les ouvrages-types constitutifs du réseau doivent être définis permettant de se faire une idée sur la configuration générale du réseau, de son mode de fonctionnement et de son coût. Cependant, les choix définitifs confrontant les coûts, les avantages et inconvénients des divers ouvrages ne peuvent se faire qu'au niveau du périmètre et au stade des études d'avant-projet ou d'exécution.

136 - Schémas et scénarios d'aménagement - Analyse multicritère

Nous avons vu que la définition des normes agronomiques (choix des variétés de cultures possibles, des assolements, de la structure foncière, etc...) pouvait donner plusieurs schémas d'aménagement possibles, assortis de différents scénarios éventuels quant à leur mise en place.

11

Le but final de l'étude "schéma directeur" est d'aider le maître d'ouvrage à choisir un schéma et ses scénarios par l'intermédiaire d'une analyse multicritère. Le schéma d'aménagement étant choisi, le maître d'ouvrage a tous les éléments de décision (coûts approximatifs du projet, valeur ajoutée prévisionnelle sur l'ensemble de la zone, effets indirects prévisibles du projet) afin de se prononcer sur la nécessité d'engager la deuxième étape qui est l'étude de factibilité.

Si la zone ayant fait l'objet de l'étude de schéma directeur est constituée de plusieurs périmètres autonomes, une analyse multicritère peut être réalisée en vue d'en éliminer certains ou de les classer pour dégager l'ordre de priorité dans lequel ils seront successivement étudiés puis aménagés.

14 - L'étude de factibilité (Avant-projet sommaire et étude économique)

Un schéma de développement agricole ayant été retenu pour l'ensemble de la zone, on descend au second stade de l'étude au niveau d'une entité plus réduite qu'est le périmètre d'irrigation. Celui-ci résulte du découpage de la zone en unités homogènes et indépendantes sur les plans hydraulique, topographique et démographique. L'étude de factibilité comporte deux volets : l'avant-projet sommaire permet de préciser les caractéristiques techniques du périmètre, l'évaluation économique donne des éléments sur la rentabilité escomptée grâce au projet par les différents agents économiques concernés (agriculteur, organisme gestionnaire, collectivité nationale, financier, etc...).

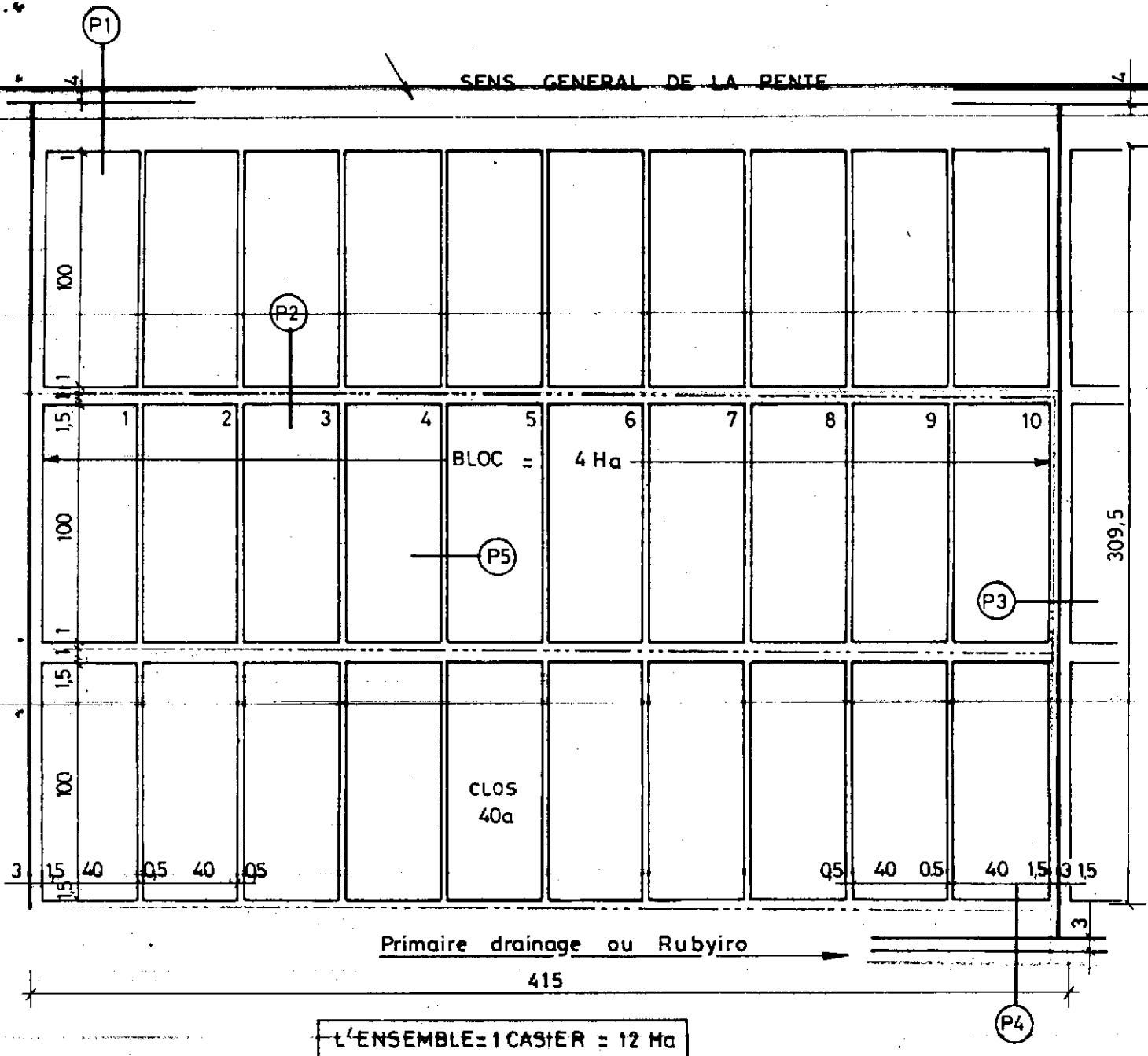
14.1 - L'avant-projet sommaire

On peut distinguer deux parties dans cette phase :

1) Précision des données de base :

- Zonage des terres selon leur aptitude, enquêtes socio-économiques sur le potentiel humain des populations, leurs besoins et leur motivation,
- Précision des caractéristiques de la ressource en eau (nature, qualité, possibilités de mobilisation),

SECTEUR RIZICOLE : CANEVAS HYDRAULIQUE



FOSSE ASSAINISSEMENT PRIMAIRE

" " SECONDAIRE

" " TERTIAIRE

CANAL D'IRRIGATION PRIMAIRE

" " SECONDAIRE

" " TERTIAIRE

PISTE PRINCIPALE

PISTE SECONDAIRE

- Nivellement topographique et planimétrique complémentaire si nécessaire,
- Jaugeages ou forages d'essai...)

2) Esquisse des variantes d'aménagement :

L'aménagement du périmètre pouvant se faire suivant plusieurs modalités techniques (tracé des canaux, mode de desserte, scénarios de mise en place des infrastructures), on aboutit à plusieurs variantes ; le choix se fera en utilisant des critères quantitatifs et qualitatifs. Une étude détaillée de ces modes de choix est faite dans le paragraphe no 23.

C'est la solution choisie à l'issue de cette analyse qui fera l'objet de l'avant-projet sommaire proprement dit. Celui-ci est mené à une échelle cartographique plus grande (1/25 000e le plus souvent), ce qui rend possible un tracé assez précis des canaux, fossés et pistes. Avec l'emplacement des principaux ouvrages figurés sur les profils en long (stations de pompage, modules à masque, vanne, etc...), ce tracé constitue le canevas hydraulique. La suite de l'avant-projet sommaire consistera à estimer les coûts d'investissement et de fonctionnement aux prix d'ordre retenus. L'annexe no 2 présente en exemple l'APS du périmètre de N'DIOUM établi dans le cadre des APS de la Rive Gauche du Fleuve SÉNÉGAL.

142 - L'évaluation économique

1421 - Rentabilité financière

- Au niveau du paysan

Il s'agit de calculer le supplément de valeur ajoutée que peut espérer dégager l'agriculteur du fait de sa participation au projet. Ce résultat est obtenu en faisant la différence entre la valeur ajoutée de l'année de croisière et celle qui correspondrait à une situation sans projet. En enlevant les frais financiers, impôts et charges salariales de cette valeur ajoutée, on détermine le revenu agricole dont la ventilation entre l'auto-consommation et le revenu monétaire donne une idée des conséquences du projet au niveau de l'agriculteur et de la valorisation de sa journée de travail supplémentaire.

- Au niveau de l'organisme gestionnaire

La gestion des périmètres hydroagricoles est souvent confiée à un organisme chargé d'encadrer les paysans, de veiller au bon fonctionnement des réseaux et de récupérer les taxes et redevances d'irrigation. L'analyse financière doit permettre de savoir si cet organisme équilibrera ses coûts (dépenses salariales, coûts énergétiques, provisions de maintenance et de renouvellement des équipements, etc...) et ses recettes (redevances et taxes) en dressant un compte d'exploitation prévisionnel. Il convient de vérifier si les résultats du projet sont suffisants pour permettre la prise en charge au moins partielle de l'amortissement du premier investissement.

Le principal problème commun à ces deux analyses est le choix de la formule de tarification de l'eau la plus adéquate parmi celles qui sont possibles (tarification aux coûts réels, socio-économique, aux avantages). Nous reviendrons également sur les critères relatifs à ce choix dans le paragraphe 23.

- Au niveau de l'ensemble du projet

On essaie de déterminer l'impact financier du projet dans son ensemble en confrontant l'évolution des flux financiers entre la situation sans projet et la situation avec projet.

On dresse sur toute la durée de vie du projet l'échéancier des flux financiers par différence entre les coûts et les recettes supplémentaires. Les coûts sont évalués au prix du marché et comprennent les coûts d'investissement, de renouvellement, de fonctionnement et les frais financiers (intérêts d'emprunt).

Les recettes sont les recettes supplémentaires (différence entre les recettes avec projet et les recettes sans projet).

Cette chronique de flux financiers permet d'apprecier la rentabilité financière du projet. Dans le paragraphe 24 sont analysées les incidences et les limites des différents critères utilisés pour tester cette rentabilité.

1422 - Rentabilité économique au niveau de la collectivité nationale

L'appréciation de cette rentabilité donne lieu à discussions entre les économistes. Plusieurs méthodes sont proposées et divergent souvent sur des problèmes de fond. Cependant, si les techniques d'évaluation ne sont pas identiques, il y a au moins convergence sur la position du problème.

L'étude de rentabilité financière ne rend pas parfaitement compte des réels avantages du projet pour la collectivité nationale, en particulier, pour les raisons suivantes :

- Les taxes et subventions grévant les prix du marché ne sont pas des coûts réels pour la collectivité puisqu'il y a un effet de transfert entre l'Etat et les agents économiques internes
- Le projet permettant de produire des denrées qui autrement seraient importées, il est nécessaire d'évaluer la production de façon à tenir compte de cet avantage sur le plan économique. Deux méthodes sont employées : l'une (méthode des prix de référence) propose une modification des prix du marché afin de tenir compte des avantages économiques, l'autre (méthode des effets) analyse les effets du projet grâce au recours à différents indicateurs économiques 23 contient une description de ces deux méthodes et une analyse comparative ayant pour but de mettre en évidence les conséquences de chacune d'elles sur la décision.

15 - L'avant-projet détaillé

Dans cette phase, les problèmes de choix technico-économique ne se posent que pour les équipements. C'est un stade exclusivement technique qui permet de dimensionner le réseau de façon précise (calage des lignes d'eau des canaux, calculs de terrassements, etc...). Sans remettre en cause les choix fondamentaux faits dans les études précédentes, l'alternative se pose en termes de choix d'un équipement donné en fonction de son coût et des avantages qu'il offre au cours de l'exploitation. Cette phase n'influe donc que de très peu dans les éléments fondamentaux de prise de décision et il n'en sera pas fait allusion dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IIANALYSE CRITIQUE DES METHODES DE PRISE DE DECISION TECHNICO-ECONOMIQUE

On a vu dans le chapitre I les différentes étapes d'un projet d'aménagement hydro-agricole et leurs buts respectifs.

Depuis le schéma directeur jusqu'aux études d'avant-projet, un certain nombre de décisions sont prises afin d'atteindre les objectifs grâce à l'utilisation optimale des ressources disponibles. Les possibilités de choix sont variées et concernent aussi bien le schéma d'aménagement que les options techniques qui se répercuteront sur le fonctionnement du réseau. Il est nécessaire de confronter toutes les solutions possibles suivant de multiples critères quantitatifs et qualitatifs susceptibles de jouer un rôle important dans les décisions.

Le but des trois premiers paragraphes du chapitre est d'analyser les méthodes de prises de décisions connues et de montrer à travers le choix de quelques exemples spécifiques le rôle plus ou moins important des différents critères.

Cependant quand tous les choix concernant la configuration technique du périmètre sont effectués de façon optimale, les coûts d'investissement et de fonctionnement chiffrés, d'autres décisions de caractère économique et financier interviennent dans l'évaluation du projet. Celles-ci sont liées notamment au choix d'une tarification et à l'interprétation de quelques indicateurs dont l'analyse constitue le dernier paragraphe.

21 - L'analyse multicritère

"Les techniques de prises de décisions en présence de critères multiples tentent de formuler les mécanismes logiques susceptibles d'aider le décideur (chef d'entreprise, jury, Conseil d'administration, collectivité) à faire des choix dans l'ensemble des actions possibles compte tenu de préférences nombreuses et d'objectifs non agrégeables".

Cette définition de J.L. GUIGOU (Analyse des données et choix à critères multiples (9)) situe d'emblée le but de l'analyse multicritère en tant que méthode d'aide à la décision. Les critères intervenant par exemple dans le choix d'un schéma d'aménagement peuvent être multiples et de nature différente:

- critères quantitatifs (coût d'investissement par ha, revenu par tête, etc...),
- critères qualitatifs (caractère évolutif de l'aménagement, respect des structures existantes, etc...),

L'analyse multicritère doit permettre de faire un choix tenant compte de tous ces facteurs a priori non agrégeables.

211 - Méthodes d'analyse multicritère

2111 - Recours aux relations de surclassement

Soit à faire un choix entre plusieurs (x) actions possibles:

$$A = (a_1 \dots \dots \dots a_x)$$

Ce choix devra se faire en tenant compte de n critères quantitatifs et qualitatifs regroupés dans l'ensemble M

$$M = (m_1 \dots \dots \dots m_n)$$

Soit K l'ensemble des états possibles associés à une échelle. Par exemple, K peut être l'ensemble des entiers et un ensemble de jugements qualitatifs (médiocre, passable, moyen, bien, très bien).

$$K_1 = (\text{ensemble des entiers})$$

échelle : 0, 1, ..., n

$$K_2 = (\text{médiocre, passable, moyen, bien, très bien})$$

échelle : 0,5, 10, 15, 20

On utilise par exemple l'ensemble K_1 pour les critères quantitatifs, l'ensemble K_2 pour les critères qualitatifs.

Chaque action est notée suivant les différents critères en utilisant l'ensemble K. Le décideur marque ses préférences relatives parmi les critères en leur donnant un poids P (pondération des critères).

Une action a_l est notée α_{lj} suivant le critère m_j ; on aboutit au tableau suivant :

M A	m_1	m_j	m_n
a_l	α_{l1}		α_{lj}		α_{ln}
a_i	α_{i1}		α_{ij}		α_{in}
a_k			α_{kj}		
a_l			α_{lj}		
a_x	α_{x1}		α_{xj}		α_{xn}
P_n	P_1		P_j		P_n

A partir de ce tableau, plusieurs méthodes existent pour pouvoir comparer les choix a_i deux à deux et aboutir au choix optimum. C'est la méthode ELECTRE I (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) qui est développée ci-après. Cette méthode permet de regrouper la (ou les) meilleure(s) action(s) dans un noyau N appelé noyau de la relation de surclassement.

DEFINITION DE LA RELATION DE SURCLASSEMENT

- Surclassement par rapport à un critère m_j donné.
 a_k surclasse a_l suivant le critère m_j ($a_k \rightarrow a_l$)

$$\alpha_{kj} > \alpha_{lj}$$

La relation de surclassement à définir doit permettre de généraliser l'affirmation que ~~ak surclasse et en utilisant l'ensemble des critères. Pour ce faire, on définit des indicateurs de concordance et de discordance.~~

Soit P_{kP} la somme des poids des critères pour lesquels ak surclasse a_1 . L'indicateur de concordance est défini par le nombre :

$$C_{kP} = \frac{P}{\sum_{i=1}^P p_i}$$

Il existe un certain nombre de critères m_j pour lesquels $\alpha_{kj} < \alpha_{lj}$. Parmi ces critères il en existe un tel que :

$$D = (\alpha_{kj} - \alpha_{lj}) \text{ est maximale}$$

L'indicateur de discordance d_{kl} permet de mesurer l'amplitude de désaccord :

$$d_{kl} = \frac{D}{d}$$

d : valeur maximale des échelles choisies.

• Relation de surclassement

Ces indicateurs de concordance et de discordance permettent de comparer deux à deux les actions, on aboutit aux tableaux de concordance et discordance:

Tableau de concordance

C	a_1	a_k	a_x
a_1					
a_P			C_{kP}		
a_x					

Tableau de discordance

	a1	ak	ax
a1				
aP		dkP		
ax				

La relation de surclassement est définie par rapport à des seuils p et q compris entre 0 et 1 que l'on choisit a priori $p > q$.

ak surclasse aP pour les seuils p et q \longleftrightarrow

$$\begin{aligned} CkP &\geq p \\ dkP &\leq q \end{aligned}$$

Cette relation S admet un noyau $N(p,q)$ contenant l'ensemble des actions qui ne sont pas surclassées.

Les actions à éliminer se retrouvent hors de ce noyau; on peut définir cet ensemble $\bar{N}(p,q)$ des actions non sélectionnées par :

$$\bar{N}(p,q) = \{a_i ; \exists a_j \in A ; C_{ji} > p ; d_{ji} < q\}$$

Plus on baisse les seuils de sévérité p et q, plus il y a d'éléments dans $\bar{N}(p,q)$. Ainsi de proche en proche on peut sélectionner le (ou les) action(s) optimale(s).

La méthode Electre s'avère ainsi comme une méthode efficace permettant de faire un choix parmi plusieurs actions possibles appréciables suivant plusieurs critères.

2112 - Recours à une fonction d'utilité globale

Une autre méthode d'analyse consiste à définir une fonction d'utilité globale . Pour ce faire, il est nécessaire de ramener l'ensemble des critères quantitatifs ou qualitatifs à une même échelle de mesure K. Dans ce cas le tableau des $U_{a,j}$ est constitué d'éléments homogènes que l'on peut donc agréger en définissant une fonction U. Chaque action a sera caractérisée par U_a , représentatif de l'ensemble des critères pondérés . La meilleure action sera celle pour laquelle U_a est maximale.

La décision se ramène ainsi à un choix unitaire basé sur les fonctions U_a .

212 - Application de l'analyse multicritère aux études d'aménagement

Dans les études d'aménagement , on trouve deux cas de figure où le ~~choix dépend de la combinaison de critères multiples~~ ; ce sont les cas du choix d'un schéma d'aménagement ou de la sélection de sites. Ces deux situations sont étudiées à travers les exemples suivants.

2121 - Analyse multicritère en vue d'une sélection de sites : Projet d'aménagement de la Rive Gauche du fleuve Sénégal

A - Position du problème

La zone géographique englobée par l'aire d'étude est constituée par la moyenne Vallée de la Rive Gauche du fleuve Sénégal occupant une superficie d'environ 185.000 ha. Cette zone a été divisée en un ensemble de 31 cuvettes qui par leur morphologie et leur position par rapport au fleuve sont des unités homogènes. Sous réserve de la mise en place d'endiguements de protection, ces U.N.E (unités naturelles d'équipement) renferment des potentialités en sols susceptibles d'être irrigués selon le type d'aménagement envisagé (cf. synthèse du schéma directeur en annexe). Cependant tous les sites ne présentaient pas a priori un intérêt identique et le but de l'analyse multicritère était d'aboutir à la sélection des meilleurs sites parmi les 31 possibles récapitulés dans le tableau No 1, selon des critères définis ci-dessous.

**LISTE DES UNITES NATURELLES D'EQUIPEMENT (UNE)
INCLUSES DANS LE SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT**

	Références UNE	Département	Localités principales	Surfaces géographiques ha
NGALENKA	N G 2	Podor	FANAYE-TIANGAYE	3 575
	N G 3	Podor	THILLE BOUBACAR	6 434
	N G 4	Podor	NDIANDANE-NIANGA	13 935
				<u>23 944</u>
MORPHIL	M O 1	Podor	POODOR	2 705
	M O 2	Podor	MBOYO-GUEDE Village	8 260
	M O 3	Podor	HALVAR-HOIOUM	16 165
	M O 4	Podor	DANSE-DIAMAL	3 895
	M O 5	Podor	WA-WA	3 733
	M O 6	Podor	DIAMANDOU-MARDA	2 245
	M O 7	Podor	PATE GALLO	8 820
	M O 8	Podor	DARA-BELLI TIOVI	3 355
	M O 9	Podor	DEMET	9 697
	M O 10	Podor	WALALDE	3 823
	M O 11	Podor	SIOURE	11 873
	M O 12	Podor	TOULDE TILA-KASKAS	7 105
	M O 13	Podor	MADINA NOIATESES (Morphil)	4 878
	M O 14	Podor	DOUNGUEL - DIOLDE DIABE	5 385
	M O 15	Podor	TIOSBALEL-ABDALLAH	4 750
	M O 16	Podor	WALA	2 348
	M O 17	Podor	SALDE	2 037
	M O 18	Podor	TOUFOUNDE GANDE	2 125
				<u>103 499</u>
DOUE	D O 1	Podor	AERE-LAO DOUMGA	7 295
	D O 2	Podor	ARAM	2 640
	D O 3	Podor	NGOUI	1 522
				<u>11 512</u>
DROFONDE THILOGNE	D T 1	Podor-Matam	MBOLO MIRANE-DIDRBIVOL	9 757
	D T 2	Matam	DROFONDE-THILOGNE	14 640
	D T 4	Matam	BELYINGE	8 440
				<u>32 837</u>
DEMBAKANE	D E 1	Matam	GOUREL DARA-LOSALI	4 150
	D E 2	Matam	ADABERE	2 410
	D E 3	Bakel	MOUDERI-GANDE	2 645
				<u>9 205</u>
			LAC DE GUITERS	3 600
			TOTAL	184 597

B - Définition des critères de choix utilisés

Ces critères se divisent en deux types :

- Les critères de type A sont quantitatifs et mesurent l'intensité de la demande en irrigation .
- Les critères de type B sont qualitatifs et mesurent la qualité des relations de l'U.N.E avec l'extérieur.

Critère A1 : Intensité de la demande en irrigation . Ce critère a pour but de favoriser les U.N.E. présentant la meilleure adéquation besoins en surface irriguées (SI) à long terme (LT) et disponibilités en terres irrigables à l'intérieur de l'endiguement projeté ;

$$nA1 = \frac{\text{surface irriguée à L.T.}}{\text{surface irrigable endiguée}} \times 100$$

Critère A2 : Mesure du déficit en SI à court terme ; à intensité de demande égale, ce critère favorise l'U.N.E. qui présente le plus grand déficit à court terme, compte tenu des équipements déjà réalisés ou en cours.

$$nA2 = 100 \times \left(\frac{\text{SI (CT) - Seq}}{\text{SI endiguée}} \right) / \left(\frac{\text{SI (CT) - Seq *}}{\text{SI endiguée}} \right)$$

* étant l'U.N.E. à plus fort déficit.

Critère A3 : Effet démobilisateur lié à des conditions locales .

Le schéma directeur de la Vallée du Sénégal prévoit l'abandon des cultures de DIERI (cultures traditionnelles sous pluie) lors de la mise en place des aménagements de 2ème génération (horizon 1990). Cependant cet abandon ne sera pas automatique sur l'ensemble de la Vallée . Dans certaines U.N.E. caractérisées par une pluviométrie moyenne relativement forte (650 à 700 mm), les cultures traditionnelles resteront en concurrence avec l'irrigation . Ce critère a pour but d'apporter des coefficients d'abattement aux critères précédents afin de caractériser un moins bon accueil à l'irrigation.

Critère B1 : Critère d'accessibilité de la cuvette. Ce critère mesure l'enclavement, c'est-à-dire la difficulté d'accès de l'U.N.E. pour un véhicule de transport même léger (fourniture d'intrants, intervention du personnel d'encadrement ou de maintenance).

Critère B2 : Proximité des centres de commercialisation importants.

Ce critère privilégiera les U.N.E. proches des grands centres de commercialisation existants, ce qui facilitera l'approvisionnement en intrants et l'écoulement des productions excédentaires.

C - Méthode de sélection

Les cotations des critères quantitatifs étant ramenés à 100, les critères qualitatifs étant appréciés selon la même échelle de 0 à 100, c'est la méthode de la fonction d'utilité globale qui a été utilisée . En tenant compte des coefficients de pondérations retenus, on aboutit à la fonction unique CA caractérisant chaque cuvette :

$$CA = (3/4 nA1 + 1/4 nA2) \times nA3 + 1/2 nB1 + 1/2 nB2$$

En classant les U.N.E. selon la note finale obtenue, on trouve le tableau No 2.

IDENTIFICATION DES UNE NE FAISANT PAS
L'OBJET D'ETUDES DE FACTIBILITE

UNE	LOCALITES	A1			A2				A3	NA	B1		NB	Note globale	Classement CA	
		SI LT (ha)	SNI endiguée	nA1	SI LT (ha)	S équipée	Δ (ha)	Δ /SNI			nA2	nA3	nB1	nB2		
M01	EDOR	2 668	2 030	100	490	34	456	0,225	100	1	100	100	90	95	98	1
D03	NGUIT	1 568	1 190	100	289	135	154	0,131	58	1	90	70	60	65	82	2
Q01	REUR MOUPAR SARR	867	-	100	160	0	160	-	33	1	83	80	60	70	79	3
D03	NOULENI	2 648	1 985	100	487	67	420	0,211	94	0,8	79	60	80	70	76	4
M016	WAZIT	1 494	1 760	85	275	86	189	0,107	48	1	76	50	60	55	69	5
M015	TICOUANE	3 165	3 560	49	583	246	337	0,024	43	1	77	50	50	50	68	6
D01	COUREL	3 224	3 110	100	588	10	578	0,185	83	0,8	77	30	50	40	65	7
M017	SALDE	111	1 530	73	205	75	130	0,085	38	1	64	55	65	60	63	8
O12	ONEFONDE	6 207	10 980	57	1 143	-	1143	0,104	45	1	54	70	70	70	60	9
M013	NADIPA	2 569	3 660	70	473	80	393	0,107	48	1	65	50	40	45	58	10
N03	FANAYE	1 480	2 110	67	261	-	261	0,097	43	1	61	48	50	45	56	11
D02	AGAM	1 036	1 980	52	191	73	116	0,06	22	1	45	60	60	60	50	12
O11	NGOLO	3 599	7 320	47	653	114	539	0,075	33	1	43	55	65	60	47	13
D01	AERE LAO	1 969	5 470	35	363	33	325	0,050	25	1	34	70	60	65	44	14
D01	ADAFERE	994	1 805	55	183	19	164	0,091	40	0,8	41	40	60	50	44	14
N04	NIANDANE	3 266	10 450	31	605	655	-	0	0	1	23	80	80	80	42	16
M02	DIAYANDIOU	734	1 685	44	135	59	76	0,045	20	1	38	30	40	35	37	17
N03	THILE HUYACAR	1 298	4 825	27	239	-	239	0,05	22	1	26	50	60	55	36	18
O14	ELLOMINE	1 400	6 330	22	258	122	136	0,02	9	1	19	65	75	70	36	18
M04	DANIE DIAYAL	956	2 770	35	182	30	152	0,051	23	1	33	30	50	40	35	20
M014	DOUGEL	1 325	4 040	33	243	34	210	0,052	23	1	31	40	40	40	34	21
N02	NGOZO QUJE	1 745	6 195	28	321	544	-	0	0	1	21	50	60	55	32	22
M03	HALVAR NDIOUM	1 780	8 940	20	323	56	272	0,022	10	1	17	40	60	50	28	23
M016	TOEREE CAME	345	1 595	22	604	9	55	0,034	15	1	20	40	50	45	28	23
M03	DARA	652	2 515	26	120	122	0	0	0	1	20	30	40	35	26	25
M012	TOLLE TIA	1 108	5 330	21	204	40	164	0,031	14	1	19	40	40	40	26	25
M010	VALADE	732	3 060	24	135	40	95	0,029	13	1	21	30	30	30	24	27
M09	DEYT	1 237	7 270	17	228	95	133	0,018	8	1	15	30	40	35	22	28
M05	OUA-OUA	304	2 660	11	56	0	56	0,03	9	1	11	25	45	35	19	29
M07	PADDENIO	999	6 690	15	184	78	106	0,016	7	1	13	20	30	25	17	30
M011	SIGURE	1 227	8 980	14	226	10	216	0,024	11	1	13	20	20	20	15	31

D - Analyse critique de la méthode

Le recours à la méthode de la fonction d'utilité globale peut appeler deux remarques essentielles :

1 - La méthode impose de choisir une même échelle de cotation pour tous les critères ; ceci présente l'inconvénient de recourir uniquement à des critères comparables d'une part à plafonner les cotations obtenues, à la plus grande hauteur de l'échelle choisie d'autre part.

2 - Elle permet uniquement d'aboutir à un classement des actions possibles. Dans la mesure où le but de l'analyse est d'effectuer une sélection des meilleurs choix, la méthode n'est adaptée que s'il est possible de se fixer un seuil. Dans le cas précédemment étudié, ce seuil correspondait à une capacité maximale de 50.000 ha de surfaces irriguées à l'horizon 2.000 que s'était fixée la société d'aménagement selon un rythme annuel de 3 000 ha aménagés par an ; ce qui a permis de sélectionner 16 périmètres parmi les 31 possibles.

Donc sous réserve que les critères soient peu nombreux de nature voisine pour qu'on puisse les ramener à la même échelle, le recours à la fonction d'utilité globale est possible. Le Maître d'ouvrage intervient dans le processus du calcul en révélant ses préférences par le choix de la pondération des critères et possède à l'issue de l'analyse les éléments lui permettant une prise de décision.

2122 - Analyse multicritère en vue du choix d'un schéma d'aménagement : Etude de développement de la Plaine de Bugarama (RWANDA) (GERSAR Juin 1981 (7))

L'Etude de la Plaine de Bugarama (3 200 ha de S A U) est intervenue dans le contexte suivant :

- Echec de la tentative d'introduction de la culture du coton, base des aménagements précédents ; l'abandon de cette spéculation nécessitant une réorganisation de la structure foncière.

- Début d'extension de la culture irriguée du riz en concurrence avec une culture de bananeraie sur les sols inondables. Une étude de diagnostic prenant en compte les potentialités humaines et physiques du milieu a conduit l'aménagiste à proposer le principe de l'extension du riz par utilisation des zones hydromorphes et l'introduction du café comme culture de rente en remplacement du coton.

Ce choix fait, il restait à faire des arbitrages d'une part quant au devenir de la bananeraie (l'étude de diagnostic a montré que cette spéculation était économiquement moins intéressante que le riz mais traditionnellement bien ancrée), d'autre part quant au choix de l'assoulement optimal Riz-Café et d'une structure foncière adaptée.

La combinaison de ces divers facteurs aboutit à retenir 22 schémas dont le processus d'obtention est décrit dans le tableau No 3.

Le choix d'un schéma unique ne peut se faire qu'en utilisant plusieurs critères définis en liaison avec les objectifs prioritaires, fixés dans le cadre du plan quinquennal de Développement (autosubsistance alimentaire, amélioration des conditions d'emploi, valorisation de cette région naturelle originale sous un pays de hauts plateaux, excédents commercialisables).

a) - Les critères utilisés

- Satisfaction des besoins vivriers de la zone du projet

L'indicateur testant ce critère est le taux de couverture des besoins alimentaires des populations de la zone et ses collines environnantes à l'horizon 1990.

Ce taux est le rapport entre la production prévisible en cultures vivrières du schéma considéré sur la production nécessaire pour satisfaire les besoins vivriers à l'horizon 1990.

PROCESSUS D'OBTENTION DES SCHEMAS ENVISAGEABLES

TABLEAU 3

Utilisation des zones hydromorphes	Devenir de la bananeraie	Choix des cultures	Règle de répartition des cultures	Structure foncière (Surface/lot)	N° des schémas
Utilisation des zones hydromorphes par extension des rizières existantes (ou implantation de nouvelles rizières).	I	IR	IR1 Extension maxi du riz	4 ha	IR1
		Schémas extension RIZ	IR2 Maintien de 3 parcelles de C.V./lot	1 ha 2 ha 2,4 ha	IR21 IR22 IR23
		Maintien des bananeraies sur sols bien drainés uniquement	IR3 Riz limité à 80 ares par lot	4 ha 2 ha 2,4 ha	IR31 IR32 IR33
		IC	IC1 Café maxi Sud 9e tr.	4 ha	IC1
		Schémas extension RIZ + CAFE	IC2 Café limité à 40 ares par lot	4 ha 2 ha 2,4 ha	IC21 IC22 IC23
	II	IIR	IIR1 Extension maxi du riz	4 ha	IIR1
		Schémas extension RIZ	IIR2 Maintien de 3 parcelles de C.V./lot	4 ha 2 ha 2,4 ha	IIR21 IIR22 IIR23
		Maintien de toutes les bananeraies actuelles	IIR3 Riz limité à 80 ares par lot	4 ha 2 ha 2,4 ha	IIR31 IIR32 IIR33
		IIC	IIC1 Café maxi Sud 9e tr.	4 ha	IIC1
		Schémas extension RIZ + CAFE	IIC2 Café limité à 40 ares par lot	4 ha 2 ha 2,4 ha	IIC21 IIC22 IIC23

La surface de 4 ha par lot résulte d'un précédent découpage effectué par l'Administration dans le cadre d'un projet de type "Paysannat"

- Saturation de la force de travail disponible en période de pointe

Ce test s'exprime par le ratio :

Nbre de J.T. entraînés par le schéma en période de pointe à l'horizon 1990

Nbre de J.T. effectivement disponibles pendant la même période

(J.T. : Journée de Travail)

Ce critère défavorise les schémas conduisant à une sur-utilisation de la main-d'œuvre en période de pointe et peut même revêtir un caractère éliminatoire.

- Degré de "mobilisation" effective de la main-d'œuvre disponible pendant l'année.

Ce critère a pour but de sanctionner les schémas ne conduisant pas à une mobilisation optimale des effectifs toute l'année. Il se mesure par le rapport :

Nbre annuel de J.T. nécessaires pour le schéma

Capacité annuelle de Travail disponible

- Coefficient de capital et Revenu par tête

Le coefficient de capital est le rapport de la somme des valeurs ajoutées supplémentaires produites du fait de la mise en place du schéma pendant la durée de vie du projet sur le total des investissements. Il mesure le taux de rendement de l'unité monétaire investie, ou autrement dit le nombre d'années nécessaires au recouvrement de la totalité du premier investissement.

- Bilan Devises

L'un des objectifs étant de favoriser l'économie en devises du pays, ce critère permet de visualiser l'impact d'un schéma sur les flux de devises qu'il occasionne lors de l'investissement initial et de l'exploitation.

A ces critères quantitatifs s'ajoutent les critères qualitatifs que sont les besoins supplémentaires en main-d'œuvre et éventuellement induits par le schéma, la possibilité de diviser le schéma en étapes intermédiaires en vue de mettre en place des aménagements progressifs.

b) - Méthode de choix : Recours aux critères éliminatoires. Le tableau No 4 donne les résultats obtenus par chacun des 22 schémas suivant les critères choisis. Dans ce cas de figure, il est impossible de recourir à une fonction d'utilité, les critères étant de nature très différente, avec des échelles sans commune mesure.

La méthode utilisée a consisté à définir des critères dits éliminatoires afin d'effectuer une première sélection. Tout schéma obtenant un "mauvais" résultat par rapport à ces critères est éliminé.

c - Analyse critique de la méthode

Le premier problème lié à l'application de cette méthode est le choix des critères éliminatoires. La hiérarchisation des objectifs impartis par ordre de priorité précédemment évoquée permet de définir ces critères comme étant les plus prioritaires dans ce classement. Cependant la méthode n'est réellement efficace que si ceux-ci permettent effectivement d'éliminer un nombre important de solutions possibles. En effet si le nombre de choix éliminés est relativement faible par rapport à tous ceux qui sont possibles, il faudra recourir à d'autres méthodes de sélection. Dans l'exemple précédent, les deux critères choisis (satisfaction des besoins alimentaires à l'horizon 1990, non saturation de la main-d'œuvre active en période de pointe) ont permis d'éliminer d'emblée la moitié des 22 schémas initialement possibles (cf; Tableau 4).

Le choix entre les 11 schémas restants s'est fait en les classant par rapport aux trois autres critères dits sélectifs.

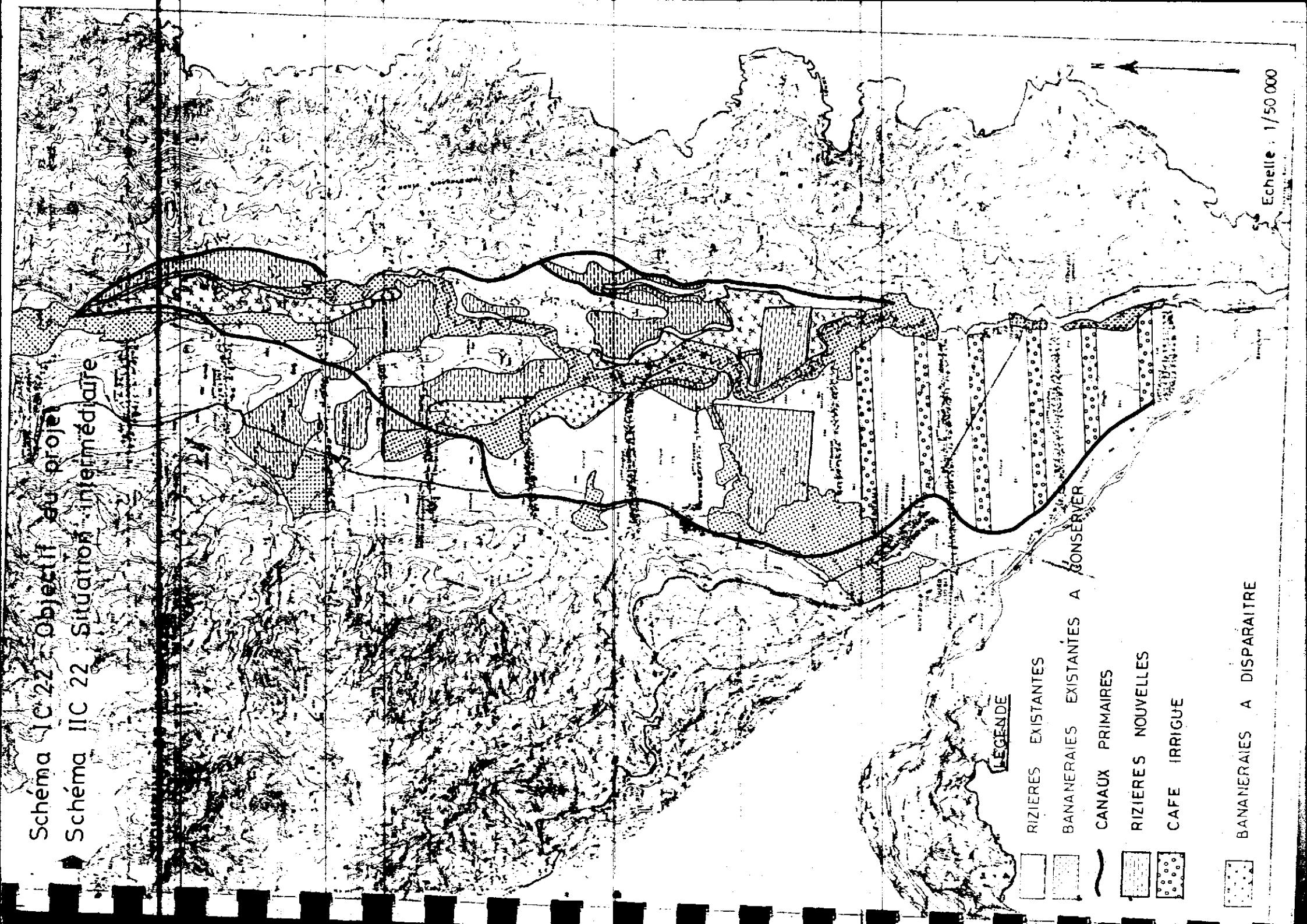
Ce classement a porté en tête les schémas IC 22, IR 32 et IR 33 et c'est finalement le schéma IC 22 mieux placé sur le plan de l'utilisation de la main-d'œuvre et de la possibilité du passage par une étape intermédiaire (critère qualitatif) qui a été retenu par l'Administration Rwandaise, bien qu'il ne garantisse pas les meilleures valeurs ajoutées.

RÉSULTATS DE LA COMPARAISON ENTRE LES 22 SCHÉMAS

TABLEAU 4

Les doubles valeurs correspondent aux hypothèses de rendement H1 (actuel) et H2 (ancien).

Schéma IC 22 : Objectif du projet
Schéma II C 22 : Situation intermédiaire



L'autre remarque que l'on peut faire sur la méthode, c'est qu'en fait, on utilise implicitement une forme de pondération. Définir des critères éliminatoires revient de fait à leur donner un très fort poids par rapport aux autres critères, ce qui nécessite que dès le début, le décideur fasse état clairement de ses préférences.

2123 - Conclusion

De toutes les méthodes qui ont été décrites précédemment c'est la méthode de "ELECTRE" qui semble la plus satisfaisante sur le plan de l'optimisation du choix car elle permet d'intégrer tous les critères quantitatifs et qualitatifs dès le début de l'analyse et quelque soit leur nature ou leur nombre. Cependant son utilisation nécessite la mise en œuvre du programme Electre par le biais d'un support informatique.

Si les critères sont très nombreux, rendant laborieux un calcul manuel, le recours au programme Electre devient intéressant.

Quelle que soit la méthode utilisée, l'analyse multicritère conserve sa philosophie d'aide à la décision, ce qui en fait une méthode non technocratique en ce sens qu'en dernier ressort c'est le Maître d'ouvrage qui détient la décision finale sur la base des résultats de l'analyse et de ses critères propres.

22 - Facteurs de comparaison technico-économiques parmi plusieurs variantes techniques

Au stade des avant-projets, le projeteur peut avoir le choix entre plusieurs variantes possibles d'une solution de base. Ces variantes sont nombreuses et peuvent concerner le choix :

- d'une structure de réseau (canal primaire dominant, à mi-pente ou mixte),
- de la trame optimale et des dimensions de la parcelle,

- d'un mode de régulation (commande des canaux par l'aval ou par l'amont) ou de mobilisation de la ressource en eau,
- d'un mode de desserte en énergie (énergie électrique fournie sur centrales électrogènes locales ou par des lignes d'un plus vaste réseau, énergie thermique),
- de "la crue de protection" des digues en bordure de rivière, s'il y a lieu,

La prise de décision se fait en comparant les coûts actualisés, les avantages et les inconvénients des solutions possibles. Le but de ce paragraphe est d'analyser les facteurs entrant dans cette prise de décision. Pour ce faire, les quatre exemples ci-dessous traités ont été choisis dans la mesure où chacun d'eux met particulièrement en relief l'importance d'un facteur donné dans le choix final d'une solution.

221 - Incidence du choix du taux d'actualisation : choix entre deux variantes de mobilisation gravitaire ou par pompage.

Deux variantes techniques V1 et V2 induisent respectivement des coûts d'investissement I1 et I2, des coûts de fonctionnement Fi et Fj étalés sur la durée de vie du projet. Pour pouvoir comparer ces coûts étalés dans le temps, il est nécessaire de recourir à l'actualisation qui permet de les ramener à une même année de référence. Les coûts actualisés C1 et C2 de ces variantes s'écrivent :

$$C1 = I1 + \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1+a)^i}$$

$$C2 = I2 + \sum_{j=1}^N \frac{F_j}{(1+a)^j}$$

a : taux d'actualisation choisi
 N : durée de vie du projet.

La principale difficulté réside à ce stade dans le choix d'un taux d'actualisation. L'importance et l'incidence de ce choix sont mis en évidence à travers l'exemple suivant (C.A.C.G. Transfert Gave - Echez (8)). Il s'agit du projet de transfert d'un débit de 3 m³/s prélevé dans le Gave de PAU (rivière de piémont) pour renforcer le débit de l'Echez (Affluent de l'Adour) ce qui rendrait possible des prélevements supplémentaires pour l'irrigation en Aquitaine. Deux variantes se sont révélées possibles pour mobiliser la ressource en eau : un transfert par gravité ou par pompage. Les coûts d'investissement des équipements et de fonctionnement sont récapitulés dans le tableau No 5.

La planche No 1 contient les courbes montrant l'évolution des coefficients d'actualisation de 5% et 10% et pour des durées de vie données. Ces courbes montrent qu'un taux d'actualisation élevé estompe les coûts éloignés dans le temps. Sur une durée de vie de 50 ans par exemple, ce coefficient est divisé par deux quand on passe d'un taux d'actualisation de 5% (18,26) à un taux de 10% (9,91), donc les variantes donnant lieu à des coûts faibles dans l'immédiat mais élevés dans le futur seront favorisés par le choix d'un taux élevé.

La planche No 2 donne l'allure des coûts actualisés sur une durée de 60 ans et pour des taux allant de 2% à 20%. Ces deux courbes appellent les commentaires suivants :

- 1 - La solution gravitaire caractérisée par un coût d'investissement nettement plus élevé et des coûts de fonctionnement faibles est moins sensible à l'actualisation ; dans la plage des taux choisis la variation n'est que de 12%. Par contre la solution pompage dont les coûts de fonctionnement sont très élevés est nettement plus sensible, les coûts actualisés accusant une baisse de 60%.
- 2 - A partir d'un taux d'actualisation un peu plus supérieur à 6%, la solution pompage devient nettement plus rentable et ce d'autant plus que le taux augmente.

Le choix du taux résultera donc de l'arbitrage entre le présent et le futur. S'il est élevé, ce sont les variantes à forte rentabilité (ou à moindre coût, le service rendu étant identique) dans l'immédiat qui sont choisies, exprimant ainsi la rareté des capitaux disponibles. Dans un pays disposant de capitaux en abondance donc pouvant miser dans le futur, le taux d'actualisation sera faible, ce qui permettra de réaliser la variante dont les bénéfices ne sont appréciables que dans le futur.

**TABLEAU RECAPITULATIF ET COMPARATIF
DES CHARGES INHERENTES AUX DEUX PROJETS**

	PROJET A <i>Solution "gravitaire"</i>	PROJET B <i>Solution "pompage"</i>
<u>Durée de vie :</u>		
- ouvrages et génie civil	60 ans	60 ans
- conduites de transfert	60 ans	60 ans
- équipements	20 ans	20 ans
<u>Coûts d'investissement (1/01/81)</u>		
- terrains y compris acquisitions ligne électrique SNCF	403 000	526 000
- ouvrages de génie civil y compris travaux spécialisés et études	17 819 000	10 544 000
- conduites de transfert (et études)	32 775 000	662 000
- équipements y compris études	2 003 000	7 268 000
<i>Sous total</i>	53 000 000	27 000 000
<u>Frais de fonctionnement (1/01/81)</u>		
- personnel	120 000	200 000
- entretien et maintenance	99 000	284 000
- énergie		1 404 000
<i>Sous total par an</i>	219 000	1 888 000

50

40

30

20

10

0

Durée de vie du projet

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

$$\alpha = 10\%$$

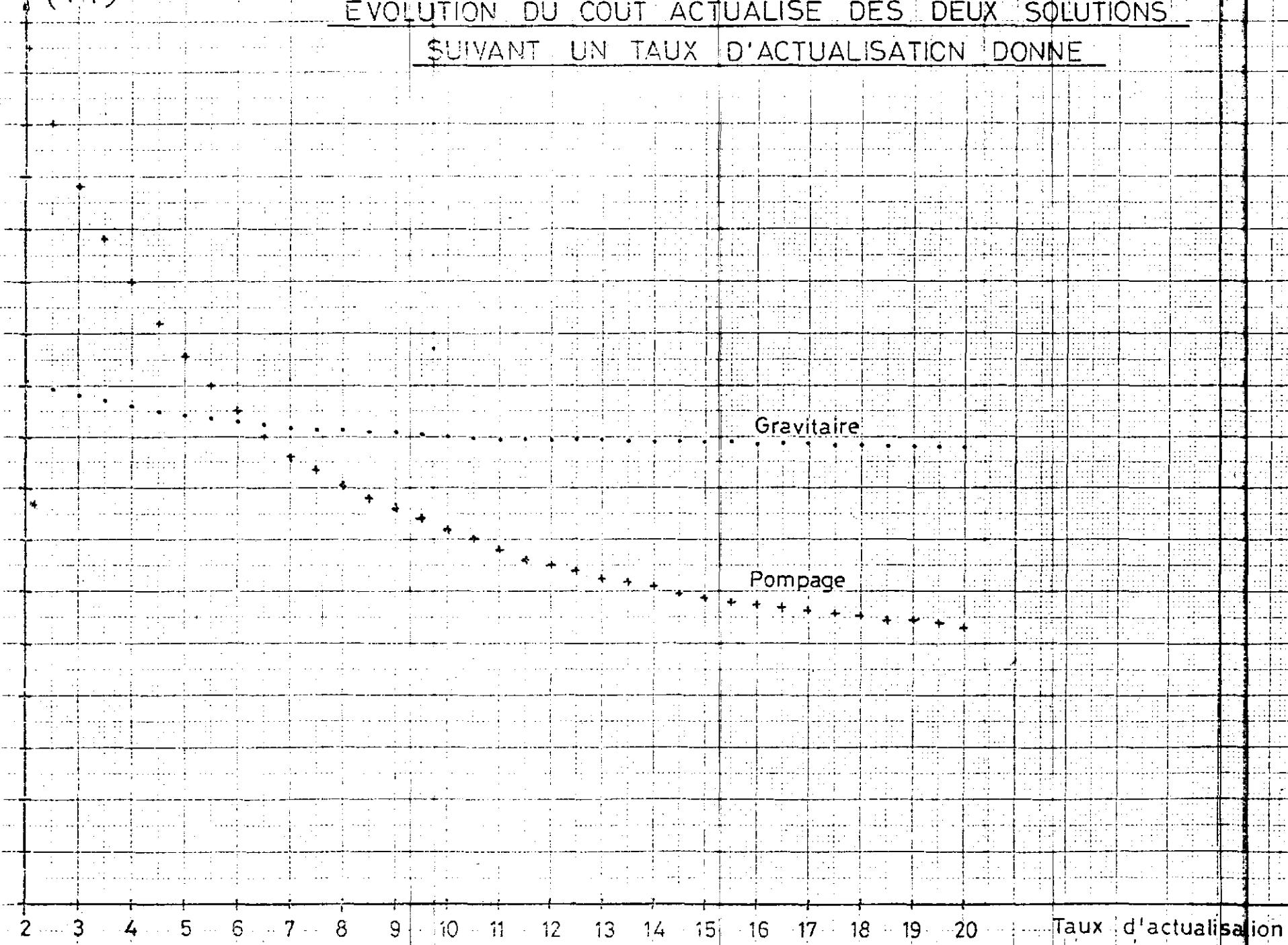
$$\alpha = 5\%$$

EVOLUTION DES COEFFICIENTS D'ACTUALISATION
POUR UNE DUREE DE VIE DU PROJET
ET UN TAUX D'ACTUALISATION
DONNES

$$(1+\alpha)^n$$

Coûts actualisés
(MF)

EVOLUTION DU COUT ACTUALISE DES DEUX SOLUTIONS
SUIVANT UN TAUX D'ACTUALISATION DONNE



Dans le cadre des investissements publics l'Etat choisit un taux d'actualisation ; celui-ci exprime les préférences du pays entre consommation immédiate et investissement à long terme. En France ce taux oscille entre 8 et 10% selon les derniers Plans.

Quand les fonds publics sont utilisés par le projet sous forme de subventions, il peut y avoir divergence entre l'intérêt collectif et l'intérêt local (niveau du projet).

Au plan de l'intérêt collectif, dans une situation de rareté des capitaux et sous l'optique unique des coûts actualisés, la solution pompage plus rentable dans l'immédiat sera préférée à la variante gravitaire plus couteuse à moyen terme mais plus avantageuse dans le futur.

Le Maître d'ouvrage en se plaçant uniquement au niveau de la zone du projet peut aboutir à une conclusion et un choix différent .

La planche No 3 montre l'effet d'une subvention de 60% sur les investissements . Dans ce cas, son choix se portera nettement sur la solution gravitaire qui présente des coûts actualisés moins élevés même pour des taux atteignant 15%. Cependant, ce choix correspondrait à une mauvaise utilisation des capitaux sur le plan national, ces subventions n'étant qu'un transfert au sein de la collectivité.

Plus généralement, les projets d'aménagement hydro-agricole interviennent dans un contexte de développement et utilisent des ressources rares. Leur nature même conduit à une rentabilité faible dans l'immédiat ce qui a priori autoriserait le choix d'un taux d'actualisation faible. Mais les capitaux étant rares, ce sont les projets ou les variantes de projet qui rentabilisent le mieux et à court terme les investissements (variantes ayant par exemple une forte proportion de cultures de rente dans l'assèlement) qui sont plus intéressants et seront sélectionnés par le choix d'un fort taux d'actualisation.

Ceci montre que le problème de la comparaison par les coûts actualisés dépend d'une politique d'investissement au niveau national et des priorités que se fixe le pays. Le paragraphe 2.3 revient de façon plus globale sur ce type de décision en analysant les facteurs financiers et économiques de rentabilité.

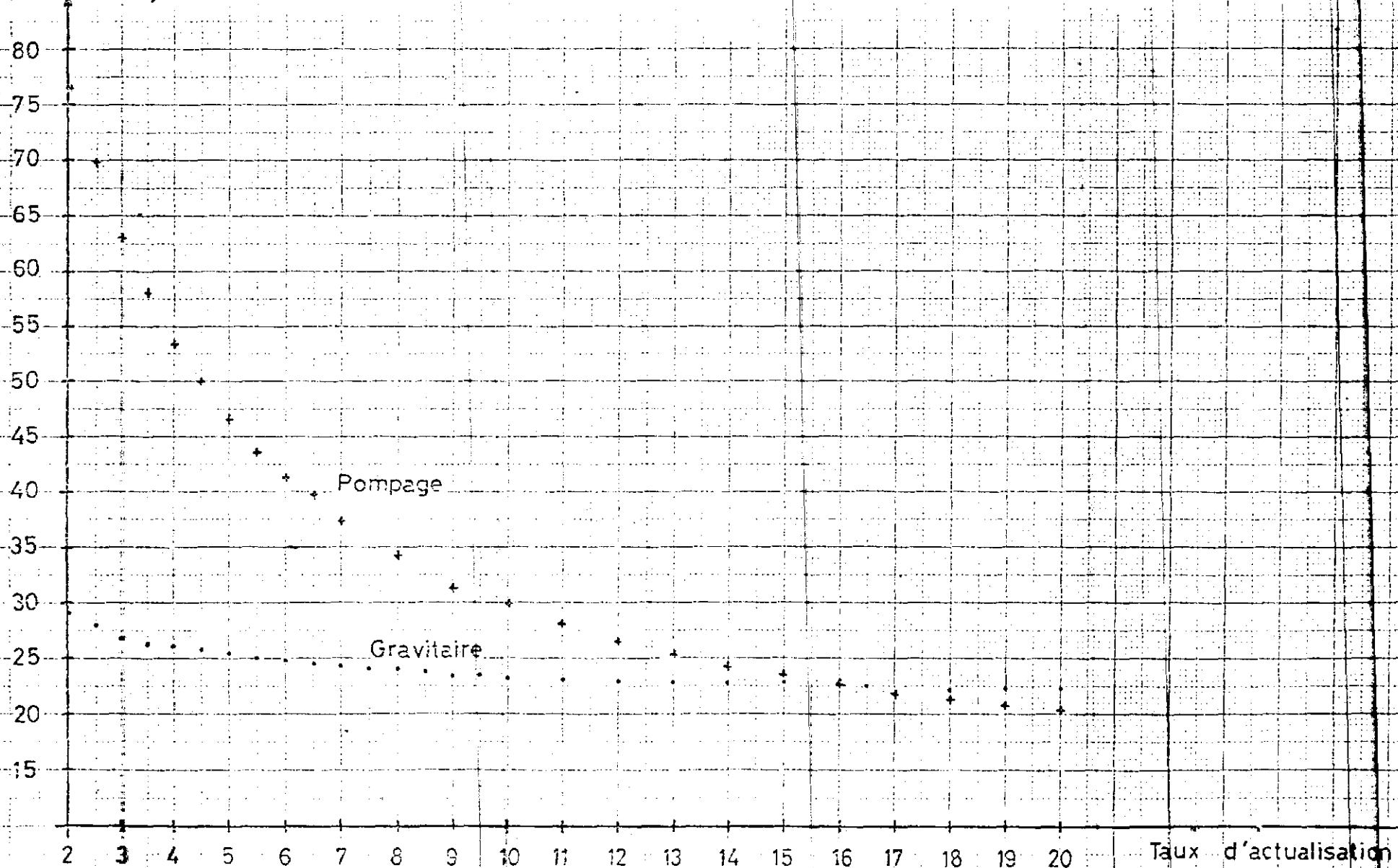
EVOLUTION DU COUT ACTUALISE DES DEUX SOLUTIONS

Coûts actualisés

SUIVANT UN TAUX D'ACTUALISATION DONNE

(PRISE EN COMPTE D'UNE SUBVENTION DE 60 %)

(MF)



222 - Incidences des critères qualitatifs

**2221 - Choix d'une structure de réseau au stade
d'avant-projet sommaire :**

Un système d'irrigation de surface comporte des canaux classés en plusieurs niveaux plus ou moins différenciés suivant le projet.

- Les canaux primaires dominent généralement tout ou partie du périmètre à desservir suivant qu'ils alimentent ou non des stations de pompage de reprise,
- Les canaux secondaires et tertiaires répartissent l'eau d'irrigation au sein du périmètre et la délivrent en tête des différents quartiers,
- Les canaux quaternaires ou canaux arroseurs répartissent l'eau au sein de chaque quartier et alimentent les différentes parcelles.

Les canaux primaires et tertiaires suivent généralement les courbes de niveau tandis que les secondaires et quaternaires suivent les lignes de plus grande pente.

En fait cette distinction en quatre niveaux du système d'irrigation est relativement arbitraire ; selon les caractéristiques spécifiques d'un périmètre donné (taille, topographie) une distribution en 3 ou même 2 niveaux peut être retenue.

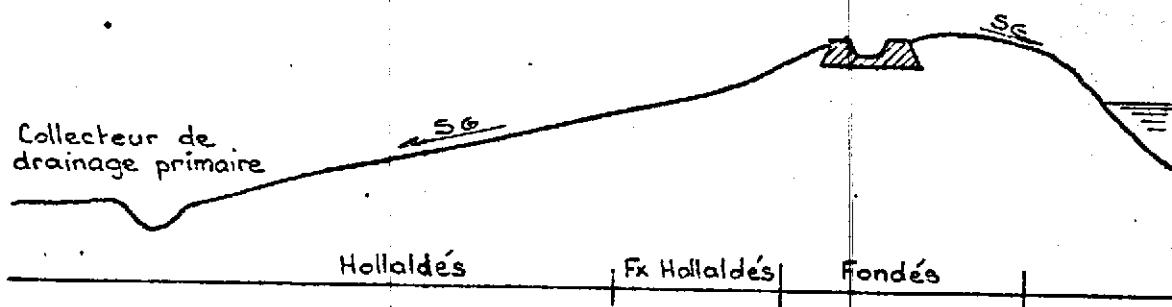
La structure du réseau d'irrigation doit permettre de satisfaire les objectifs suivants :

- optimisation de l'efficience (quantité d'eau utile / quantité mobilisée)
- économie de terrassement

VARIANTES DE CALAGE DES CANAUX PRIMAIRES

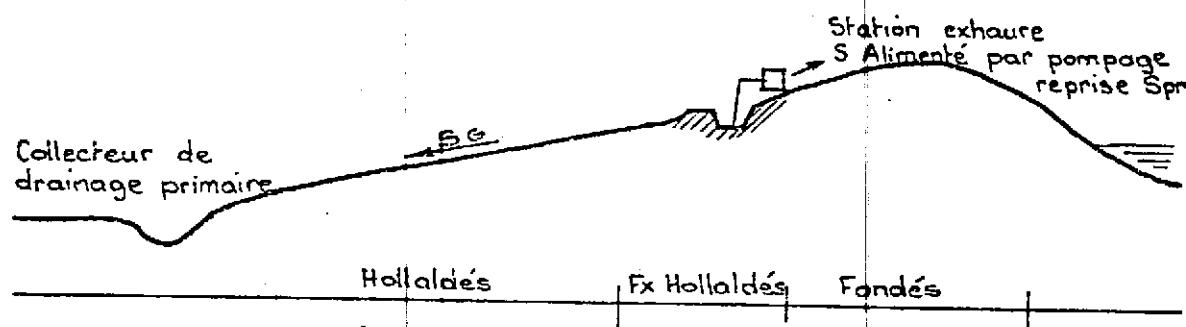
SOLUTION CLASSIQUE

Cd



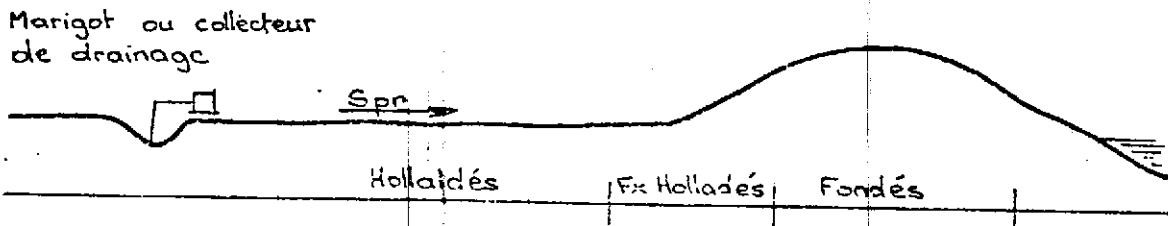
SOLUTION VARIANTE 1

Cdr



SOLUTION VARIANTE 2

Cr



Implantation	En crête sur sols de fondé en remblai (emprunts Fx holladés)
Desserte des SI	Gravitaire pour ensemble Surface SG

Alimentation	Par tous temps par pompage dans le Sénégal ou le Marigot. A une hauteur de refoulement permettant de dominer tout le périmètre
--------------	--

Implantation	Sur glacié fix Holladés en limite fondé en déblais - remblai
--------------	--

Desserte des SI	Gravitaire pour SI en dessous de canal - Par pompage de reprise au dessus
-----------------	---

Alimentation	Par pompage en B.E ^x Par gravité en H.E ^x
--------------	--

Implantation	Réutilisation d'un axe de drainage existant
--------------	---

Desserte des SI	Uniquement par pompage reprise
-----------------	--------------------------------

Alimentation	Par gravité en H.E ^x Stockage pour période B.E ^x
--------------	---

- limitation des charges hydrauliques pour éviter les risques de dégradation des canaux par renardage (notamment au niveau des ouvrages de prise à la parcelle)
- limitation du nombre d'ouvrages de régulation.

Cette structure dépend de la position du canal primaire à l'intérieur du périmètre. Ce canal peut être implanté de manière à ce qu'il :

- domine l'ensemble du périmètre ,
- domine une partie seulement du périmètre, les surfaces se trouvant au-dessus du canal étant desservies par des stations de pompage de reprise ,
- soit confondu avec le collecteur de drainage principal assurant ainsi une double fonction irrigation et assainissement. Dans ce cas il ne domine aucune surface, le périmètre n'étant alimenté que par des stations de reprise.

La planche No 4 représente de façon schématique ces trois structures possibles.

C'est sur la base de la morphologie du périmètre, de critères de coûts et de critères qualitatifs que l'on choisit une seule ou une combinaison de ces structures.

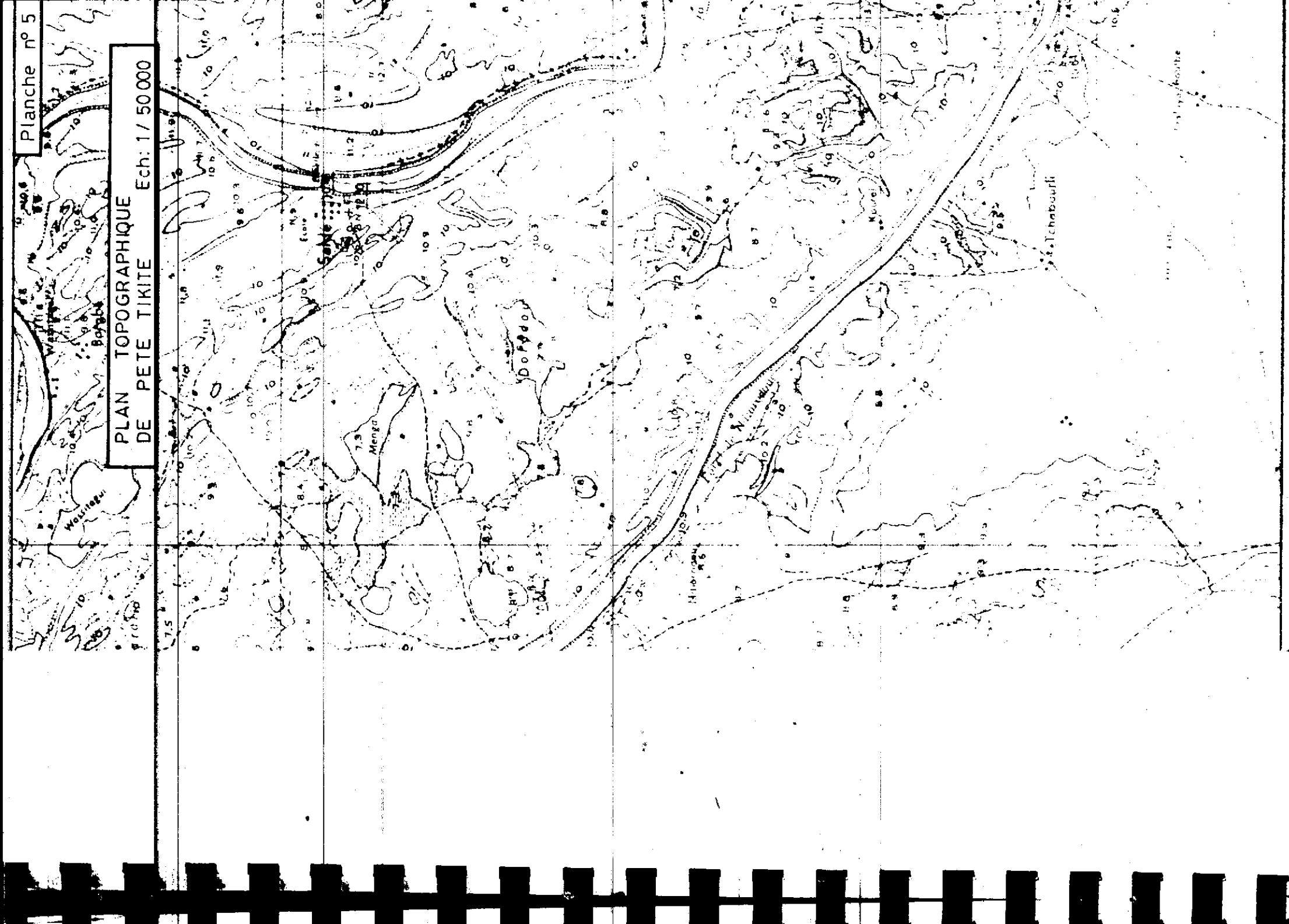
L'exemple qui suit extrait de l'avant-projet sommaire du périmètre de PETE TIKITE (moyenne Vallée du fleuve Sénégal) (GERSAR 1983-1984 (3)) a pour but de montrer l'importance de la prise en compte des critères qualitatifs dans ce choix.

2222 - Caractéristiques du périmètre de PETE TIKITE

La carte topographique au 50/000ème ci-jointe (planche N°5) montre la forme de la cuvette et ses caractéristiques morphologiques . Cette cuvette peut se diviser en 2 sous-cuvettes : cuvette de PETE NGOUI et cuvette de TIKITE.

PLAN TOPOGRAPHIQUE
DE PETE TIKITE

Ech: 1 / 50 000



Elle borde le marigot Doué sur 17 kms et le drainage naturel est assuré par deux axes de drainage dont les eaux s'accumulent dans une mare occupant le centre du périmètre. La cuvette relativement boisée présente un micro-relief très marqué.

2223 - Présentation sommaire des solutions d'aménagement

Deux solutions d'aménagement de cette cuvette sont envisageables, après découpage du périmètre en secteurs hydrauliques :

- une solution PT1 caractérisée par le fait que la desserte sera assurée par la totalité des surfaces aménagées par des canaux dominants, issus de stations de pompage implantées en bordure du marigot.
- une solution PT2 réservant ce type de desserte aux seules unités hydrauliques riveraines du marigot, les terres aménagées le long du Diéri (dunes de sable) étant alimentées par des stations de reprise.

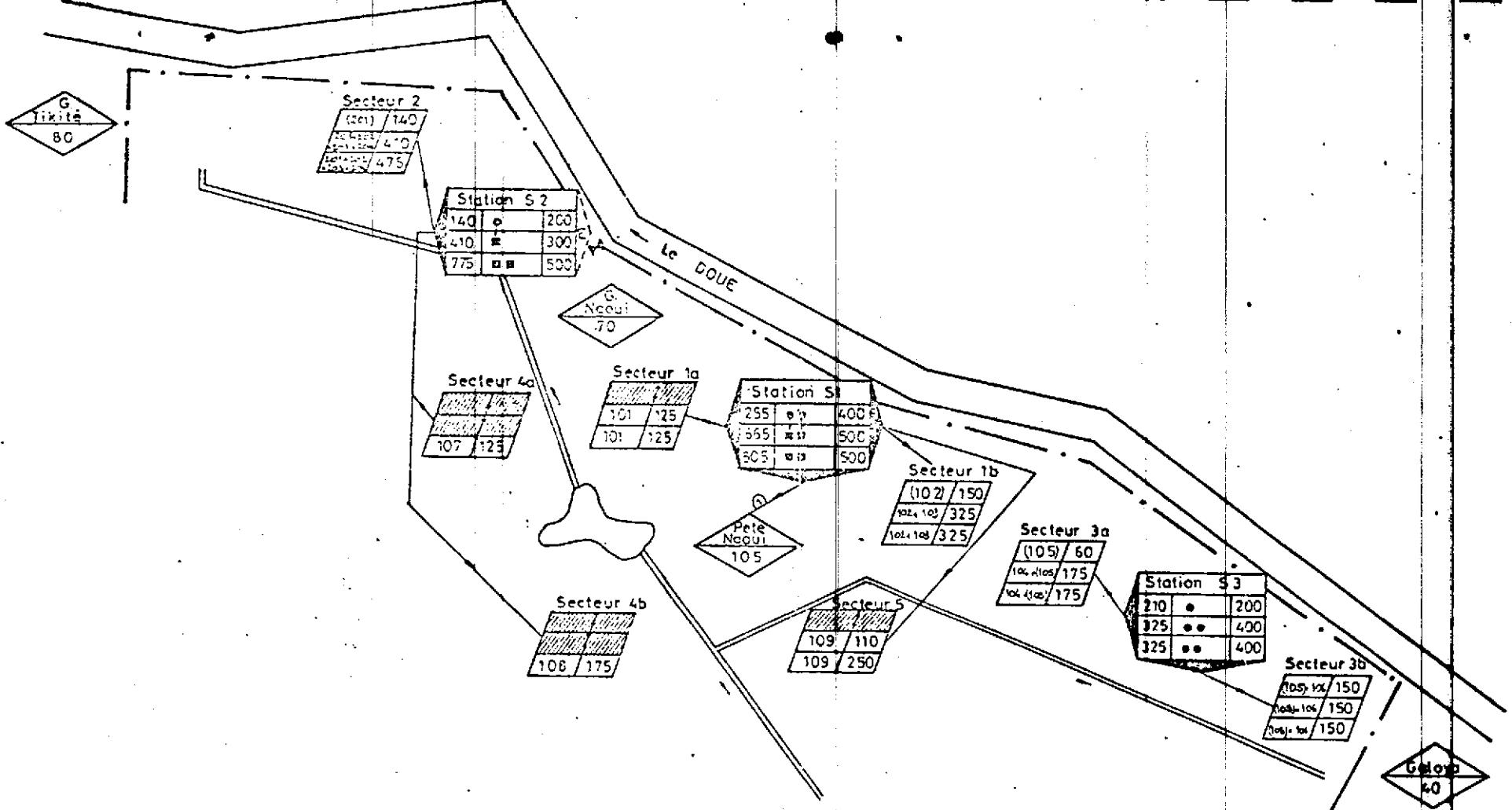
Ces aménagements se feront selon un scénario en 3 générations et au terme de la troisième étape, la cuvette aura la configuration schématisée par les tableaux synoptiques ci-joints pour chacune des solutions (Planches N° 6 et 7).

a - Solution PT1

Cette solution est caractérisée par la mise en place de 3 stations de pompage le long du marigot ; ces stations desservent les surfaces à irriguer par des canaux de grande longueur (6 à 7 kms) présentant localement des hauteurs de remblai hors sol importantes (3 m environ). La station S1 sera mixte car en plus de l'irrigation, elle servira occasionnellement pour le rejet des eaux d'assainissement en période de hautes eaux du Doué.

b - Solution PT2

Dans le cadre de cette solution 5 stations de pompage seront implantées au terme de la 3ème génération. Les secteurs (4a, 4b, 5) dont la desserte dans le cadre de la solution PT1 est envisagée par canaux dominants, seront alimentés par 2 stations de reprise implantées en bordure du drain principal qui servira d'adducteur mixte.



LEGENDE :

- **Radiogeneratj**
- **Ungt. generatj** Dugme til åndre og tredje gradstasjon (a),
- **Ungt. generatj** 2. gradstasjon (b), 3. gradstasjon (c)



Possibilities to prevent

A screenshot of the Microsoft Word ribbon interface showing the 'Dokument' tab selected. The ribbon tabs include 'Dokument', 'Format', 'Layout', 'Referenzen', 'Seite', 'Ansicht', and 'Hilfe'. Below the ribbon, there are several document-related icons: a large 'Dokument' icon, a 'Formatvorlage' icon, a 'Formatvorlagen' icon, a 'Formatvorlagen für Dokument' icon, a 'Formatvorlagen für Seite' icon, and a 'Formatvorlagen für Layout' icon. The main content area shows a blank document page with a small watermark 'Microsoft Word'.

Example: Number of galaxies detected in the H α filter vs. the H α filter magnitude (Figure 13) vs. the H α filter magnitude (Figure 14)

Surface arrondie dépassant 100 mm²

→ Persistence analysis

• *Castanea sativa*-PFT missions op. hester



```

graph LR
    D{ } -- "Q: Non" --> A1[ ]
    D -- "Q: Oui" --> A2[ ]

```

• PIV & erbar



a) New
 b) Surface highly branched

REFERENCES AND NOTES



	Diagram illustrating the following four conditions: a) All nodes have a value of 1 (Figure B). b) All nodes are black (Figure C). c) All nodes are equal to the maximum value allowed. d) All nodes are black and all values are zero.
	

卷之三

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PROJET :

INFRASTRUCTURES PRINCIPALES

N° Station	STATIONS DE PURIFICATION		AUX CIEUX (m)	COLL. DE (m)	PRES. MÉTÉO (m)	DIST. (m)	SOLAR. ET (m)
	N° Prof. (m)	N° FVA					
1er étage	3	1.75	800	6.0	11.0	-	6.0
2e étage	3	4.06	1800	17.0	14.0	-	6.0
3e étage	3	5.52	1400	27.0	18.0	-	6.0

CLAS DES SURFACES (fig. 10)

CREATIONS	REMARKS - LIMITATIONS	TOTAL PARTIES	TOTAL CURRENCE	PER MIL. IND. AND		SURFACES EXPOSURE PER POPULATION	
				ADDS CURE	BLDG CURE		
1944 GEN.	500	105	605	605	70	110	755
1945 GEN.	785	-	795	1400	70	110	1790
1946 GEN.	505	-	506	1905	70	110	2095

Schéma d'aménagement de la cuvette de Péti Tikité

Présentation synoptique

Solution PT 1

2224 - Analyse comparative des deux solutions

Deux types de classement ont été effectués :

- l'un, selon le critère du coût actualisé des investissements et des frais de fonctionnement, donne les résultats suivants pour un taux d'actualisation de 10 %.

PT1 : 4.397.000 FCFA

PT2 : 4.740.000 FCFA

Le schéma PT1 s'avère le plus avantageux du point de vue du coût actualisé (coût plus faible de 8%).

- Le 2ème classement a consisté à juger les deux solutions par l'intermédiaire d'une batterie de critères qualitatifs traduisant les avantages et inconvénients de chacune d'elles.

Ce classement visualisé dans le tableau suivant , place légèrement en tête le schéma PT2.

Critères qualitatifs

CRITERES	SOLUTIONS	
	PT1	PT2
Avantages		
• Création d'unités autonomes faciles à gérer par les organisations paysannes.	2ème	1ère
Inconvénients		
• Complexité de la gestion	1	2
• stations et ouvrages divers	2	1
• entretien canaux	1	2
• entretien drain	2	1
• Risques de sinistre pour une parcelle unitaire	1	2
• par rupture de canaux	2	1
• par obstruction de drain adducteur	1	2
• par suite panne groupe de pompage	2	1
Classement	3 fois 1er 4 fois 2ème	4 fois 1er 3 fois 2ème

2225 - Conclusion

Les deux classements, par les coûts actualisés et par les critères qualitatifs, sont divergents. Cependant aucun d'eux n'est suffisamment sélectif. C'est finalement la solution PT2 qui, bien que légèrement plus chère, a été choisie comme devant faire l'objet de l'avant-projet sommaire.

Les solutions de type PT1 sont basées sur la mise en oeuvre d'un nombre réduit de stations de pompage de grande taille alimentant de longs canaux d'adduction placés en crête et pouvant présenter des hauteurs de remblai importantes.

Ce type d'aménagement est moins onéreux à cause des économies d'échelle favorisées par la taille des ouvrages. Par contre, les solutions de type PT2 conduisent à un aménagement plus diffus et plus décentralisé ; les stations de pompage sont nombreuses, de petite taille réparties à travers le périmètre ; elles alimentent des casiers autonomes par repompage dans le drain principal quand c'est possible. Ce type de conception est plus onéreux sur le plan du Génie Civil et de la consommation énergétique (pertes de charges supplémentaires au niveau des stations de reprise) mais présente les avantages de la décentralisation ; prise en charge et responsabilisation des bénéficiaires, entretien plus aisés (sauf pour les stations de pompage).

Le choix d'un schéma d'aménagement d'un périmètre en phase d'avant-projet sommaire ne ressort donc pas seulement de considérations techniques ; la prise en compte des facteurs qualitatifs souvent liés à la gestion du périmètre peut être déterminante dans la décision.

223 - Choix de la trame optimale : optimisation des coûts d'aménagement

La définition des dimensions optimales de la parcelle-type ainsi que leur agencement (trame-type) peut relever d'une étude technico-économique dans le but d'optimiser les coûts de l'aménagement du quartier.

Dans le cadre des avant-projets sommaires d'aménagement de la Vallée du fleuve Sénégal, il s'est avéré nécessaire de faire cette étude. Dans la synthèse du schéma directeur jointe en annexe I on trouvera explicitée la méthode qui a permis de déterminer les superficies de la parcelle-type et du quartier-type.

Le quartier-type d'une superficie de 15 ha regroupe 60 parcelles unitaires de 0,25 ha chacune.

Le choix de la trame dépend du nombre de canaux arroseurs issus du partiteur situé à l'aval de l'ouvrage de prise sur le tertiaire d'irrigation. Dans le cadre de l'aménagement cité, ces canaux sont limités à trois dans le but de rendre leur entretien aisé.

Ainsi trois variantes de trames sont possibles (cf. planche No8). Chaque variante correspond à un découpage du quartier en bandes.

- Trame T1 = 2 bandes de 7,5 ha (30 parcelles/bande),
- Trame T2 = 4 bandes de 3,75 ha (15 parcelles/bande),
- Trame T3 = 6 bandes de 2,5 ha (10 parcelles/bande).

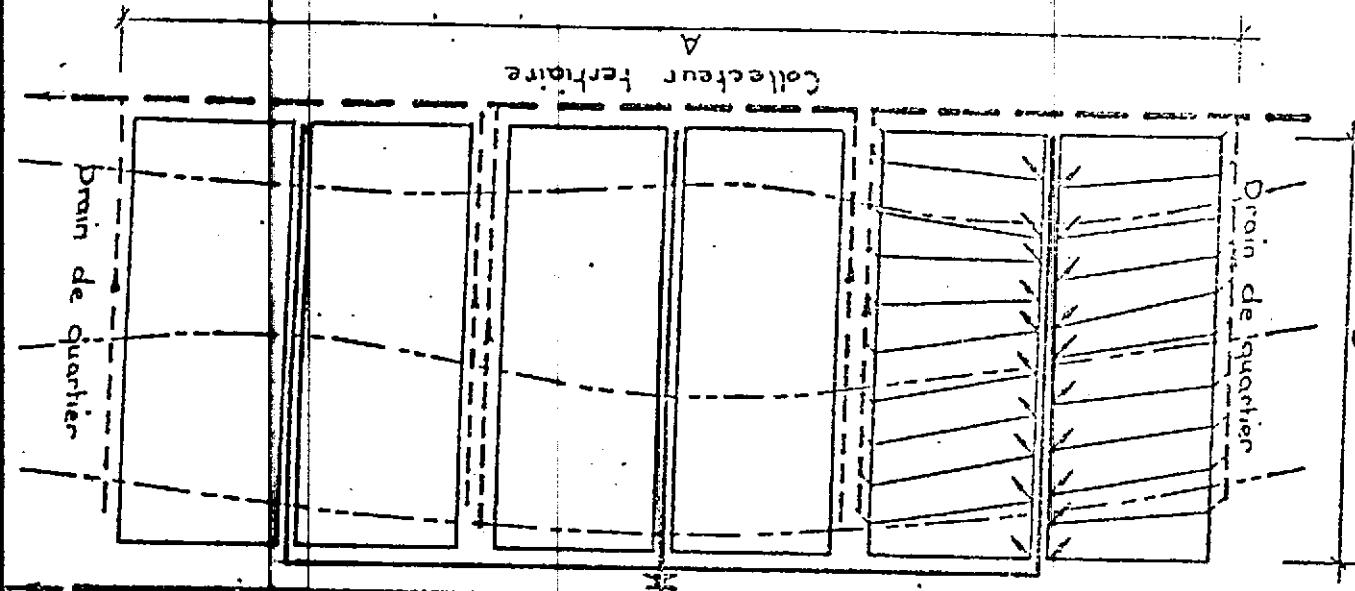
Le problème technico-économique posé est le choix d'une de ces trames qui doit minimiser les coûts d'aménagement du quartier, compte tenu des contraintes topographiques et culturelles (pente du quartier, mode de culture) et de la taille au périmètre.

a - Méthodologie retenue

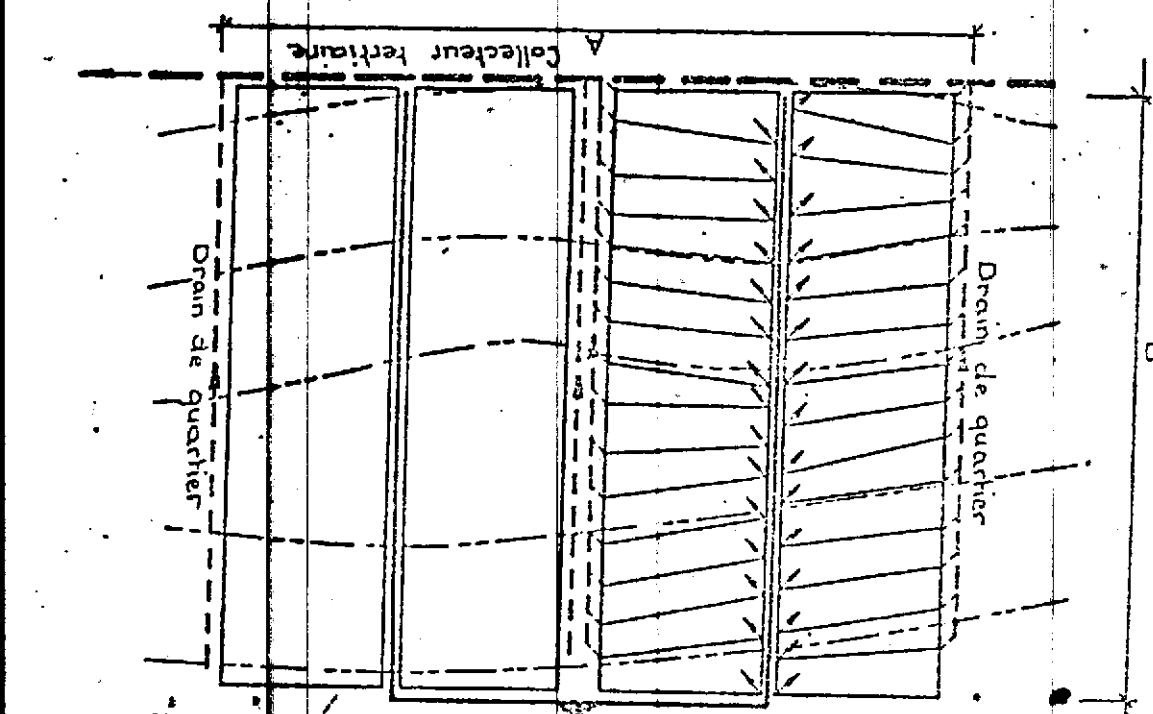
Pour un périmètre donné, le coût d'aménagement de l'hectare irrigué est la somme de plusieurs coûts :

- coûts liés à des équipements extérieurs au périmètre (stations de pompage, tête morte du canal primaire, endiguements) C1,
- coût des infrastructures internes au périmètre (canaux, drains d'assainissement, voirie) C2,
- coût des ouvrages et appareillages sur réseaux C3,
- coût d'aménagement à la parcelle (planage, ouvrage de prise,...) C4

En première approximation, les coûts C1, C3, C4 peuvent être considérés comme indépendants de la structure du réseau.



FRAME 13



Donc ce sont les coûts C2 qui sont essentiellement influants dans l'analyse. Trois facteurs jouent sur la sensibilité de ces coûts d'infrastructure :

- la taille du périmètre (facteur S),
- l'organisation interne du quartier-type (choix de la trame T1, T2 ou T3 (facteur t),
- les dimensions linéaires de la parcelle ; cette dimension est caractérisée par le facteur a qui est la longueur mesurée entre canal arroseur et le drain de quartier. Le mode de culture (culture mécanisée) projeté en troisième génération d'aménagement impose de choisir des parcelles compactes (largeur voisine de la longueur) pour que le matériel puisse évoluer aisément dans toutes les directions (cultures croisées); d'autre part, les parcelles de polyculture alimentées à la raie, doivent avoir une longueur limitée (50 m maximum) pour permettre une irrigation homogène.

L'analyse a été menée en considérant le schéma type d'un périmètre fictif à configuration régulière et en prenant quelques valeurs particulières des 3 facteurs .

- En ce qui concerne la taille du périmètre (S)

$$\begin{aligned} S &= 810 \text{ ha} \\ S &= 540 \text{ ha} \\ S &= 240 \text{ ha} \\ S &= 180 \text{ ha} \\ S &= 15 \text{ ha (superficie du quartier)} \end{aligned}$$

- En ce qui concerne la trame (t).

$$\begin{aligned} t &= 1 \text{ Trame T1} \\ t &= 2 \text{ Trame T2} \\ t &= 3 \text{ Trame T3} \end{aligned}$$

- En ce qui concerne la longueur de la parcelle (a) .

$$\begin{aligned} a &= 100 \text{ m (parcelle } 100 \times 25) \\ a &= 72 \text{ m (parcelle } 72 \times 35) \\ a &= 50 \text{ m (parcelle } 50 \times 50) \\ a &= 35 \text{ m (parcelle } 35 \times 72) \end{aligned}$$

Pour les parcelles rizicoles la lame d'eau submergeant la parcelle doit être maintenue à 10 cm maximum au-dessus du sol, ce qui impose d'avoir une dénivellation maximale du terrain naturel de 10 cm. Suivant les dimensions de la parcelle (largeur b), on aura des pentes différentes.

Le tableau No 6 donne les coûts d'ordre des infrastructures du périmètre en fonction de la trame et des dimensions de la parcelle pour une surface de 800 ha.

b - Résultats de l'analyse

La planche No 9 regroupe pour un périmètre de 800 ha les courbes donnant l'évolution des coûts des infrastructures de l'ha aménagé en fonction de la longueur de la parcelle et de la trame retenue en regroupant d'une part le coût total des infrastructures tertiaires, secondaires et primaires, d'autre part le coût total y compris les infrastructures quaternaires.

Le premier résultat met en évidence deux faits :

- 1 - Le poids relatif des infrastructures quaternaires (canaux, drains de quartier) est important.
- 2 - Pour un type de trame donné, la dimension optimale de la parcelle (celle qui donne le moindre coût) dépend de l'option prise quant à la réalisation de ces infrastructures quaternaires. Par exemple pour une trame de type T2,
 - $a_{opt} = 50 \text{ m}$ si les infrastructures quaternaires sont réalisées par les paysans eux-mêmes.
 - $a_{opt} = 75 \text{ m}$ si celles-ci sont réalisées par une entreprise.

La planche No 10 permet de déterminer la trame optimale suivant les dimensions de la parcelle. On peut faire les remarques suivantes :

- 1 - Pour une longueur de parcelle et une trame données, le coût des infrastructures est une fonction croissante de la taille du périmètre. (cf. planche 10)

ANALYSE DES COUTS DES INFRASTRUCTURES DU PERIMETRE
EN FONCTION DE LA FORME DE LA PARCELLE
ET DU CHOIX DE LA TRAME

CAS PARTICULIER
Secteur secondaire 270 ha
Perimètre S ≈ 800 ha

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

N° de la trame	Nbr de bandes: NB		Dimensions de la parcelle élé. par bandes		Pente RN i max correspondant à 5m = 10cm	Dimensions du quartier	
	Nbr parcellaire par bandes	np	a : longueur(L cat)	b : largeur(l/cat)		A (m²)	B (m)
T1	2	30	100	25	4‰	205	750
			72	35	2.8‰	149	1050
			50	50	2‰	106	1500
			35	72	1.4‰	76	2145
T2	4	15	100	25	4‰	422	375
			72	35	2.8‰	308	525
			50	50	2‰	222	750
			35	72	1.4‰	162	1072
T3	6	10	100	25	4‰	638	250
			72	35	2.8‰	467	350
			50	50	2‰	338	500
			35	72	1.4‰	248	715

INFRASTRUCTURES (Réseaux irrigation-assainissement - voirie)

Linéaires / ha net nominal

COUTS D'ORDRE INFRASTRUCTURES CFA / ha net × 10³

N° de la trame	NB	a (m)	b (m)	Canaux d'irrigation				Collecteurs d'assainissement				Voirie				Canaux		Collecteurs		Voirie Total	
				Prim.	Secun.	Tert.	Arras.	Prim.	Secun.	Tert.	Quart.	Prim.	Secun.	Quart.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
T1	2	100	25	4.5	5.8	5.2	50.3	4.9	3.6	14.6	100.4	12.6	45.3	155	126	56	40	129	343		
		72	35	3.7	8.0	6.1	70.3	3.7	12.0	10.9	140.4	19.4	50.3	151	176	53	56	138	505		
		50	50	2.7	11.3	4.5	100.3	2.7	17.0	9.0	230.4	22.5	61.4	163	251	55	80	164	345		
		35	72	2.1	16.3	3.4	143.3	2.1	24.1	6.3	236.4	28.4	80.3	156	358	54	115	213	571		
T2	4	100	25	9.7	30	16.2	64.7	9.7	4.8	23.3	122.8	24.1	52.2	227	161	81	40	159	475		
		72	35	7.3	4.1	12.0	81.0	7.3	6.2	21.4	143.8	20.7	47.8	197	232	70	56	142	398		
		50	50	5.3	5.9	2.8	109.3	5.3	8.7	13.7	230.8	19.4	56.9	164	273	60	80	154	386		
		35	72	4.7	8.2	6.6	143.3	4.7	12.3	11.7	236.7	23.3	52.3	160	372	56	115	144	553		
T3	6	100	25	14.5	21	24.2	73.1	14.5	3.2	43.4	101.2	32.9	67.2	317	133	122	41	210	553		
		72	35	10.7	2.9	17.9	317	10.7	4.3	32.1	141.2	25.8	50.4	243	223	32	56	171	505		
		50	50	7.9	4.4	13.0	122.1	7.9	5.9	23.4	231.2	21.7	48.9	193	323	74	82	166	492		
		35	72	6.5	5.3	3.7	154.8	6.5	8.3	17.4	247.2	22.3	48.1	173	302	42	115	163	532		

$$(6) = (1) + 3 ; (5)$$

$$(7) = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

~~2 - Le coût total d'aménagement (y compris infrastructures quaternaires est une fonction décroissante de la longueur de la parcelle quelle que soit la trame retenue.~~

~~3 - Quelle que soit la taille du périmètre, la trame optimale est une trame type T1 si la longueur de la parcelle est supérieure à 55 m, T2 dans le cas contraire.~~

c - Conclusion

Cet exemple a permis de développer le cas de l'optimisation des coûts des infrastructures internes du périmètre par le choix d'une trame et des dimensions de la parcelle.

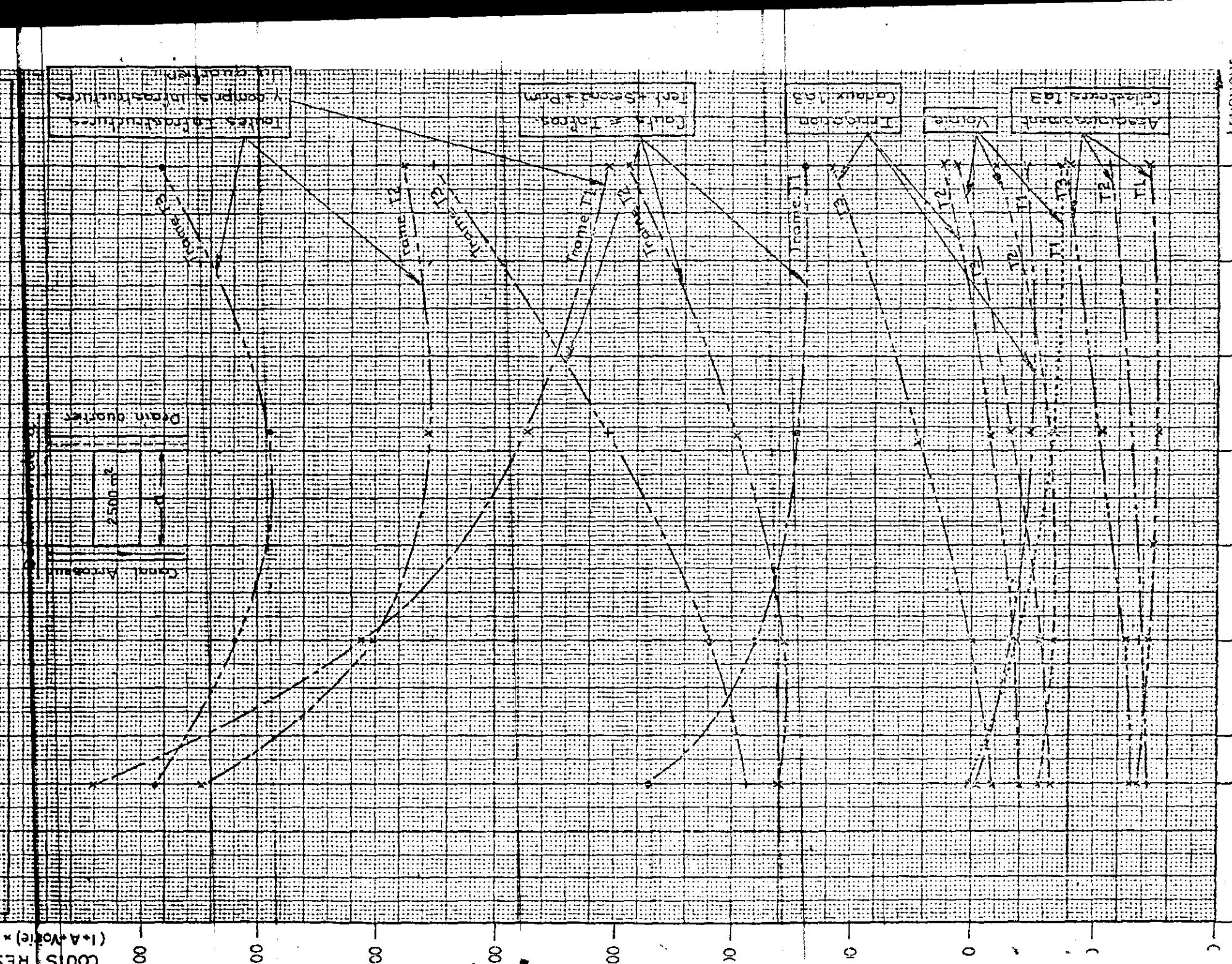
Cependant d'autres types d'options peuvent avoir des effets assez conséquents sur le coût total de l'aménagement du périmètre. C'est le cas du choix des ouvrages de régulation, tant du point de vue de leurs performances que de leur nombre. Deux objectifs peuvent déterminer ce choix :

- Economiser l'eau d'irrigation : quand celle-ci est rare ou obtenue pour l'essentiel par pompage, le prix de revient élevé impose que tout gaspillage soit évité dans la mesure du possible .
- Eviter les phénomènes d'instabilité des canaux : dans un périmètre donné, les débits appelés peuvent être très variables selon les secteurs. Si le canal principal dessert des secteurs où les besoins en eau des cultures sont très différents (secteur rizicole - secteur à assoulements polyculture) , on peut aboutir à de fortes variations des niveaux dans le canal. Ce marnage important du canal peut provoquer son instabilité surtout quand il est en remblai.

La meilleure solution technique satisfaisant ces deux objectifs, est la régulation des canaux principaux par l'aval qui tend à asservir tout le réseau à l'ouverture ou à la fermeture des prises aval alimentant les secteurs d'irrigations. Cette régulation par l'intermédiaire d'une vanne AVIS ou AVIO permet d'ajuster les débits injectés aux débits prélevés (économie d'eau) et ne provoque qu'un faible marnage des canaux qui sont toujours maintenus en eau (pas de risque d'instabilité).

ANALYSE DU COÛT DES INFRASTRUCTURES DU PERMETTEMENT EN FONCTION DE LA FORME DE LA PARCELLE ELEMENTAIRE ET DE LA TRAME RETENUE

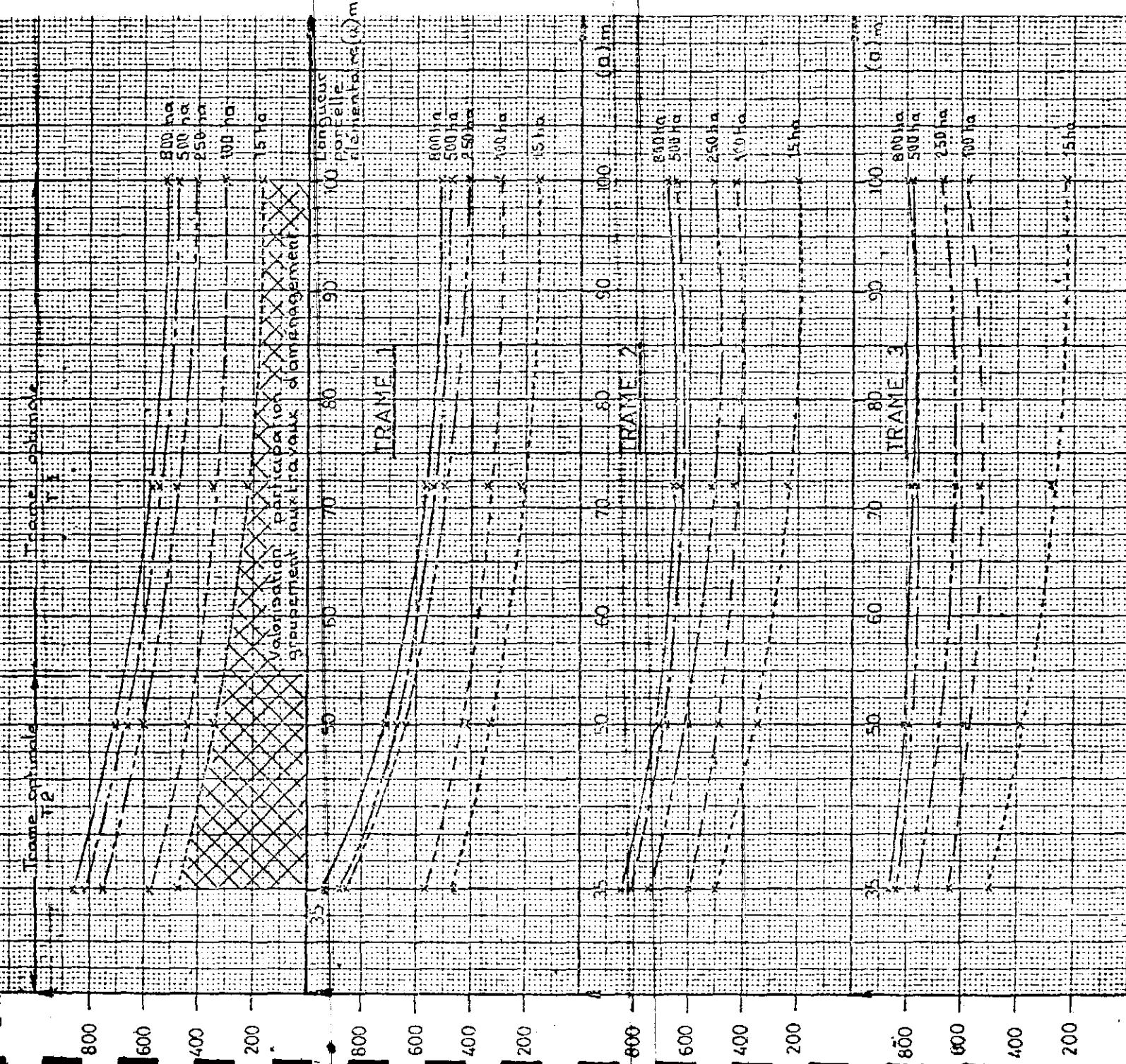
DU PERMETTRE EN FONCTION DE LA FORME
DE LA PARCELLE ELEMENTAIRE ET DE LA TRAME RETENUE



DROU / HAIDES / NERASTRUCTURES DU PERIMETRE Y COMPRIS ABDUCTEURS DU QUARTIER

NB : Ces cours d'eau sont ceux de l'ancienne configuration géométrique.
Puisque l'évaluation du réseau sera effectuée avec ce standard,
nous utiliserons le nom des cours d'eau actuels.

ENVELOPPE D'ORIGINE



Cependant malgré leurs performances, le coût élevé de ces ouvrages en interdit la mise en place systématique et la multiplication dans le périmètre. Une prise de décision technico-économique se heurte à la confrontation d'objectifs contradictoires : minimisation du coût de l'aménagement sous les contraintes de la limitation du gaspillage de l'eau et des risques de ruptures des canaux.

La prise en compte de cette contradiction donnera une configuration du réseau caractérisée par la co-existence de deux types de canaux du point de vue de la régulation.

- canaux à commande par l'aval : une vanne AVIO placée en tête du canal régule les débits délivrés par l'ouvrage de tête (vanne de prise sur la retenue, stations de pompage) en fonction de la manœuvre des prises aval et maintient dans le bief amont un plan d'eau constante.
- canaux à commande par l'amont : le fonctionnement du réseau étant asservi à celui de l'ouvrage de tête, cette solution pose des problèmes d'ajustement entre le débit appelé et le débit délivré, ce qui conduit à une adduction par excès (gaspillage d'eau pompée) et à des risques de marnage importants. Cependant, elle se justifie si le nombre de quartiers desservis par le canal est trop faible pour rentabiliser la mise en place d'une vanne AVIO.

224 - Choix entre types d'ouvrages : critères de la qualité du service rendu

Ce critère peut intervenir de façon décisive dans le choix entre deux types d'ouvrage. L'exemple qui suit présente le cas d'une analyse technico-économique ayant pour but de choisir entre deux ouvrages possibles de prise sur un canal tertiaire.

Cet ouvrage de prise a pour fonction de contrôler le débit fourni en tête du quartier d'irrigation (main d'eau).

La main d'eau déterminée pour servir dans le cadre d'un tour d'eau à l'intérieur du quartier peut être variable dans le temps pour des raisons normalement "exceptionnelles" mais qui peuvent se reproduire assez souvent.

En effet il peut y avoir dans le quartier un appel de débit supérieur à la main d'eau stricte ; cet appel d'un débit supplémentaire peut être consécutif à un rattrapage des irrigations à la suite d'une rupture prolongée du tertiaire par exemple ou à des retards sur le calendrier cultural.

Dans ces cas, l'ouvrage doit pouvoir fournir ce débit supplémentaire, quelque soit la variation du plan d'eau amont sans donner lieu à des pertes de charge trop importantes.

Deux types d'ouvrage peuvent répondre à ces objectifs :

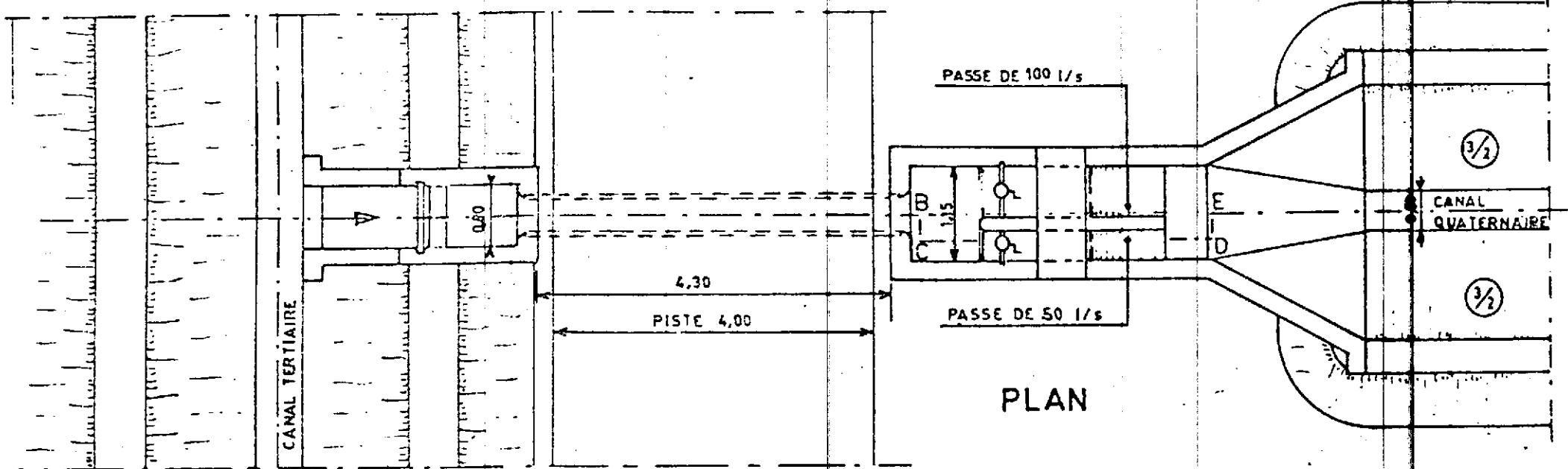
- ouvrages avec vannages (planche No 11)
(solution traditionnelle)
- ouvrages avec modules à masques (planche No 12)

Une estimation des coûts de ces ouvrages selon les deux hypothèses :

- dimensionnement strict selon la main d'eau (50 l/s)
- surdimensionnement (150 l/s)

donne les résultats suivants (FCFA) :

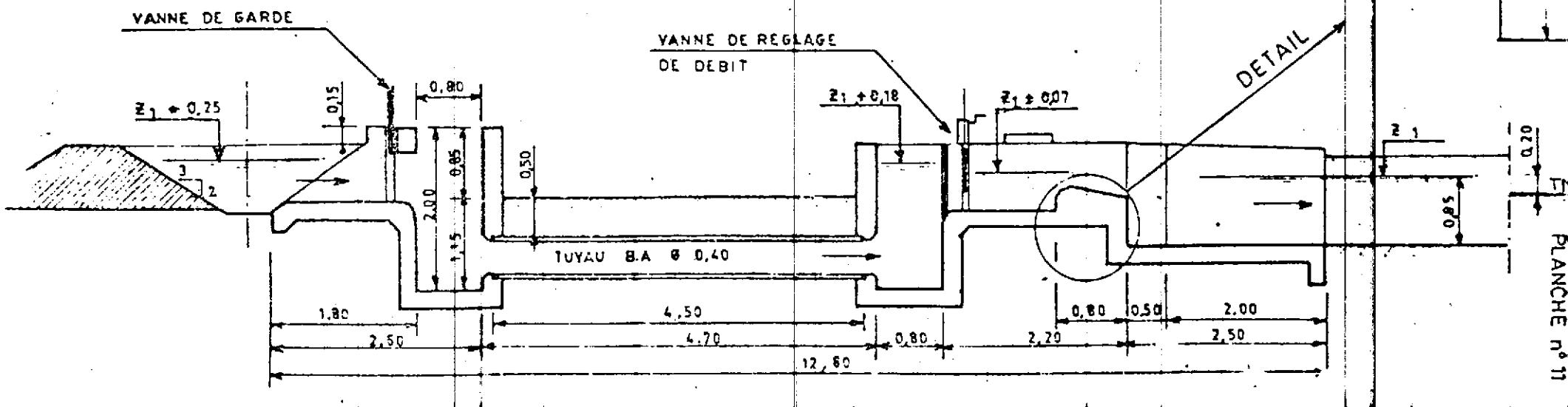
	Dimensionnement strict	surdimensionnement
Solution traditionnelle	800.000	900.000
Solution modules à masques	1.000.000	1.100.000



PLAN

DETAIL

COUPE A.B.C.D.E.F



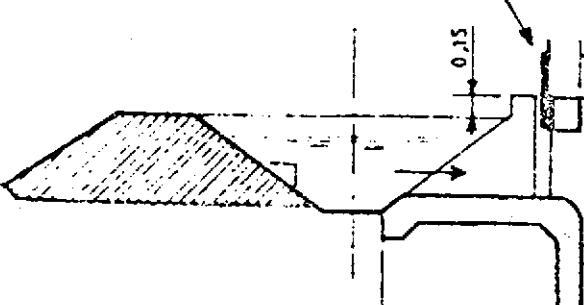
CARASSE F TTE C CANAL ARSE
SOLUTION : MODULES A MASQUES

CANAL TERTIAIRE

VANNE DE GARDE

COUPE A-B

MODULES A MASQUES



10,20,30 et 60 l/s

115

0,63

PLAN

DETAIL

DETAIL

PLAN C

Ces deux types de conception conduisent à des coûts très voisins avec un léger avantage à la solution traditionnelle.

Dans les deux cas le surdimensionnement n'induit pas un surcoût élevé.

- Sur le plan de la perte de charge totale de l'ouvrage au débit maximum, la solution module à masques présente un léger avantage.

	Prise et Buse	Ouvrage de réglage	Perte de charge Totale (cm)
Solution traditionnelle	7	16	23
Solution module	7	11	18

- Sur le plan de la sensibilité du réglage du débit aux variations du plan d'eau dans le tertiaire :

- . le débit est plus sensible avec la solution traditionnelle car on doit refaire de nouveaux réglages pour ajuster le débit si des variations importantes de régime se produisent à l'amont.

- . le module à masque est par contre plus performant car il permet un réglage du débit à + ou - 5% quelles que soient les variations en amont.

- Sur le plan de la souplesse d'exploitation seule la solution traditionnelle permet un réglage continu sur toute la plage des débits, du débit nul au débit maximum.

Le choix s'est finalement porté sur la solution traditionnelle qui exige moins d'appareillage hydromécanique et qui assure une sécurité d'approvisionnement en eau qui ne peut être apportée par le module à masques si le niveau de l'eau baisse en-dessous de son seuil.

Dans ce type de choix, l'avis de l'exploitant peut être décisif. En effet ce dernier, pour des raisons liées à son expérience ou à des facteurs psychologiques, peut exprimer sa préférence pour tel ou tel ouvrage.

23 - Prise de décision en fonction des critères économiques et financiers de rentabilité

Les différentes solutions techniques ont été analysées dans la phase d'avant-projet sommaire ; la meilleure solution a fait l'objet d'une étude technique qui a permis de préciser le canevas hydraulique, la quantité d'ouvrages nécessaires et les coûts d'investissement et de fonctionnement (Personnel, Energie, Maintenance) du projet.

Le stade d'évaluation économique et financière consécutif à cette étude d'avant-projet sommaire donne lieu à un certain nombre de décisions fondamentales basées sur des critères de rentabilité dont l'analyse est l'objet de ce paragraphe.

Ces décisions sont principalement liées au choix d'une tarification des eaux, du mode de financement des investissements et du jugement sur l'opportunité ou non de réaliser le projet.

Elles ont des répercussions différentes selon le niveau d'analyse considéré (niveau de l'agriculteur, de l'organisme de gestion ou de l'Etat, niveau du projet, niveau de la collectivité), et selon qu'elles ont un caractère financier ou économique.

Les différentes méthodes d'analyse préalable à la prise de décision seront sommairement exposées, leurs incidences et limites seront mises en évidence à travers des exemples concrets pour rester fidèles à l'option exprimée dans l'introduction de se démarquer d'une approche trop méthodologique.

231 - Critères de choix d'une tarification

Les agents économiques les plus concernés par ce choix sont le paysan, l'organisme chargé de la gestion du périmètre et à travers ce dernier, l'Etat.

Le prix de l'eau d'irrigation est le principal paramètre influant le compte d'exploitation de ces agents.

Le "guide de l'évaluation économique des projets d'irrigation" de l'OCDE (Bergmann et Boussard (4)) distingue 4 grands types de tarification regroupés en fonction de la philosophie générale qui les inspire :

- Tarification socio-politique permettant la couverture des seuls frais d'exploitation du réseau afin d'obtenir le revenu agricole maximal dans le périmètre,
- Tarification au coût moyen visant le remboursement total ou partiel des investissements et la couverture des charges d'exploitation par les irrigants,
- Tarification aux avantages en vue de la répartition des avantages de l'irrigation entre les paysans et la collectivité en fonction des services offerts par cette dernière,
- Tarification au coût marginal afin de faire payer à l'agriculteur le coût réel de l'eau pour encourager l'utilisation optimale de celle-ci, dans le cadre d'une irrigation à la demande.

Les incidences financières de ces différents types de tarification sont analysées à travers l'exemple du périmètre de GUEDE (Avant-projets sommaires de l'aménagement de la Rive Gauche du Fleuve SÉNÉGAL) (GERSAR 1983 (2)) :

a) Tarifications envisageables

La SAED (Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta) applique la tarification suivante sur ses périmètres déjà équipés ; cette tarification calculée sur la base de la superficie irriguée a été ramenée à la quantité d'eau pompée.

Coût de l'eau : Tarification actuelle de la SAED

Type de culture	Tarification actuelle (FCFA/ha)	Quantité d'eau pompée (m ³ /ha)	Tarification en FCFA/m ³
Riz double culture	50 000	49 228	1,02
Tomate	35 000	17 305	2,02
Niébé	15 000	8 659	1,75
Sorgho	15 000	7 930	1,89
Maïs	15 000	8 417	1,78

En faisant le calcul sur la base de la répartition des surfaces irriguées du périmètre de GUEDE (306 ha de riziculture, 310 ha de polyculture) et des quantités d'eau pompées sur la durée de vie du projet (30 ans), cette tarification donne un prix moyen de l'eau de 1,22 F/m³.

Dans le tableau suivant, on trouve le prix moyen de l'eau prenant en compte différentes hypothèses de tarification possibles basées sur les charges réelles consécutives à l'aménagement du périmètre de GUEDE :

Coût de l'eau : Tarifications envisageables

Charges prises en compte	Montant total (millions de m ³)	Quantité d'eau pompée (M de m ³)	Tarification envisageable (F/m ³)
Coûts de fonctionnement seulement	1 467	590	2,5
Coûts de fonctionnement + provisions pour renouvellement	1 788	590	3,0
Coûts de fonctionnement de renouvellement et 50 % de l'investissement initial	2 453	590	4,1
Coûts totaux : fonctionnement, renouvellement, investissement initial	3 118	590	5,3

Les résultats de ces calculs appellent les commentaires suivants :

- La tarification actuelle de la SAED est socio-politique car quelle que soit l'hypothèse prise, elle ne permet même pas de recouvrir les seules charges de fonctionnement des aménagements,
- Elle tend à avantager la culture du riz par rapport aux autres cultures,
- Si on tient compte des dates de réalisation des dépenses et qu'on introduit un taux d'actualisation, le calcul du coût moyen de l'eau prenant en compte la totalité des charges (investissement, renouvellement, fonctionnement), on obtient les résultats suivants :

Taux d'actualisation	Coût total actualisé	Quantité totale actualisée d'eau pompée	Coût moyen de l'eau
0 %	3 118	590	5,3
5 %	2 232	300	7,4
10 %	1 866	184	10,1

Avec le taux d'actualisation de 10 % communément retenu par le Ministère du Plan, la valeur 10,1 F/m³ représente le véritable prix de revient de l'eau pour ce projet. L'écart avec la tarification actuelle de la SAED est très important.

b) Conséquences des différentes tarifications possibles

Dans la suite de cette analyse, trois hypothèses ont été retenues pour montrer les incidences financières sur l'agriculteur et l'organisme de gestion :

- Tarification actuelle de la SAED : 1,22 F/m³,

- Tarification basée sur le recouvrement des seuls coûts de fonctionnement et de renouvellement : 3 F/m³,

- Tarification permettant de couvrir la totalité des charges non actualisées : 5,3 F/m³.

Conséquences au niveau de l'exploitation familiale type :
 L'exploitation familiale type est constituée par hypothèse d'une famille de 10 personnes mettant en valeur 0,5 ha de riziculture et 0,5 ha de polyculture en année de croisière. Sur la base de l'hypothèse d'une auto-consommation de 150 kg de céréales brutes par personne et par an, cette famille satisfait ses besoins alimentaires pour une valeur équivalente de 77 000 F/an.

Le tableau suivant indique le revenu supplémentaire que peut espérer cette famille en année de croisière et sa répartition en auto-consommation et en revenu monétaire :

Revenu familial (FCFA/an)			Valeur de l'auto-consommation familiale	Revenu monétaire		
hyp. 1	hyp. 2	hyp. 3		hyp. 1	hyp. 2	hyp. 3
345 000	286 300	152 300	77 000	268 000	209 300	75 300

L'analyse des comptes de trésorerie prévisionnels de la SAED donne les résultats suivants sur le solde net de trésorerie cumulé en année de croisière :

- hyp. 1 - 230 millions de FCFA,
- hyp. 2 - 34,9 millions de FCFA,
- hyp. 3 + 231 millions de FCFA.

Les résultats de l'ensemble de l'analyse conduisent aux remarques suivantes :

- 1) L'application d'une tarification suivant l'hypothèse 1 permet à l'exploitation familiale de dégager un revenu monétaire substantiel (268 000 FCFA/an), mais présente des inconvénients :

- L'organisme de gestion présente un solde net de trésorerie constamment négatif dès la 2e année et qui devra être comblé par l'apport de fonds publics provenant de l'Etat, donc de la collectivité entière. Ceci conduirait à une situation où les membres de la collectivité supporteraient une partie des coûts d'irrigation au bénéfice des agriculteurs du périmètre qui en plus ont l'avantage de disposer de la faculté d'irriguer
- Cette tarification socio-politique (prix de l'eau à un niveau nettement inférieur à son coût de revient) peut induire des inconvénients sur la production attendue du projet. Un prix de l'eau trop faible ne renseigne pas l'agriculteur sur le coût réel de l'eau et ne l'incite pas à augmenter ses gains de productivité. En effet, en prenant conscience du coût réel de l'eau, l'agriculteur adoptera plus facilement des techniques culturales nouvelles plus productives et susceptibles de mieux rentabiliser l'eau (adoption de variétés nouvelles, des engrains, des techniques de travail du sol plus performantes, réduction des gaspillages).

- 2) La tarification selon la 3e hypothèse, bien que ne représentant pas le coût réel de l'eau pour la collectivité (absence d'actualisation), semble plus souhaitable car non seulement elle permettrait au paysan de dégager un revenu monétaire non négligeable (75 300 FCFA, diminution de 71 % par rapport à l'hypothèse 1), mais favoriserait l'équilibre du compte de trésorerie de la société gestionnaire :

On voit par cet exemple que le choix d'une tarification résulte de considérations financières, politiques et même psychologiques. Dès lors que l'eau n'est pas gratuite, il y a un arbitrage à faire entre la volonté de fixer un prix qui maintienne la pratique de l'irrigation attractive pour le paysan sans que cela entraîne un coût trop élevé pour la collectivité. Le choix d'une tarification peut aussi poser des problèmes de justice sociale et d'équité.

En effet, dans le cas où l'organisme doit gérer plusieurs périmètres, la question de savoir s'il faut appliquer un tarif unique ou pas sur l'ensemble de la zone peut se poser.

69

Une tarification spécifique au périmètre donnerait lieu à des prix de l'eau très différents et à des disparités de revenu sur l'ensemble de la zone.

Cette nécessité d'équité sociale peut être compatible avec celle de prendre en compte le coût réel (ou opportun) de l'eau en recourant à la tarification marginale.

La tarification à la demande (suivant les heures creuses ou de pointe et la saturation du réseau), n'étant pas envisageable en irrigation de surface avec organisation d'un tour d'eau (le débit demandé étant limité à l'entrée du quartier), on peut utiliser le coût marginal du dernier périmètre construit comme base de tarification. Cette méthode peut cependant défavoriser les irrigants des vieux périmètres car le coût de l'eau deviendra de plus en plus élevé (accroissement du coût des facteurs de production intervenant dans l'aménagement).

232 - Rentabilité financière du projet T.I.R financier, choix d'un mode de fonctionnement

La question posée à ce stade est de savoir si le projet dans son ensemble est financièrement rentable et si oui, quels sont les modes de financement envisageables.

Financièrement, un projet se caractérise par une dépense initiale d'investissements (I), étalée ou non sur les premières années de mise en place des infrastructures, une chronique de flux financiers représentés par des dépenses de renouvellement, de fonctionnement (F) et les recettes attendues du projet (R). Il est rappelé ci-après la définition des principaux critères utilisés ; une analyse détaillée du critère du Taux Interne de Rentabilité (T.I.R.) financier, le plus souvent employé dans l'analyse de projets, permettra de soulever les questions liées aux décisions de financement :

- Critère du temps de récupération

Le temps de récupération est le délai nécessaire pour que les dépenses d'investissement soient amorties par les bénéfices du projet. C'est un critère de prudence qui tend à favoriser les projets permettant de récupérer au plus vite la mise de fonds initiale.

- Critère du coefficient de capital

Le coefficient de capital s'exprime par le rapport du cumul des bénéfices attendus pendant la durée de vie du projet sur l'investissement initial. Il mesure le rendement de l'unité monétaire investie au départ. Le principal inconvénient de ce critère est le fait qu'on ne tient pas compte de l'actualisation car les bénéfices sont pondérés de façon identique dans le temps quelle que soit la période où ils interviennent

- Critère du ratio bénéfice-coûts

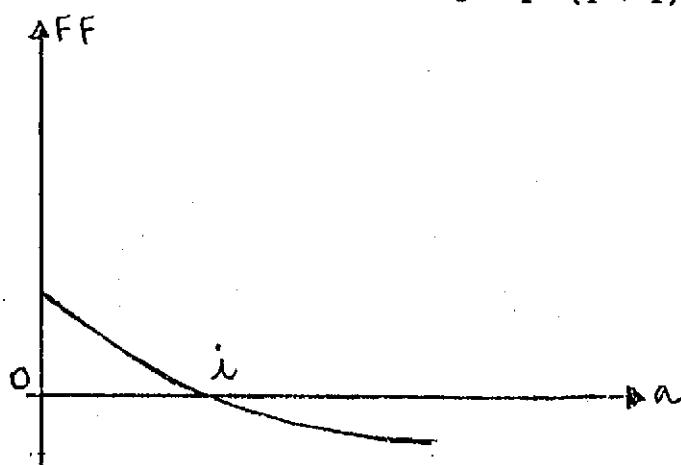
Ce ratio pallie l'inconvénient du coefficient de capital et fait recours à l'actualisation. Il s'exprime par le rapport des bénéfices actualisés sur la somme actualisée des investissements et des renouvellements année par année

- Taux interne de rentabilité (T.I.R.)

Les flux financiers du projet sont déterminés par la différence entre les recettes supplémentaires et les coûts d'investissement, de renouvellement et de fonctionnement évalués aux prix du marché. Les recettes supplémentaires sont celles qui résultent de la comparaison entre les valeurs de la production avec et sans projet.

Le Taux Interne de Rentabilité est le taux d'actualisation qui annule la somme des flux financiers (FF) actualisés, soit : i , ce taux d'actualisation, N , durée de vie du projet :

$$\sum_{t=1}^N \frac{(FF)_t}{(1+i)^t} = 0$$



Dans le cas d'un choix entre deux projets incompatibles ou deux variantes de projet, celui qui aura le T.I.R. le plus élevé sera généralement préférable.

Utilisé comme un moyen de comparaison, ce critère appelle les mêmes remarques que celles formulées pour le taux d'actualisation (cf. 221). Dans ce qui suit, on s'intéressera au T.I.R. en tant qu'élément final de prise de décision dès lors que les grandes options techniques du projet ont été déjà prises. Pour ce faire, nous nous interrogerons sur sa valeur réelle et son intérêt, dans le cadre d'une politique d'investissement.

Les éléments auxquels on peut comparer le T.I.R. d'un projet d'aménagement donné sont les taux d'intérêt du marché financier et le taux d'actualisation retenu dans les programmes du pays considéré.

Comparé aux taux d'intérêt pratiqués sur les marchés financiers, "le Taux de Rentabilité Interne" donne une indication sur le taux maximum d'intérêt que peut supporter un projet si la totalité de ses besoins de financement est couverte par des emprunts (M. BRIDIER, S. MICHAÏLOFF : Guide pratique d'analyse de projets (5)). Un projet sera financièrement rentable dans son ensemble à condition que son financement supporte un taux d'intérêt inférieur à son T.I.R.

Cette optique se situe donc au niveau de l'ensemble du projet, indépendamment de la politique d'investissement du pays. La prise en compte de l'intérêt de la collectivité entière nécessite de comparer aussi le T.I.R. au taux d'actualisation du pays qui "exprime l'importance relative des disponibilités globales d'épargne par rapport aux possibilités d'investissement et le degré de préférence de la collectivité entre biens présents et biens futurs", selon la note de méthode provisoire du Ministère des Finances (France) intitulée "Appréciation de la Rentabilité Economique des Investissements (1)".

La note poursuit :

"Le montant des crédits disponibles étant fixé, dans le cadre du Plan, lorsque différents projets indépendants sont examinés et classés entre eux par ordre de rentabilité moyenne décroissante, c'est l'épuisement des crédits disponibles qui détermine la limite en deçà de laquelle on renonce aux projets restants. Le taux d'actualisation correspond au Taux de Rentabilité Interne du projet qui est le dernier à entrer dans l'enveloppe des crédits. Le taux d'actualisation est d'autant plus faible à un moment donné que l'épargne globale (volontaire ou forcée) est plus importante".

Cette définition permet de voir l'interaction entre le T.I.R. du projet et le taux d'actualisation du pays. La collectivité c'étant fixée, un seuil de rentabilité (taux d'actualisation), les ressources affectées à un projet donné ne seront financièrement rentables pour la collectivité que si le T.I.R. est supérieur à ce seuil.

Ces remarques sur la signification du T.I.R., si elles ont le mérite d'en éclairer le sens sur un plan théorique, méritent cependant d'être relativisées. C'est le but de l'analyse qui suit concernant l'aménagement de petits périmètres irrigués villageois dans le département de PODOR (Rive Gauche du Fleuve SENEGAL) (GERSAR 1983 (11)).

a) Caractéristiques de l'aménagement

Les périmètres irrigués villageois sont basés sur un type d'aménagement directement pris en charge par les bénéficiaires eux-mêmes au sein d'organisations de producteurs indépendantes spécifiques.

Ces aménagements reposent sur des techniques de petite hydraulique agricole caractérisée par une très faible taille et par la simplicité et la rusticité des aménagements. Ils comprennent trois composantes (cf. planche no 13 : Schéma de principe d'un périmètre irrigué villageois) :

- une station de pompage constituée d'un groupe motopompe thermique sur bac flottant installé dans le lit mineur du fleuve et capable d'alimenter 20 ha environ,
- une canalisation d'adduction ou un canal "tête morte",
- le réseau proprement dit, aménagé avec une participation très significative des paysans.

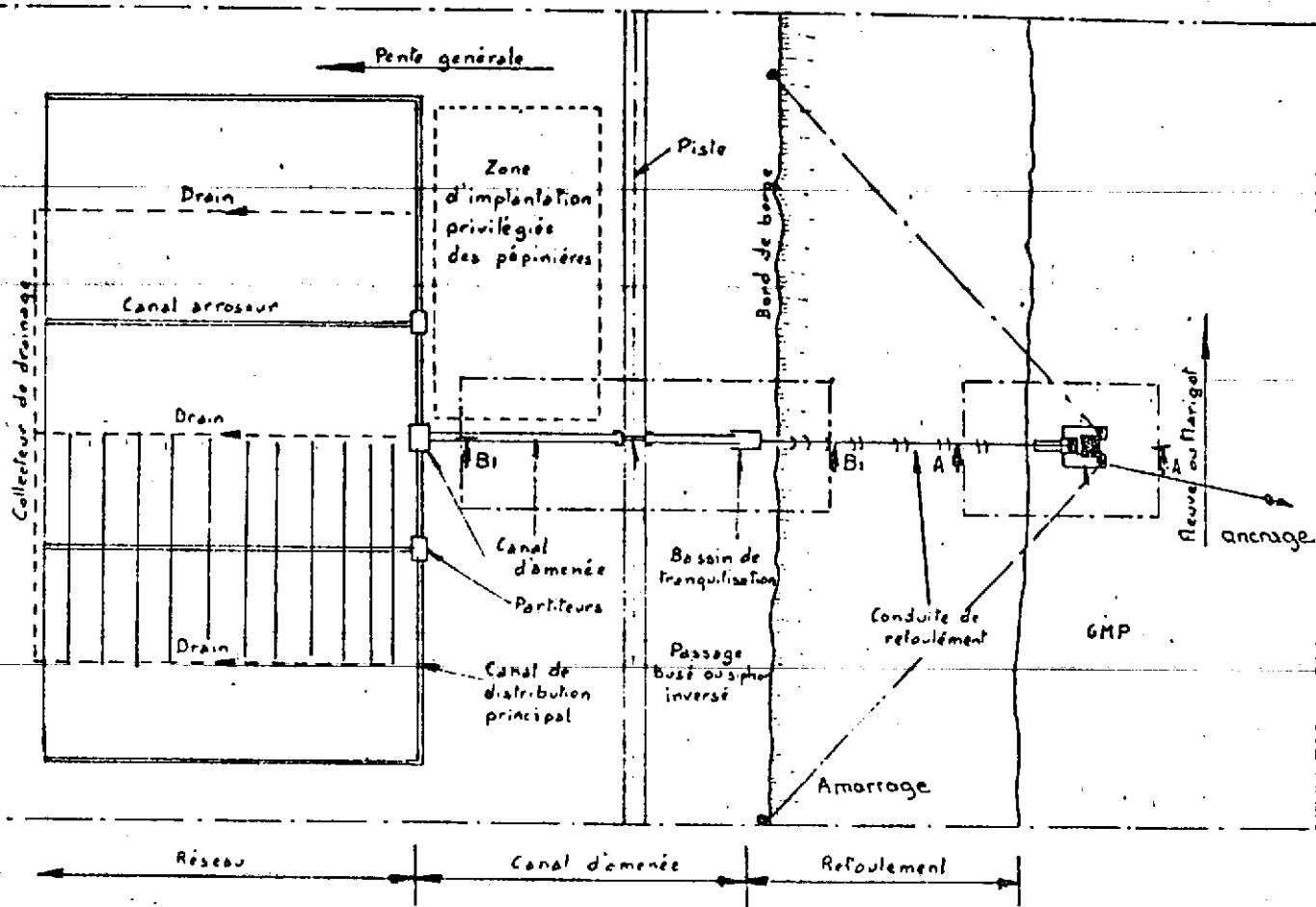
Cette démarche répond aux objectifs suivants :

- lutter contre la disette en accroissant les surfaces irriguées au moindre coût,

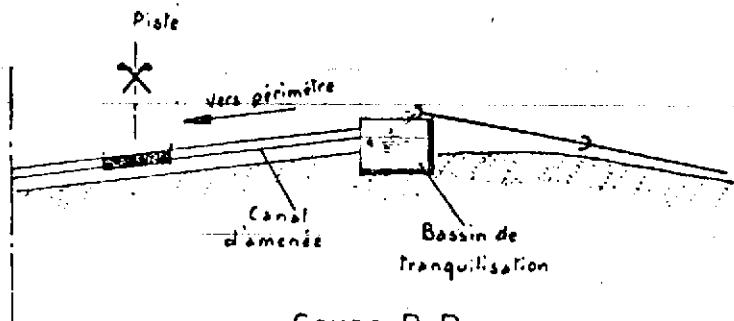
- PERIMETRES IRRIGUES VILLAGEOIS -

SCHEMAS DE PRINCIPE
D'AMENAGEMENT ET D'EQUIPEMENT.

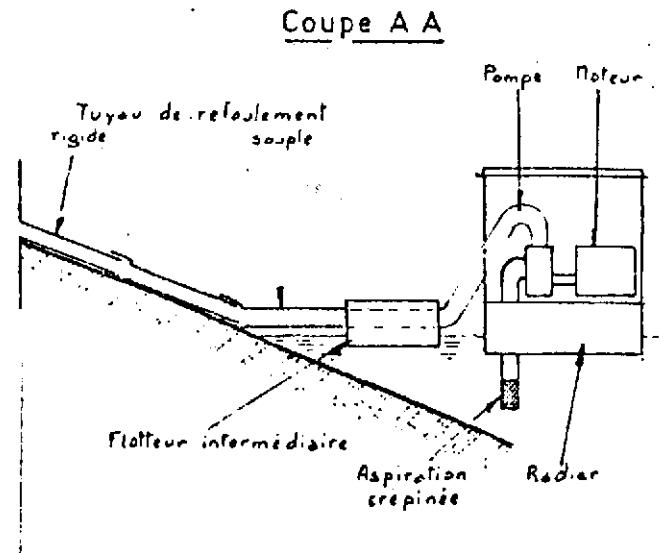
- PLAN DE PRINCIPE -



- COUPES SCHEMATIQUES -



Coupe BtB1



- initier les populations aux techniques d'utilisation de l'eau, à la gestion directe d'une unité hydraulique élémentaire et à la pratique de la culture irriguée intensive afin de les préparer aux aménagements hydroagricoles plus élaborés consécutifs à l'exécution des barrages de DIAMA et MANANTALI,

- donner une autonomie de gestion aux paysans en leur laissant l'initiative de l'entretien du groupe motopompe ainsi que de la constitution d'une cagnotte pour faire face aux dépenses de renouvellement des matériels.

L'intervention de la SAED (Organisme de gestion) se limitera ainsi à octroyer le premier groupe motopompe et à effectuer des prestations d'encadrement ou de réparation importantes.

L'étude des sites potentiels dans le département de PODOR a permis d'identifier 55 sites favorables regroupant 1 280 ha de surfaces irriguées qui seront aménagés en 3 ans. A raison d'un groupe motopompe par PIV de 20 ha environ, cet aménagement conduira à la mise en place de 63 groupes motopompes.

Sur chaque PIV découpé en parcelles individuelles de 0,25 ha, les cultures s'intègrent dans un assolement riz, maïs, sorgho, tomate, oignon.

b) Coûts et Recettes du projet - Obtention du T.I.R. financier

. Coûts d'investissement

Les coûts d'aménagement correspondent aux frais de réalisation des aménagements et l'achat des groupes motopompes par la SAED. S'y ajoute une provision de 15 % du coût total pour maîtrise d'œuvre et imprévus.

Les coûts d'organisation et de gestion des PIV recouvrent l'ensemble des actions d'accompagnement nécessaires pour un bon fonctionnement des équipements, réalisation des structures de stockage, formation des hommes et moyens d'intervention.

75

L'ensemble de ces coûts est évalué en francs constants 1983 sur la durée de vie totale du projet (18 ans). Ils se répartissent comme suit (en millions de FCFA) :

- Aménagements.....	357,20
- Groupes motopompes.....	295,70
- Maîtrise d'oeuvre - Imprévus.....	97,80

Total Aménagements - Equipements..... 751,00 MFCFA

- Organisation des groupements.....	19,25
- Organisation de l'artisanat.....	32,2
- Formation des paysans.....	30,24
- Encadrement SAED.....	34,4

Total Organisation - Gestion Initiale..... 116,00 MFCFA

TOTAL GENERAL/1 280 ha..... 867,00 MFCFA

Soit, un coût total par hectare aménagé de 677 344 FCFA.

• Coûts de fonctionnement

Ces coûts de fonctionnement comprennent :

- les charges agricoles,
- l'entretien et le fonctionnement des aménagements et équipements,
- le coût des actions d'accompagnement pour assurer l'organisation et la gestion des PIV, en régime de croisière, à partir de la 5e année après la mise en place des aménagements ; ces coûts sont établis comme suit (millions de FCFA) :

- Charges agricoles.....	99,6
- Fonctionnement et entretien.....	35,4
- Organisation - gestion.....	14,2
<hr/>	
Total,.....	169,2 MFCA

. Recettes du projet

La production agricole sur les sites retenus pour la mise en place des PIV était nulle avant la réalisation du projet.

Donc la valeur de la production provenant du projet est prise en compte en totalité comme étant les recettes supplémentaires dues au projet qui sont évaluées au prix du marché.

Ce montant de recettes s'élève à 496 millions de FCFA en année de croisière (valeur 1983).

. Taux interne de rentabilité financière

Le tableau no 7 donne l'échéancier des flux financiers qui regroupent les résultats du projet dans son ensemble, sans tenir compte a priori des frais financiers pouvant être consécutifs au mode de financement.

Le T.I.R. tel qu'il est défini plus haut s'élève à 14,8 %.

c) Conclusions théoriques sur le T.I.R. obtenu

- Par comparaison avec le taux d'actualisation généralement retenu dans le pays (10 %), ce T.I.R. est élevé,

ÉCHÉANCIER DE FLUX FINANCIER (en millions de FCFA)
EVALUATION DU TAUX DE RENTABILITÉ INTERNE (francs constants)

Années	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<u>INVESTISSEMENTS (-)</u>																		
· Aménagement et Equipment	298,4	352	346,5	-	181,3	181,3	157,9	-	181,3	181,3	157,9	-	181,3	181,3	157,9	-	181,3	181,3
· Organisation - Gestion de PIV -----	52,9	39,9	62,7	-	2,3	1,5	1,5	-	2,3	1,5	9,8	5,5	9,3	1,5	1,5	-	2,3	1,5
<u>CHARGES D'EXPLOITATION (-)</u>																		
· Charges agricoles -----	25,6	53,2	80	96	95,4	99,6	-											→
· Aménagement et Equipment	12,1	27,3	42,9	50,1	53,4	55,4	-											→
· Organisation - Gestion	7,7	9,7	16,5	14,9	14,2	-												→
<u>RECETTES (+)</u>	-	145,3	291,8	464,8	479,1	498	-											→
<u>FLUX FINANCIER ANNUEL</u>	(396,7)	(340)	(226)	292,5	132,5	146	169,4	328,8	145,2	146	161,1	323,3	(38)	146	169,4	328,8	145,2	176,9

CALCUL DU T.I.R FINANCIER

Σ - Somme actualisée des flux financiers (en millions de FCFA)

Taux de rentabilité interne = 14,8 %

$$\left. \begin{array}{l} t = 25 \% \\ t = 14,8 \% \\ t = 10 \% \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \Sigma = -12 \\ \Sigma = 0 \\ \Sigma = 321 \end{array} \right.$$

- Le projet peut être financé entièrement par un emprunt à condition que le taux d'intérêt effectif ne dépasse pas 14,8 %. En prenant pour hypothèse le financement du projet, exclusivement par un emprunt au taux de 10 %, sur une durée de 15 ans, avec un différé de 3 ans, on peut déterminer la chronique des soldes nets de trésorerie de l'ensemble du projet (Tableau no 8).

On obtient un solde net de trésorerie constamment positif dès la 2e année du projet, ce qui voudrait dire que les agriculteurs ont la possibilité théoriquement d'assumer l'ensemble des charges du projet, y compris le remboursement d'un emprunt contracté pour réaliser les premiers investissements.

d) Validité des conclusions théoriques, Fiabilité du TIR dans un projet de développement hydroagricole

La spécificité d'un projet de développement fait qu'on ne peut considérer toute la production comme commercialisable, une part de celle-ci étant auto-consommée, ce qui correspond d'ailleurs aux objectifs du projet. D'où la nécessité de relativiser les résultats théoriques précédents. Cette remarque amène à se poser la question suivante :

En supposant un solde annuel de trésorerie constamment nul (équilibre Ressources-Emplois), quel est le pourcentage de la production devant être commercialisé pour couvrir l'ensemble des charges liées au projet compte tenu des mêmes hypothèses de financement ?

La réponse à cette question apparaît dans le tableau suivant :

	Année	% de la production devant être commercialisé pour couvrir l'ensemble des charges
Période de réalisation de l'investissement	1984 1985 1986	83 % 66 % 53 %
Période de renouvellement des G M P	1987 1988 1989 1990	77 % 77 % 73 % 52 %

EQUILIBRE RESSOURCES - EMPLOIS
ANALYSE DE TRESORERIE PREVISIONNELLE
POUR L'ENSEMBLE DES EXPLOITANTS
 (en francs courants)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Autofinancement	(52,2)	32,9	153,4	415,2	520,5	551,7	559,7	567,8
Prêt	403,5	392	409,3	-	-	-	-	-
Subvention							"	"
Total RESSOURCES	351,3	424,9	562,7	414,2	520,5	551,7	559,7	567,8
Investissements départ	351,3	391,9	409,3	-	-	-	-	-
Renouvellement	-	-	-	-	242,3	242,3	210,4	-
Remboursement emprunt	-	-	-	26,9	53	80,3	80,3	80,3
Total EMPLOIS	351,3	391,9	409,3	26,9	295,3	322,6	290,7	80,3
Solde net de trésorerie	0	33	153,4	387,3	225,2	229,1	269	487,5
Solde net de trésorerie cumulé	0	33						
							Constantement positif	→

Ces résultats montrent qu'il faudrait demander aux paysans de commercialiser plus de 70% de leur production 3 années sur 4 pour payer les charges du projet, ce qui serait de nature à diminuer sensiblement l'intérêt que peut représenter un tel projet à leurs yeux.

De plus, la prise en compte de l'auto-consommation fait apparaître qu'au niveau d'un PIV donné, la part de la production commercialisable après auto-consommation ne dépasse guère 50%.

Ce pourcentage (50%) permettra cependant aux paysans de prendre en charge les coûts agricoles, les frais de fonctionnement et de renouvellement des G.M.P. Les coûts de premier investissement et les coûts de fonctionnement (gros entretien des aménagements) devront être pris en charge par la collectivité sous forme de subvention ou de gratuité de ces prestations.

Cette analyse montre donc le caractère relatif du taux interne de rentabilité en ce qui concerne les projets de développement.

Son utilisation en tant que critère financier de prise de décision peut être contestable pour les projets d'aménagements pour les raisons suivantes :

- D'une part, c'est un critère synthétique, global qui masque la répartition entre l'auto-consommation et le revenu tiré de la commercialisation des excédents de production.
- D'autre part, les projets de développement ayant un objectif d'auto-subsistance se caractérisent par l'importance des cultures vivrières auto-consommées dans l'assolement qui ne valorisent pas au mieux, du point de vue monétaire, l'investissement par hectare irrigué.

C'est pourquoi une prise de décision fondée uniquement sur les critères financiers ne peut pas prendre en compte les véritables avantages du projet, pour la collectivité, ce qui a conduit au développement des méthodes d'analyse à caractère économique censées mieux permettre au décideur d'appréhender le véritable intérêt économique du projet.

233 - Critères de rentabilité économique

2331 - Nécessité d'une analyse économique

L'évaluation financière ne permet pas de rendre compte des véritables avantages du projet pour la collectivité ; les coûts financiers du projet ne représentent pas les coûts économiques réels, l'évaluation de la production au prix du marché ne rend pas compte de l'avantage pour la collectivité de produire les biens qui autrement seraient importés.

L'évaluation économique a pour objectif de dépasser les seules considérations d'ordre financier et de prendre en compte l'ensemble des effets du projet en termes de coûts et avantages pour la collectivité . On distingue les effets directs, indirects et externes.

a - Effets directs

La réalisation du projet va entraîner des coûts et des valeurs ajoutées supplémentaires qui lui sont directement imputables . Ce sont les effets directs du projet.

b - Effets indirects

Ces effets concernent la distribution de la valeur ajoutée supplémentaire induite par le projet ; on peut les répartir en trois grandes catégories :

. Effets amont

La réalisation du projet favorisant une augmentation de la demande des facteurs de production (engrais, produits phytosanitaires, matériel) va créer des effets sur les industries en amont de l'agriculture qui devront faire face à cette demande en développant leur capacité de production si celle-ci est saturée (effet accélérateur).

. Effets d'aval

Ces effets concernent les industries en aval de l'agriculture (rizeries, huileries, etc..) qui verront leur chiffre d'affaire augmenter du fait de la production supplémentaire assurée par le projet.

. Effets de répartition de revenu

L'analyse des effets pose le problème de la détermination de la répartition du revenu supplémentaire créé entre les différents agents économiques (ménages (exploitants, salariés), Industries, Etat, Extérieur).

Les revenus ainsi distribués vont servir à de nouveaux emplois qui conduiront à leur tour à de nouvelles activités, ce qui conduit à la détermination de la répartition du revenu entre Epargne et Consommation immédiate.

c - Effets externes

Ce sont l'ensemble des effets d'un projet difficiles à évaluer en termes quantitatifs : pollution, immigration, formation, santé, etc...

La difficulté de l'évaluation économique du projet est d'estimer ces effets du projet pour la collectivité selon qu'ils constituent un coût ou un avantage . La décision finale dépendra de l'importance relative des coûts du projet par rapport aux avantages qu'ils apportent à la communauté.

Cette approche est commune à toutes les méthodes d'évaluation économique . Nous verrons cependant, dans ce qui suit, que l'application d'une méthode donnée peut éclairer différemment la prise de décision finale . A cette fin chacune des deux principales méthodes existantes sera décrite sommairement à travers les principes de base qui la sous-tendent, et une analyse comparative par l'intermédiaire d'un exemple concret mettra en évidence les incidences de chacune d'elles sur la prise de décision.

2332 - Principes de la méthode des prix de référence

D'inspiration anglo-saxonne, cette méthode définie sur le plan théorique par l'ouvrage de Little et Mirrlees (Manuel d'analyse des projets industriels dans les pays en voie de développement (10) a été étendue aux projets agricoles en 1975 sous couvert du bureau d'études de la Banque Mondiale par Squire et Van Der Tak (Analyse économique des projets (12).

Cette méthode part de l'analyse des prix du marché local utilisés en analyse financière et repose sur les grands principes suivants :

a) - La production du projet ne doit pas être évaluée au plan économique aux prix du marché local sur la base desquels les agriculteurs échangent leurs produits. Ces prix sont d'une part gênés de taxes et subventions de l'Etat qui ne sont pas de véritables coûts pour la collectivité mais représentent des transferts entre l'Etat et les autres agents intérieurs ; d'autre part, si le projet n'est pas réalisé, ces produits nécessaires à la vie économique et destinés à la consommation locale (produits vivriers par exemple) devraient être importés de l'extérieur. Donc le véritable prix économique pour la collectivité (prix de référence) des productions du projet est le coût de ces produits à l'importation (prix C A F (1)) auquel on ajoute les frais de transport nécessaire pour les acheminer au lieu de consommation, sans tenir compte des taxes et des droits de douane. De même, les biens produits par le projet et destinés à l'exportation seront évalués à leur prix FOB (2) en enlevant les subventions éventuelles à l'exportation.

Les prix des facteurs de production (engrais, machine, énergie, travail) utilisés dans le projet doivent être établis hors taxes ou subventions de l'Etat.

b) - Les biens et facteurs de production même s'ils sont évalués à leur prix économique comme décrits ci-dessus sont exprimés en monnaie du pays par l'intermédiaire du taux de change officiel.

(1) CAF : Coût, assurances, frêt : prix au port de débarquement
 (2) FOB : Free on bord : prix au port d'embarquement

La méthode préconise d'utiliser un taux de change de référence qui prendrait mieux en compte la valeur réelle de ces biens et facteurs de production pour la collectivité.

Cette nécessité est basée sur le fait que le taux de change officiel n'est pas toujours représentatif des véritables parités entre la monnaie locale et les devises étrangères. Car, si dans un pays donné, l'Etat mène une politique de taxes et de contingentements pour diminuer ses importations, de subventions pour augmenter ses exportations afin d'équilibrer sa balance des paiements, on aboutit à un contrôle strict de la demande en devises étrangères. Celle-ci augmenterait forcément et dépasserait les disponibilités (nécessitant une modification du taux de change) si le pays concerné décidait la suppression des barrières douanières. Le taux de change officiel dans une situation de contrôle des importations et en l'absence de réajustements automatiques ne reflète donc pas la valeur réelle des devises engagées dans le projet. Il faut trouver un mécanisme pour tenir compte de cette surévaluation de la monnaie locale par rapport aux devises présentes sur le marché des monnaies.

c) - La main d'œuvre utilisée pour le projet (réalisation des aménagements, travaux agricoles) représente un coût d'opportunité pour la collectivité. En effet si cette main-d'œuvre est détournée d'une autre activité (agriculture traditionnelle par exemple) ou d'un autre secteur d'activités (industries) pour les besoins du projet, cela se concrétise certes par un avantage pour la collectivité du fait de la production supplémentaire, mais aussi pour un coût lié à la production ou à l'abandon des activités précédentes (par exemple perte de production du fait du projet).

Si le projet intervient dans une région caractérisée par un sous-emploi notoire de la main-d'œuvre, le coût d'opportunité sera nul ou correspondra au coût lié à l'abandon des cultures traditionnelles s'il y a lieu.

Le prix de référence de la main-d'œuvre sera ce coût d'opportunité auquel on ajoute éventuellement certains paramètres additionnels.

Ces paramètres additionnels (consommation additionnelle etc...) ont pour but, dans la philosophie de la méthode, de prendre en compte l'augmentation de consommation considérée comme un coût pour la collectivité dès lors que le projet a pour objectif d'augmenter l'épargne.

Ainsi sous cette optique, tout projet caractérisé par un fort emploi de main-d'œuvre salariée sera défavorisé par rapport aux projets utilisant peu de main-d'œuvre et ne donnant pas lieu à une redistribution du revenu favorable à la consommation immédiate.

En se basant sur ces principes, l'évaluation économique selon la méthode des prix de référence consistera donc à modifier les prix du marché utilisés en analyse financière par l'intermédiaire de coefficients correcteurs.

Sous réserve que ces coefficients aient été déterminés, l'application de la méthode est très simple.

Le résultat final aboutit comme en analyse financière au calcul du TIR économique à partir de l'échéancier des flux économiques ou à celui de ratio coûts-avantages actualisés en choisissant le taux d'actualisation du pays caractérisant la rareté ou l'abondance des capitaux disponibles.

2333 - Principes de la méthode des effets

La méthode des effets, préconisée par Chervel et Legall sous l'égide du Ministère de la Coopération Française est détaillée dans l'ouvrage : "Manuel d'évaluation économique des projets : la méthode des effets" (6).

Elle est basée sur les principes suivants :

a) - On ne modifie pas les prix du marché local utilisés en analyse financière . On ne tient pas compte d'un prix de référence de la main-d'œuvre qui nécessite de faire un choix entre une politique d'épargne ou de consommation basée sur un modèle de croissance , dès le stade de l'évaluation . La méthode consiste à apprécier les effets du projet en termes de valeur ajoutée supplémentaire créée et sa répartition entre les différents agents économiques concernés.

b) - La valeur ajoutée du projet est la valeur de la production évaluée ~~au prix du marché local diminuée de celle des consommations intermédiaires (eau, semences, engrais, matériel, entretien, etc...).~~ Cette valeur ajoutée mesure les effets directs du projet.

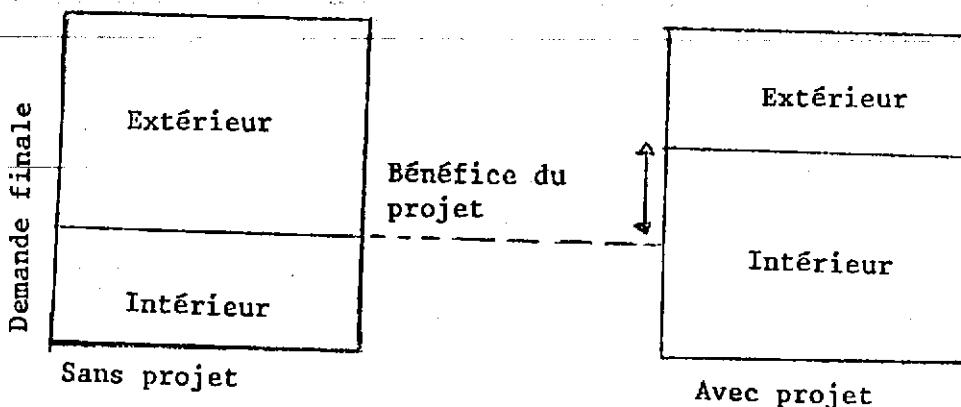
En tenant compte des effets indirects (par exemple accroissement de valeur ajoutée des industries amont consécutif à celui des consommations intermédiaires) on obtient la valeur ajoutée globale du projet.

La valeur ajoutée supplémentaire s'obtient par comparaison avec la situation sans projet.

c) - Le deuxième stade de la méthode consiste à déterminer la répartition de cette nouvelle valeur ajoutée supplémentaire entre les différents agents économiques.

Trois niveaux d'analyse peuvent être considérés dans un premier temps: zone du projet, niveau national, extérieur. L'hypothèse de base de la méthode étant que la demande finale est exogène au projet, c'est-à-dire que la production finale devra être satisfaite par un surcroît d'importations en l'absence du projet, on peut schématiser la répartition de la valeur ajoutée de la façon suivante :

Valeur de la production au prix du marché local



~~Après ce premier calcul, on dispose de la valeur ajoutée disponible sur la zone du projet et au niveau national, la suite de l'analyse consistera à ventiler celle-ci sur les différents agents intérieurs en termes de coûts et avantages.~~

Les salaires supplémentaires distribués par le projet ou les industries (amont et aval) seront considérés comme des coûts pour ces derniers, mais représentent un avantage pour la catégorie des salariés, les impôts versés à l'Etat seront une charge pour les agents économiques concernés et un avantage pour l'Etat.

La méthode des effets donne donc à l'issue de l'analyse une batterie d'indicateurs économiques (valeur ajoutée totale pour l'économie, coûts et avantages pour les différents agents) qui sont des éléments qui doivent permettre au décideur d'orienter sa politique d'investissements par la sélection des projets.

Si la méthode est séduisante, tant dans son approche de l'évaluation économique que des résultats fournis, son application est rendue difficile par la nécessité de recourir à des données statistiques et techniques qui ne sont pas toujours disponibles ou qui sont insuffisamment explicites (ex: Utilisation du tableau d'échanges inter-industriels afin de déterminer la valeur ajoutée supplémentaire des industries amont).

2333 - Analyse comparative des deux méthodes - Incidences du choix d'une méthode sur la prise de décision finale

Les deux méthodes d'évaluation économique, malgré la convergence sur les objectifs n'aboutissent pas à un même éclairage, sur la prise de décision. Dans l'exemple qui suit (Aménagement de PIV dans le département du Podor) dont l'analyse financière a été déjà présentée, l'application de chacune des méthodes de façon simplifiée donnera lieu à une analyse critique :

a) - Application de la méthode des prix de référence

L'analyse a porté sur la détermination des facteurs suivants :

- Coefficients correcteurs à appliquer aux coûts financiers des facteurs de production intervenant durant l'investissement et le fonctionnement du projet pour enlever les effets de transfert.

L'ensemble de ces coefficients K est présenté ci-dessous ; un coefficient supérieur à 1 revient l'effet d'une subvention, un coefficient inférieur à 1 l'effet d'une taxe :

DESIGNATION DES POSTES	K
Investissements	
. Aménagements	0,8
. Organisation - Gestion	0,7
Renouvellements	
. Renouvellement des GMP	0,95
. Organisation - Gestion	0,95
Fonctionnement	
. Organisation - Gestion	
- Entretien	0,88
- Personnel	0,95
. Aménagements	
- Entretien	0,8
- Fonctionnement et Entretien des GMP	0,55
Charges agricoles	
. Semences	1
. Engrais - urée	4
- autres	2,7
. Produits phytosanitaires	2

- Prix de référence de la main-d'œuvre :

La région étant caractérisée par un sous-emploi de la main-d'œuvre familiale, le coût d'opportunité de celle-ci pour les travaux agricoles peut être considéré comme nul, aucune production n'étant perdue du fait du projet.

Cependant le projet prévoyant une participation des paysans dans les travaux d'aménagement initial, il a été tenu compte du coût de cette participation . En effet du point de vue financier, cette participation gratuite ne donne lieu à aucun salaire réel, donc à aucun flux financier ; mais en analyse économique, on considère que si tout ou partie des paysans est mobilisé pendant les travaux, cela constitue un coût économique pour le projet dans la mesure où ces derniers ne sont pas occupés à la production pendant ce temps. Ce coût a été estimé à 500 FCFA/jour par équivalence avec les salaires effectivement versés dans la région pour des travaux comparables.

- Prix économique des produits

Les produits faisant l'objet d'échanges internationaux sont évalués à leur coût économique.

Les produits ne faisant pas l'objet d'échanges internationaux sont évalués à leur prix sur le marché local corrigés de l'effet des subventions et taxes.

L'échéancier des cash-flow économiques figure dans le tableau No 9. Le TIR financier obtenu à l'issue de l'analyse financière s'élevait à 14,8 %.

b) - Application de la méthode des effets simplifiés

L'analyse a été conduite en se limitant aux effets directs du projet, donc il n'est tenu compte que de la valeur ajoutée supplémentaire directement imputable au projet.

Les effets indirects d'amont et d'aval ne sont pas évalués, ce qui constitue donc une évaluation par défaut de l'ensemble des effets.

La valeur ajoutée a été estimée pour deux niveaux d'analyse. L'analyse au niveau du projet tient compte des impôts, subventions et taxes ; l'analyse au niveau national ne prend pas en compte ces effets de transfert.

Chaque prix du projet étant décomposé en une partie relative au pays et une partie allant à l'extérieur, on obtient une valeur ajoutée du projet qui sera effectivement consommée dans le pays.

On obtient les résultats récapitulés dans le tableau No 10 suivant le niveau d'analyse L et le taux d'actualisation :

• C.E. /m³ : coût de l'eau par m³

BUDGET CASH-FLOW ÉCONOMIQUE

CALCUL DU TAUX INTERNE DE RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE

Années	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<u>INVESTISSEMENTS (-) COUTS</u>																		
· Aménagement et Equipment	255,6	254,8	218,2	-	112,5	112,5	98	-	112,5	112,5	98	-	112,5	112,5	98	-	112,5	112,5
· Organisation - Gestion de PIV	32,2	21	28,7	-	1,4	0,9	0,9	-	1,4	0,9	6,1	3,4	5,9	0,9	0,9	-	1,4	0,9
<u>CHARGES D'EXPLOITATION (-)</u>																		
· Charges agricoles	58,9	124,5	190,7	234,3	235	246,4	-											
· Aménagement et Equipment	8,3	14,3	24,4	28,6	30,5	31,6	-											
· Organisation - Gestion	7,1	9	15,3	13,8	13,1	-												
<u>RECETTES (+)</u>	-	169,5	335,4	531,6	542,1	559,4	-											
<u>CASH-FLOW ÉCONOMIQUE</u>	(362,1)	(254,1)	41,9	254,9	149,6	154,9	169,4	268,3	156,4	154,9	164,2	264,9	149,9	154,9	169,4	268,3	154,9	267,4

CALCUL DU T.I.R ÉCONOMIQUE

 Σ = Somme actualisée des cash-flow économiques (en millions de FCFA)

Taux de rentabilité interne	
Economique	- 18,6 %

$$\left\{ \begin{array}{l} t = 15 \% \quad \Sigma = + 157 \\ t = 17 \% \quad \Sigma = + 63 \\ t = 18,6 \% \quad \Sigma = 0 \\ t = 20 \% \quad \Sigma = - 48 \end{array} \right.$$

- C.E./ha : coût de l'eau par hectare
- C.T./ha : charges totales par hectare (charges agricoles et coût de l'eau)
- P.B./ha : produit brut par hectare
- V.A./ha : valeur ajoutée par hectare (P.B./ha - C.T./ha)

Pour un taux d'actualisation de 10 %, on obtient une valeur ajoutée par hectare et par campagne de :

167.130 FCFA au niveau de la zone du projet

162.640 FCFA au niveau national.

On peut également par cette méthode déterminer le TIR économique graphiquement (taux d'actualisation annulant les V.A. actualisées). On obtient d'après le graphique (tableau 11) les valeurs suivantes :

- Niveau National : 39 %
- Niveau zone du projet : 33 %

Ce TIR élevé au niveau national comparé à celui obtenu par la méthode des prix de référence (18,6 %) montre une fois de plus le caractère relatif et synthétique de ce critère déjà évoqué dans le paragraphe précédent.

La multiplicité des indicateurs obtenus par la méthode des effets permet en outre de faire des tests de sensibilité sur différents paramètres pour évaluer les risques.

Trois paramètres ont été choisis dans l'exemple précédent (coût du gasoil, durée de vie des GMP, charges agricoles) ; les résultats (tableau 12) appellent quelques commentaires :

- La prise en compte du prix du gasoil à la pompe (147 F/l) au lieu du prix subventionné par l'Etat (19 % moins cher) n'influe que de très peu sur le coût de l'eau (qui passerait de 7,2 F/m³ à 7,5 F/m³) et la valeur ajoutée par hectare au niveau du projet (diminution de 9 %).

RESULTATS ECONOMIQUES

K = Coût gas-oil (F/1)

L = Niveau d'analyse

I = Taux d'actualisation

K=123.49

L=1 (niveau zone du projet)

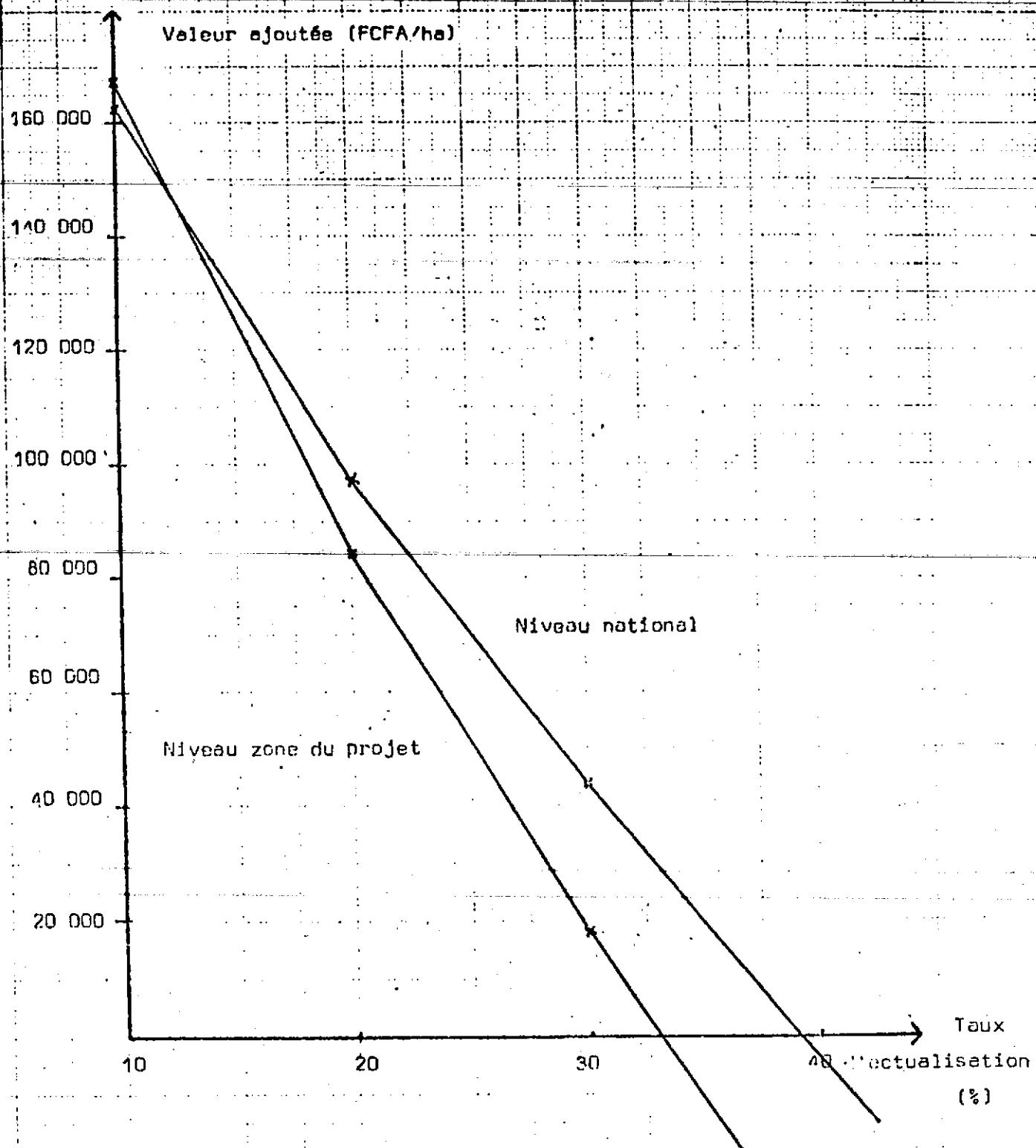
	CE/M3	CE/HA	CT/HA	PB/HA	VA/HA
I= 10	5.3	124251.0	161051.0	328183.0	167132.0
I= 20	7.2	166075.0	201731.0	287313.0	85581.8
I= 30	9.0	201864.0	236637.0	255550.0	18913.2

K=123.49

L=2 (niveau national)

	CE/M3	CE/HA	CT/HA	PB/HA	VA/HA
I= 10	4.4	103287.0	132727.0	295365.0	162637.0
I= 20	5.8	132387.0	160911.0	258581.0	97670.3
I= 30	7.0	157369.0	185171.0	229995.0	44823.6

DETERMINATION GRAPHIQUE DU TIR ECONOMIQUE.



TESTS DE SENSIBILITE

Niveau zone du projet - Taux d'actualisation 20 %

Tests de sensibilité	Indicateurs	CE/m ³	CE/ha	CT/ha	PB/ha	VA/ha
<u>Impact coût du gas-oil</u>						
· 123,49 F/l		7,2	166 075	201 731	287 313	85 582
· 147 F/l		7,5	172 914	208 570		78 743
<u>Impact durée de vie des GMP</u>						
· 4 ans pour les 63 GMP		7,2	166 075	201 371		85 582
· 2 ans pour 31 GMP		7,6	173 782	209 437		77 875
· 4 ans pour 32 GMP						
<u>Impact de l'augmentation des charges</u>						
· Sans augmentation		7,2	166 075	201 371		85 582
· Avec augmentation de 20 % sauf pour gas-oil		8,1	186 481	229 268		58 045
· Avec augmentation de 20 % y compris pour le gas-oil		8,4	193 669	236 456		50 857

- L'analyse a été faite en prenant une durée de vie optimiste des GMP (4 ans). Cependant, dans la moitié des sites où il est possible de pratiquer la double culture annuelle, cette durée de vie serait environ deux fois moindre. Un nouveau calcul fait sur la zone du projet tenant compte de ce fait aboutit à une valeur ajoutée par hectare qui diminue de 10 %.

- Une augmentation de l'ensemble des charges agricoles de 20 % (y compris le gasoil) donne une diminution plus sensible de la valeur ajoutée (baisse de 41 %).

c) - Conclusion

L'analyse par la méthode des prix de référence a permis de déterminer le TIR économique. Celui-ci est plus élevé que le TIR financier obtenu pour le même projet, les critiques faites à propos de l'intérêt du TIR financier par rapport à la décision restent valables pour le TIR économique.

En effet ce critère global et synthétique censé être la base d'une prise de décision éclairée occulte une série d'hypothèses et même de décisions qui prédéterminent la valeur obtenue.

On peut retenir deux critiques essentielles sur cette méthode :

- Celle-ci est basée théoriquement sur l'hypothèse de la prise en compte des prix internationaux pour évaluer le projet. Ces prix sont censés être plus représentatifs que les prix du marché local, car ils résultent de l'équilibre entre l'offre et la demande dans le système du commerce international. "Les biens et services faisant l'objet d'un commerce international doivent être évalués aux prix internationaux. Ces biens sont ceux qui sont réellement importés ou exportés (ou des biens très similaires) ou des biens produits localement qui pourraient être importés ou exportés si le pays suivait une politique économique qui prenne pleinement en compte les possibilités du commerce international (c'est-à-dire l'avantage comparatif à long terme)" (Little et Mirrlees (10)).

L'hypothèse selon laquelle ces prix internationaux résulteraient d'une véritable concurrence sur le marché mondial, reflétant ainsi l'équilibre entre l'offre et la demande, est discutable car ceux-ci, surtout dans le cas des produits agricoles, sont entachés par des phénomènes de monopoles ou de subventions. En outre il est discutable qu'on puisse les considérer comme une référence pour évaluer des biens produits sur une longue période. En effet, ces prix peuvent évoluer très vite et connaître des variations importantes dues à des facteurs pluviométriques (cas du café ou du cacao pendant des périodes de sécheresse) ou à des phénomènes de spéculation sur les réserves de stocks (cas des marchés à terme, flambée des cours tropicaux en 1973) ou d'opportunité politique (cérales).

De fait, la logique sous-tendant le recours à ces prix internationaux est une logique de spécialisation des pays.

Souvent les prix des biens sur le marché local (surtout les biens alimentaires) sont supérieurs aux prix du marché international ; certains pays préfèrent produire eux-mêmes ces biens par mesure de sécurité d'approvisionnement ou d'indépendance alimentaire plutôt que de les importer à moindre prix.

Dans ce contexte la prise en compte des prix internationaux pour évaluer la production d'un projet donné aura pour effet de diminuer la valeur de cette production et d'aboutir à un TIR économique bas. La prise en compte de ce TIR (brut de calcul) dans la décision finale de réaliser ou non le projet peut être présentée comme suit : Un projet dans un pays donné devrait être rejeté dans la mesure où les biens fabriqués du fait du projet présenteraient un coût plus élevé que s'ils étaient importés. Un pays aurait donc intérêt à renoncer à produire un bien s'il trouve plus d'avantages à l'acquérir sur le marché mondial.

- Un autre facteur pouvant intervenir dans le résultat est l'estimation du prix de référence de la main-d'œuvre. De fait l'importance donnée à ce facteur peut constituer une véritable décision préalable. Le prix de référence de la main-d'œuvre pose le problème du choix entre les projets favorisant l'épargne et ceux qui incitent à la consommation.

La philosophie de la méthode est, en dernière analyse, d'arriver à sélectionner les projets qui donnent lieu à plus d'épargne au détriment de la consommation immédiate. Pour favoriser l'épargne, la sélection des projets se fera "en choisissant les investissements comportant une assez forte prédominance de capital. Une marge bénéficiaire brute donnée se traduit davantage par ce genre d'investissements en profits et en dotation aux amortissements (qui font augmenter l'épargne) qu'en salaires (qui se traduisent surtout par de la consommation).

Les projets à prédominance de capital tendent donc à limiter la consommation et l'emploi, mais favorisent l'épargne et la croissance" (Littre et Mirrlees (10)).

Les projets à forte utilisation de main-d'œuvre devront donc être défavorisés par rapport aux projets qui permettront une forte rémunération du capital. L'objectif des projets de développement étant justement de lutter contre le sous emploi de la main-d'œuvre et de favoriser l'auto-subsistance des populations par l'auto-consommation, est contradictoire avec l'objectif d'accumulation de l'épargne qui est implicite au recours à un coût d'opportunité de la main-d'œuvre active non nul ou non négligeable.

Ces remarques montrent que la décision intervient par l'application de cette méthode au cours même de l'évaluation du projet et que le résultat obtenu (TIR ou ratio coût avantages) ne vient qu'éclairer une série de décisions implicites préalables. La méthode des effets reflète une autre optique. L'analyste du projet ne se substitue pas au décideur. Le projet est évalué aux prix du marché local selon ses caractéristiques propres, les résultats obtenus (VA globale, ventilation de cette valeur ajoutée sur les différentes catégories sociales) doivent éclairer la prise de décision. L'Etat à travers son Plan détermine ses objectifs en matière de répartition de revenu, de croissance, etc..., et la sélection d'un projet donné se fera suivant ces objectifs. Le décideur peut utiliser une analyse multicritère pour faire son choix en fonction des nombreux résultats issus de l'application de cette méthode.

Cependant, en dépit de la clarté de cette approche et de son souci de ne pas se substituer au décideur, son application pratique suscite des difficultés liées à la nécessité de manipuler des résultats de comptabilité nationale (TEI par exemple) qui, même s'ils existent, peuvent ne pas être fiables ou complets faussant ainsi en partie les indicateurs économiques fournis.

En fait le recours à des tests de sensibilité sur les différents facteurs peuvent permettre de relativiser les résultats obtenus comme on l'a vu dans l'exemple précédent.

CONCLUSION GENERALE

La rareté des ressources mises en oeuvre dans un projet d'aménagement hydro-agricole, en particulier dans un pays en voie de développement, nécessite que ces dernières soient utilisées de manière optimale en vue d'atteindre certains objectifs fixés au préalable, dans le cadre d'une amélioration des conditions économiques d'une catégorie de la population . La recherche de cet optimum peut se situer dans deux types de décisions :

1 - Une série de décisions intermédiaires qui s'enchaînent d'une étape à l'autre de l'étude et qui concernent :

- le choix d'un schéma directeur d'aménagement permettant dans une région géographique et un secteur, de combiner à diverses échéances, de façon optimale, les facteurs de production (terres, eau, travail humain, capitaux) pour atteindre les objectifs assignés en passant éventuellement par des étapes intermédiaires.
- la conception technique du périmètre devant aboutir au choix de la "technologie" la mieux appropriée parmi toutes celles qui sont possibles, en fonction des critères susceptibles d'interprétation et de pondérations variables suivant les lieux, les interlocuteurs, l'époque et le contexte dans lesquels se situe la décision.

2 - La décision finale de réaliser, ou non, le projet, à l'issue de l'étude de factibilité.

Chacun des acteurs du projet (Agriculteurs, Etat, Industries, Financiers) a des objectifs partiels qui peuvent être divergents.

Le Financier s'interroge sur la rentabilité des capitaux qu'il accepterait de mettre au service du projet ; il aura un point de vue global, par comparaison avec des projets similaires ou d'autres possibilités d'investissement, qui sera basé sur des critères synthétiques tels que le taux de rentabilité interne lui-même associé au taux d'intérêt financier. Il voudra, en outre, avoir une idée des risques de non-réalisation des objectifs de production par l'intermédiaire des tests de sensibilité. Entre deux projets ou variantes de projet théoriquement rentables de son point de vue, l'expérience montre qu'il préfèrera celui qui met en oeuvre des équipements performants qui puissent garantir son succès à un autre basé sur une "technologie" rustique dont le succès dépendra surtout de la motivation et de la formation de la main-d'œuvre et de la fiabilité de l'entretien.

~~La mise en oeuvre dans le projet de nombreux équipements et matériels devant être importés, peut entrer en contradiction avec un objectif d'équilibre de la balance des paiements dans un contexte de rareté des devises disponibles.~~

Pour l'agriculteur, l'irrigation ne sera suffisamment attractive que s'il peut accéder aux facteurs de production (eau notamment), à un coût raisonnable, de manière à valoriser au mieux le surcroit de travail qu'il investit.

La décision finale de l'Etat ne pourra pas être éclairée suffisamment par un critère global ; celle-là doit tenir compte de divers facteurs prenant en considération les priorités définies par la politique nationale (politique d'import-substitution, répartition des revenus, développement prioritaire d'une région ou d'un secteur d'activités donnés, etc...).

Les exemples développés dans le mémoire ont permis de montrer que quelle que soit l'étape de l'étude, on ne peut que rarement prétendre détenir la solution "scientifique" qui s'imposerait d'emblée et pour tous les acteurs du projet, de façon claire et objective.

La multiplicité des intervenants et des objectifs ainsi que leur caractère partiel et leur possible variation dans le temps font que toute décision prise pendant l'étude ou la réalisation d'un projet d'aménagement hydro-agricole, constitue un arbitrage entre la nécessité de concilier plusieurs facteurs techniques, économiques, sociaux, subjectifs difficilement comparables.

Le mémoire peut présenter un double intérêt pour l'ingénieur :

- D'une part, il peut lui permettre de mieux situer son intervention dans le cadre des différentes étapes. Plus celle-ci sera tardive dans le processus, moins il aura de possibilités de choix, les principales options étant décidées antérieurement ne pouvant pas être fondamentalement remises en cause.
- D'autre part, les méthodes décrites ainsi que les critères sur lesquels elles sont basées pourront le guider dans son choix s'il doit éclairer ou participer à une prise de décision à un niveau donné de l'étude du projet.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Appréciation de la rentabilité économique des investissements
Note de méthode provisoire Ministère des Finances (France)
Statistiques et Etudes Financières (supplément au No 239)
Novembre 1968 - p. 17
- 2 - Avant-projet sommaire du périmètre de Guédé (moyenne Vallée du
fleuve SÉNÉGAL) - GERSAR - Tarbes 1983.
- 3 - Avant-projet sommaire du périmètre de Pété Tikité (moyenne Vallée
du fleuve SÉNÉGAL) - GERSAR - Tarbes 1984.
- 4 - Bergman (H) et Boussard (J.M.) : Guide de l'évaluation économique
des projets d'irrigation - Paris - Publications de l'OCDE 1976
p. 101
- 5 - Bridier (M.) et Michaïloff (M) : Guide pratique d'analyse des
projets - Paris Economica 1980 p. 39.
- 6 - Chervel (M) et Le Gall (M) : Manuel d'évaluation économique des
projets - La méthode des effets - Paris - collection Méthodologie
de la planification No 10 - Ministère de la Coopération et du
Développement 1981.
- 7 - Etude de développement de la plaine de Bugarama (RWANDA) - GERSAR
Tarbes Juin 1981.
- 8 - Etude de transfert Gave - Echez - C.A.C.G. - Tarbes 1981.

9 - Guigou (J.L.) - Analyse des données et choix à critères multi
Paris, ~~Demande collectrice Finance et Economie appliquée~~, No
1973 p. 141.

10 - Little (I.) et Mirrlees (J.) - Manuel d'analyse des projets
industriels dans les pays en voie de développement, volume II
Paris - OCDE 1969.

11 - Recensement de sites et projet d'aménagement de périmètres
irrigués villageois dans le département de Podor (Sénégal)
GERSAR - Tarbes 1983.

12 - Squire (L.) et Van Der Tak (G.) - Analyse économique des projets
Paris - Economica 1977.