

Observatoire du Sahara et du Sahel Projet SASS III

Analyse des données de la première campagne de l'enquête socioéconomique

Août 2013

Mohamed Salah Matoussi Consultant régional

TABLE DES MATIERES

Acronymes	4
INTRODUCTION	5
I. Les outils Statistiques, Economiques et Econométriques nécessaires à l'Analy l'information collectée	
1.1. Définition des variables retenues dans le cadre de notre analyse	
1.2. Les Concepts socio-économiques de base	
1.2.1. Le Coût	
1.2.2. Le Coût Marginal (C.M.)	
1.2.3. Le coût d'opportunité	10
1.2.4. Tarification au coût marginal (marginal-cost pricing)	10
1.2.5. La Marge Brute	11
1.2.6. Productivité Economique de l'Eau (Economic Water Productivity (EWP))	12
1.2.7. La Disposition à Payer (DAP)	
1.2.8. Taux d'Intensification (TI):	13
1.2.9. Définition du concept d'élasticité	14
1.2.10. Distinction entre les différentes définitions de la demande en eau agricole	14
1.2.11. La Médiane	16
égal à m est exactement égal au nombre de valeurs inférieur ou égale à m	
1.3. Présentation très sommaire du modèle économétrique élémentaire	
1.3.1. Le Modèle de Régression Linéaire	
1.3.2. Le modèle linéaire simple à une variable	
1.3.3. Interprétation	
1.3.4. La Méthode des Moindres Carrés Ordinaires (mco) et la qualité de l'ajustement	
1.3.5. Procédure d'estimation des coefficients $(\hat{eta}_0^{},\hat{eta}_1^{})$ de la ligne d'ajustement	22
1.4. Exemple illustratif de la démarche retenue	23
1.4.1. Estimation des paramètres (coefficients) et interprétation	23
1.4.2. Qualité de l'ajustement	26
1.5 Les extensions intégrées dans la modélisation économétrique retenue dans le cadre de cette analyse	÷28
1.5.1. Les extensions du modèle économétrique utilisé	29
1.5.2. Spécificités de l'Estimation de l'élasticité prix de l'eau grâce aux données d'enquêtes	30
1.6. Présentation des modèles économétriques utilisés dans l'estimation	30
1.6.1. Estimation de la demande en eau	31
1.6.2. Estimation de la Productivité Economique de l'Eau (WP)	32
1.6.3. L'estimation des déterminants de la production totale par hectare	32

1.7. Le Logiciel STATA	33
2. Analyse descriptive	33
2.1. Taille de l'Echantillon retenu dans l'analyse	33
2.2. Découpage approprié	35
2.3. L'Analyse proprement dite	36
3. Analyse quantitative et commentaire des résultats obtenus	40
3.1. Analyse quantitative globale à l'échelle du SASS	
3.1.1. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)	41
3.1.2. La Productivité Economique de l'Eau (WP)	43
3.1.3. La marge brute par hectare dégagée par un m³ d'eau utilisé	
3.1.4. La Production Totale par hectare	
3.2. Analyse quantitative désagrégée selon le Coût de l'eau supporté par l'exploitant	49
3.2.1. La consommation d'eau par hectare par exploitant	49
3.2.2. La Productivité Economique de l'Eau (WP)	50
3.2.3. La marge nette par hectare dégagée par un m³ d'eau utilisé	51
3.2.4. La Production Totale par hectare	52
3.3. Analyse quantitative selon l'optique spatiale	54
3.3.1. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)	54
3.3.2. La Productivité Economique de l'Eau (WP)	55
3.3.3. La marge Brute par hectare	57
3.3.4. La Production Totale par hectare	59
4. Synthèse de l'essentiel des résultats obtenus de l'analyse quantitative de	
l'échantillon global	61

ACRONYMES

ANRH Agence Nationale des Ressources en Eau d'Algérie

CLSP Comité Local de Suivi du Pilote

CN Consultant National

CR Consultant Régional

CRDA Commissariat Régional au Développement Agricole en Tunisie

CP Coordinateur du Projet

EAC Exploitation Agricole Collective

EAI Exploitation Agricole Individuelle

APFA Accession à la Propriété Foncière Agricole

GDRE Direction Générale des Ressources en Eau de Tunisie

GWA General Water Authority of Libya

DRANRH Direction Régionale de l'ANRH

DSA Direction des Services Agricoles d'Algérie

INRAA Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

IRA Institut des Régions Arides

ONID Office National de l'Irrigation et du Drainage

OSS Observatoire du Sahara et du Sahel

SA Service Agricole

SASS Système Aquifère du Sahara Septentrional

PPI Périmètre Public Irrigué

PIP Périmètre Irrigué Privé

INTRODUCTION

La composante socioéconomique, qui constitue l'un des deux volets principaux du projet SASS III, vise principalement l'enrichissement des acquis de la connaissance hydrogéologique de la ressource eau par des données socio-économiques et environnementales décrivant le fonctionnement des exploitations agricoles et surtout le comportement réel de l'irriguant en mettant un accent particulier sur sa capacité d'adaptation aux défis menaçants la durabilité de tout l'édifice. Ces défis, de nature diverse, vont de l'épuisement de la ressource suite à une surexploitation excessive aux impacts négatifs des changements climatiques.

Trois réalisations capitales dans la composante socioéconomique ont été accomplies durant l'année 2012, à savoir :

- L'achèvement de la première campagne d'enquêtes sur le terrain ainsi que la validation et la saisie numérique des données collectées.
- L'analyse aussi bien descriptive que quantitative de l'information rassemblée et surtout l'obtention de résultats encourageants grâce aux outils économétriques les plus appropriés.
- Le lancement de la deuxième campagne d'enquêtes dans d'excellentes conditions grâce à l'expérience acquise durant la première la campagne.

L'objectif premier de ce rapport est donc celui de présenter les résultats préliminaires obtenus de l'analyse de l'ensemble des données de la première campagne d'enquêtes ainsi que l'état d'avancement de la deuxième campagne.

Concernant la présentation des résultats de la première campagne, l'accent sera mis sur l'analyse à l'échelle globale du SASS et la comparaison des résultants entre les trois pays. La présentation des résultats obtenus par pays a fait déjà l'objet des rapports précédents.

Ce rapport est organisé en quatre sections :

- La première est dédiée à une présentation sommaire des outils Statistiques, Economiques et Econométriques nécessaire à l'Analyse aussi bien descriptive que quantitative. Cette section mettra l'accent sur :
 - La définition des variables à utiliser dans l'analyse et le traitement quantitatif des données collectées durant la première campagne d'enquêtes socioéconomiques et environnementales.
 - Les définitions des concepts économiques de base ainsi que les outils utilisés. L'accent sera mis surtout sur les élasticités prix, la Disposition à payer (DAP) des usagers primaires afin de mobiliser ou d'acquérir la ressource en en eau qui constitue le facteur le plus limitatif à toute production agricole soutenue dans ces contrées

démunies et au concept clef de la productivité Economique de l'eau. Ce dernier concept dégage la valeur produite grâce à un m³ d'eau allouée à l'irrigation de la culture en question.

- Une esquisse assez simplifiée du modèle économétrique à la base de toutes les estimations effectuées et surtout
- ➤ Un exemple empirique hautement simplifié pour présenter d'une manière aussi claire que possible le modèle préliminaire qui a servit au développement de tous les modèles intégrant progressivement les extensions requises.
- La deuxième présentera une analyse descriptive des données globales. Cette section, qui s'appuiera sur des statistiques rudimentaires simples, permettra de mener à une analyse intuitive des données collectées afin de préparer l'analyse quantitative proprement dite.
- La troisième section est dédiée à l'analyse quantitative de l'information récoltée et surtout aux commentaires des résultats obtenus. Cette section, qui constitue la composante principale de ce rapport, présentera les estimations économétriques effectuées grâce au logiciel STATA 11. Ce logiciel, qui est mise au point et conçu essentiellement pour traiter convenablement les données d'enquêtes, est le plus approprié à notre étude. Deux résultats importants à retenir de cette analyse :
 - Ce travail montre d'une manière explicite la pertinence d'une analyse désagrégée des données collectées et surtout sa supériorité sur toute analyse globale lors de toute estimation de l'impact de la variable prix sur la demande de la ressource en eau.
 - Une tarification appropriée infléchit la croissance de la demande exponentielle de l'eau et réalise ainsi l'objectif majeur de conservation de cette ressource précieuse dans ce milieu aussi démunie.
- Une brève synthèse des résultats obtenus ainsi que la proposition de quelques éléments de recommandations opérationnelles en vue de gérer durablement cet aquifère caractérisé par sa nature très peu renouvelable fera l'objet de la dernière section.

Des Annexes sont réservées aux résultats bruts de l'estimation économétrique.

I. LES OUTILS STATISTIQUES, ECONOMIQUES ET ECONOMÉTRIQUES NÉCESSAIRES À L'ANALYSE DE L'INFORMATION COLLECTÉE

L'analyse des résultats obtenus, grâce aux estimations économétriques des déterminants de la demande agricole en eau ainsi que de la productivité économique de la ressource SASS, s'appuie sur des concepts économiques parfois assez complexes ainsi que sur des outils statistiques et économétriques assez sophistiqués. Afin d'aider le lecteur à saisir convenablement cette analyse, il est indispensable de présenter au préalable, d'une manière aussi simple que possible, ces outils.

Ce survol des outils d'analyse, qui s'adresse aux lecteurs n'ayant pas de formation économique et surtout économétrique de base, porte essentiellement sur :

- La définition des variables principales retenues.
- Les concepts économiques utilisés dans l'analyse et les commentaires des résultats obtenus.
- La méthode économétrique à la base de toutes les estimations effectuées.
- Un exemple empirique hautement simplifié pour présenter d'une manière aussi claire que possible le modèle préliminaire qui a servit au développement de tous les modèles intégrant progressivement les extensions requises, et enfin
- Les modèles économétriques utilisés dans le cadre de l'analyse quantitative proprement dite. Trois spécifications sont retenues pour estimer respectivement la demande en eau, les déterminants de la productivité par m³ d'eau utilisé et la fonction de production de l'irrigant SASS.

1.1. Définition des variables retenues dans le cadre de notre analyse

Le nombre total de variables aussi bien de nature quantitative que qualitative que nous pouvons dégagé de l'enquête socioéconomique et environnementale se comptent par centaines. Nous ne retenons dans le cadre de cette analyse préliminaire que celles que nous jugeons les plus pertinentes. Le Tableau suivant définit les variables que nous utiliserons dans cette analyse préliminaire. Une liste non exhaustive préliminaire des variables figure en Annexe.

Tableau 1: LISTE ET DEFINITION DES VARIABLES principales

Variables retenues	Définition de la Variable
1. WHA	Consommation d'eau par hectare
2. WCMC	Coût du m³ d'eau utilisée
3. RTHA	Recette Totale par hectare
4. NIV	Niveau d'instruction
5. SEI	Superficie effectivement irriguée (ha)
6. SALI	Salinité de l'eau d'irrigation utilisée
7. WP	Water Productivity
8. BHA	Bénéfice net par hectare
9. FLHA	Family Labor par hectare (en hommes par année)
10. HLHA	Hired labor par hectare (Le coût de la main d'œuvre salariale)
11. WCHA	Le coût de l'eau par hectare
12. INTHA	Les intrants par hectare (Engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.)
13. ALIM	Le coût de l'alimentation du bétail
14. ANCI	Ancienneté dans la pratique de l'irrigation par année
15. RHE	RHE1 =0, si l'exploitant a une activité secondaire et 1 sinon
16. WOR	WOR = 0 si eau gratuite, 1 si réseau public et 2 réseau privé
17. ASE	% de la recette totale de l'exploitation sans l'élevage

1.2. Les Concepts socio-économiques de base

Cette section est dédiée à une présentation sommaire des concepts socio-économiques de base sur lesquels s'appuient l'analyse, aussi bien descriptive que quantitative, et les commentaires des résultats obtenus afin de parvenir à des propositions de recommandations opérationnelles en vue d'une gestion durable de l'aquifère concerné.

1.2.1. Le Coût

La notion de coût est hautement complexe et surtout d'une importance capitale à toute gestion durable d'une ressource très peu renouvelable telle que la ressource SASS. Nous tenons à rappeler l'importance de cette notion pour le grand Professeur J.M Clark « Un cours d'économie serait un succès, si les étudiants parvenaient à une maîtrise réelle de la signification du coût dans tous ses aspects multiples ».

Une définition simple d'un concept aussi complexe que le coût est vraiment un défi.

Nous proposons deux tentatives de définitions :

- Le coût est la somme d'argent, de temps et de ressources engagées en vue de produire ou d'acquérir un bien économique.
- Le coût est habituellement une évaluation monétaire de l'effort engagé, des biens matériels utilisés, des ressources consommées, du temps et des utilités perdues, du risque encouru et des opportunités manquées dans la production et la fourniture des biens et des services.

Afin d'évaluer correctement le coût réel de la ressource en eau, qui constitue le facteur limitant dans tout développement économique et social dans la région SASS, l'idéal aurait été de disposer d'une information complète sur tous les éléments qui intègrent explicitement toutes les variables requises (coût de pompage, coût d'opérations et de maintenance de l'équipement et surtout le coût fixe d'investissement). Dans le cadre de notre enquête, nous n'avons pu récolter que les coûts variables du réseau publicⁱ. Par contre pour les exploitants privés nous avons pu collecter des informations fines sur les coûts variables ainsi que sur les coûts fixes. Dans le cadre de cette analyse préliminaire nous n'avons retenus pour les exploitants privés que les coûts variables afin de pouvoir comparer dans les mêmes conditions les deux catégories d'exploitants privés et publics.

1.2.2. Le Coût Marginal (C.M.)

Le C. M. est le coût induit par la production d'une unité additionnelle d'un bien ou d'un service. Ce coût pourrait aussi être défini ainsi : c'est le changement dans le coût total lorsque la quantité produite change d'une unité ; c.à.d. le coût de produire une unité supplémentaire du bien ou du service en question.

Formellement, le CM est calculé en divisant la variation du Coût Total (ΔCT) par le changement dans la Quantité Produite (ΔQP):

$$MC = \frac{\Delta CT}{\Delta QP}$$

1.2.3. Le coût d'opportunité

La notion de ce que les économistes appellent le coût d'opportunité est crucial à tout processus d'allocation de ressources rares qui pourraient être affectées à des utilisations alternatives.

Définition: C'est le coût de toute activité mesuré en termes de la valeur de la meilleure alternative manquée suite au choix opéré. Lorsque l'économiste se réfère au coût d'opportunité d'une ressource, il entend par là, la valeur du meilleur usage alternatif de cette ressource. D'une manière encore plus simple c'est le bénéfice que vous aurez pu recevoir en choisissant la meilleure action alternative.

Dans le cas particulier des ressources souterraines surexploitées et surtout les aquifères non renouvelables, deux situations devraient être distinguées :

- Lorsque l'exploitation des nappes souterraines renouvelables dépasse largement le taux de recharge naturelle.
- Dans le contexte d'une exploitation minière de nappes souterraines profondes dont le stock a été accumulé depuis des millénaires, alors qu'actuellement le taux de recharge est négligeable.

L'analyse économique dans ces deux cas de figure, qui diffère de celle où la ressource est un flux renouvelable non-exhaustible, nécessite l'intégration explicite d'un coût d'opportunité additionnel de la ressource.

Etant donné que les usages actuels épuisent le stock et le rendent non disponible pour les utilisations futures (surtout celles des générations à venir), il y a un coût d'opportunité à ne pas avoir l'eau disponible pour ces usagers. Nous appellerons ce coût « un coût opportunité inter-temporel ou intergénérationnel », qui devrait s'ajouter au coût d'opportunité classique traduisant la non-disponibilité de la ressource pour un autre usage courant, qu'on pourrait appeler le coût d'opportunité contemporain.

1.2.4. Tarification au coût marginal (marginal-cost pricing)

La théorie économique moderne nous enseigne que la tarification au coût marginal, qui stipule que le prix de toute ressource rare doit être fixé au niveau de son coût marginal, conduit à une allocation efficiente de cette ressource engagée dans tout processus de production.

Tout scientifique objectif et averti réalisera facilement qu'une tarification semblable est très intéressante pour la société quel que soit sa forme d'organisation politique. En effet, ce principe, qui constitue l'un des résultats des plus connus de la théorie économique moderne pourrait s'énoncer ainsi :

"L'économie ne parviendra à une valorisation maximale de ses ressources rares et précieuses et produire l'output maximal que si et seulement si le prix du bien concerné (ici ce sera l'eau) est égal à son coût marginal de mobilisation".

La réalisation de l'affectation optimale escomptée requiert l'intégration de plusieurs types de coûts marginaux à savoir :

- Le coût de maintenance et de gestion courante,
- Le coût futur de l'investissement additionnel, et
- Un coût supplémentaire infligé à l'environnement.

Cette orientation nous mène directement au principe du Coût Marginal de Long Terme (CMLT) qui se définit ainsi :

Le Coût marginal de long terme est le coût supplémentaire supporté par une entreprise de production lorsque tous les facteurs de productions (les inputs) sont variables. En effet lorsqu'on raisonne dans le Long Terme, même les coûts fixes d'investissement deviennent aussi variables. Le CMLT est donc le coût supplémentaire qui en résulte lorsqu'une entreprise augmente l'échelle de ses opérations, non seulement en ajoutant davantage de travailleurs dans une usine donnée, mais aussi par la construction d'une nouvelle usine.

L'exemple illustratif dans le contexte de la gestion des ressources en eau serait : Le coût marginal de long terme d'une unité additionnelle d'eau mobilisée lorsqu'on construit un nouveau barrage.

Notons d'emblée, qu'étant donné que le calcul du CMLT implique, par définition, une évaluation à long terme des coûts, il devient ainsi un véhicule susceptible d'intégrer explicitement tous les aspects de la gestion environnementale et plus particulièrement tous les phénomènes issue des changements climatiques attendus.

Nous tenons aussi à rappeler que les approches de la tarification traditionnelle reposent essentiellement sur le recouvrement des coûts déjà engagés « sunk cost » alors que le CMLT s'appuie plutôt sur la valeur économique des ressources potentielles (futur) utilisées ou conservées par les décisions de l'usager. En effet, vu que les prix sont des montants payés pour des consommations additionnelles, ils devraient en principe impliquer le coût marginal.

1.2.5. La Marge Brute

Ce concept est généralement utilisé par les agroéconomistes à la place du concept de **profit** cher aux économistes orthodoxes. La **marge brute (MB)** d'une exploitation, définie comme étant la différence entre son revenu et ses coûts variables, est habituellement la variable utilisée dans les discussions commerciales concernant la branche. Cependant il faut bien noter que la marge brute n'est pas le profit, et en plus elle peut varier significativement entre exploitations, étant donnée que les coûts peuvent être différemment définis comme fixes ou variables, ou bien peuvent être partagés entre plusieurs exploitations (coûts joints, *join cost*).

Les rubriques principales les plus courantes du coût variable sont :

Le coût de la main d'œuvre salariale.

- Le coût de la ressource eau pour l'agriculture irriguée (ici aussi il faut distinguer entre le coût supporté directement par l'exploitant et le coût réel supporté par la collectivité).
- Le coût des fertilisants, semences et insecticides,
- Le coût de l'alimentation du cheptel.

<u>Notes</u>: Ces sont les quatre types de coûts variables que nous retiendrons dans le cadre de cette analyse.

1.2.6. Productivité Economique de l'Eau (Economic Water Productivity (EWP))

La Productivité Economique de l'eau est définie comme étant la valeur en terme monétaire dérivée de l'utilisation d'une unité de cette ressource. Dans ce contexte ce sera la valeur en dinars obtenue grâce à un m³ d'eau utilisée dans la production d'une culture irriguée dans la zone SASS. En effet le recours au concept d'« Economic Water Productivity » au lieu de la définition classique de « Physical Water productivity » est aujourd'hui mieux approprié dans le contexte d'une croissance rapide de la rareté et de la dégradation de la ressource surtout dans un contexte caractérisé par une surexploitation. Les possibilités d'améliorer la productivité économique de l'eau grâce à la promotion d'une gestion plus adéquate dépasse largement l'augmentation de la productivité physique de l'eau dans les milieux exposés à des contraintes physiques drastiques de la ressource.

Les expressions de « plus de nourritures par goûtes d'eau : more nutrition per drop » ou encore «plus de travail par goûtes : more job per drop » sont courantes dans la littérature spécialisée. Dans le cadre de notre analyse nous utilisons **EWP** pour désigner l' « Economic Water Productivity ».

Calcul de la Productivité Economique Brute de l'Eau (GEWP) :

GEWP par
$$m^3 = \frac{M \text{ arg } e \text{ Brute}}{Volume \text{ total } de \text{ } l'\text{ eau } \text{ utilis\'ee}}$$

Dans le calcul de cette productivité, on suppose que toute la marge brute réalisée par l'exploitant est l'apport unique de l'eau utilisée. Alors qu'en réalité, elle est aussi le fruit d'autres facteurs de production à savoir le travail, la terre, les semences, les engrais, etc. Dans le contexte où l'eau est un facteur de production parmi d'autres, c'est-à-dire un facteur de production qui obéît à la règle de substitution classique, qui stipule qui tout facteur peut être substitué (remplacer) à un autre, cette définition est biaisée. En revanche dans un contexte où l'eau est un facteur déterminant (sans lui aucune production n'est possible), comme c'est le cas dans la zone SASS, cette définition est acceptable.

<u>Remarques importante</u>: Pour avoir La Productivité Economique Nette de l'Eau **(NEWP)** Il faut remplacer dans la formule ci-dessus, la Marge Brute par la Marge Nette. Cependant le passage de la Marge Brute à la Marge Nette n'est malheureusement pas une opération aisée. En effet ce passage requiert la disponibilité de données qui n'existent pas pour le moment.

Parmi les données indispensables, au calcul de la marge nette, il faut au moins avoir ;

- Les coûts d'investissement dans la mobilisation de la ressource,
- Le montant de toutes les subventions que l'Etat accorde à ce secteur,
- Les diverses taxes imposées à ce secteur.

1.2.7. La Disposition à Payer (DAP)

La DAP est une méthode qu'on utilise généralement pour évaluer (approximer) le prix d'un bien dans les cas où il est quasi-impossible de connaître le prix autrement. Cette démarche est courante pour estimer le prix d'un bien d'environnement qui ne dispose pas de marché classique (bien non-marchand). Cette méthode essaye de déterminer le prix que les utilisateurs sont disposés à payer pour le bien en question.

Calcul de la DAP dans notre contexte :

DAP annuelle de l'eau = *Recette brute totale* (recette de la production arboricole + recette des cultures Intercalaires + recette des cultures plein champ + recette de la production de la serriculture + recette de l'élevage) – *Coût* (salaires payé + Coûts des intrants + coûts de l'alimentation et de l'entretien du bétail).

Remarque: Dans ce calcul nous avons retenus tous les coûts à l'exception de celui de l'eau.

$$DAP \ par \ m^3 = \frac{DAP \ Totale \ de \ l'eau}{Volume \ total \ de \ l'eau \ utilisée}$$

Remarque: Les définitions de WP et DAP sont très proche. La seule différence réside dans le fait que pour la DAP on omet le coût de l'eau dans le calcul des dépenses et pour la WP nous considérons la Marge brute (on retient toutes les dépenses y compris le coût de l'eau). Comme ces variables sont très proches on peut utiliser l'une ou l'autre comme approximation du prix de l'eau. Dans cette présentation nous utiliserons plutôt la WP.

Dans ce calcul de la DAP, nous avons ignoré toutes les distorsions provoquées par une intervention massive de l'Etat dans la gestion et l'allocation de la ressource en eau dans les trois pays de cette zone SASS.

Les distorsions dans le calcul de la Marge Brute, la Productivité Economique de l'Eau et la DAP

Il faut donc tenir compte des subventions que les fermiers reçoivent, qui distordent les prix et les éloignent donc significativement des coûts d'opportunités sous jacents. Cette distorsion handicaperait alors toute tentative d'estimer correctement les (MB, EWP et DAP) réelles pour l'eau. La procédure d'intégration de ces distorsions dans le calcul de ces composantes est assez complexeⁱⁱ (voir la note à la fin du texte qui explicite en détail la complexité de ces calculs).

1.2.8. Taux d'Intensification (TI) :

Une définition très restrictive a été retenue dans ce cadre :

TI = Superficie réellement irriguée durant l'année de l'enquête / Superficie équipée pour être irriguée.

$$TI = \frac{SEI}{SI}$$
.

1.2.9. Définition du concept d'élasticité

Définition générale: L'élasticité est la variation en quantité d'une grandeur (en %) étant donnée la variation d'une autre grandeur aussi en %.

L'élasticité la plus connue et surtout la plus généralement utilisée dans les applications est l'élasticité prix de la demande d'un bien. Cette élasticité mesure la variation de la quantité en pourcentage d'un bien donné (ce sera par exemple dans notre contexte la demande de l'eau d'irrigation), lorsque son prix change (Sachant que le revenu de l'exploitant reste inchangé).

$$\varepsilon_p^{^w} = \frac{Pourcentag\,e\,\,de\,var\,iation\,\,de\,la\,\,quantit\'e\,\,demand\'ee\,d'un\,\,bien\,(ici\,\,l'eau)}{Poucentage\,\,d'\'evolution\,\,du\,\,prix\,\,du\,\,bien\,\,en\,\,question}$$

Elasticité prix de la demande =
$$\frac{ \left(q_{1-}q_{0}\right) / }{ \left(p_{1-}p_{0}\right) / } .$$

Οù

- q_0 et q_1 sont respectivement les quantités demandées durant les périodes 0 et 1.
- p_0 et p_1 sont respectivement les prix observés durant la période 0 et 1.

Autrement dit, si nous prenons l'exemple de l'eau, cette élasticité mesure le % de variation du volume d'eau demandée par l'exploitant divisé par le % de la variation tarifaire (le prix de l'eau) imposée par l'autorité de l'eau ou bien par le marché dans le cas d'une gestion privée.

Remarque: Cette élasticité est aussi appelée élasticité-prix temporelle par opposition à

l'élasticité-prix spatiale ou individuelle. Dans cette dernière on remplace le temps par l'espace. Ainsi les quantités q_0 et q_1 ainsi que les prix p_0 et p_1 deviennent associés respectivement au premier et au deuxième exploitant et non aux périodes temporelles 0 et 1.

1.2.10. Distinction entre les différentes définitions de la demande en eau agricole Les concepts du volume d'eau utilisé dans l'agriculture irriguée sont multiples.

• Le mobilisateur de la ressource parle de la *quantité d'eau produite*. Il s'agit ici du volume d'eau pompé d'un forage ou d'un puits de surface, du volume d'eau lâché d'un barrage.

- L'agronome parle généralement du besoin en eau pour irriguer par exemple un hectare de tomate dans une zone géo-climatique donnée. On parle dans ce cas du besoin en eau.
 Nous aurons à faire à données normatives.
- L'économiste, quand à lui, il parle de la *demande en eau* par l'usager. Il s'agit ici du volume d'eau demandé par un usager pour conduire une exploitation agricole irriguée.
- Pour l'usager de la ressource ce qui compte c'est essentiellement le volume en eau qui parvient réellement à la parcelle. Plus important encore ce qui lui importe le plus c'est le volume effectif qui parvient à la plante ou la culture qu'il pratique.

La distinction que nous venons de présenter entre les différentes définitions du volume d'eau utilisé dans l'activité agricole est d'une importance capitale pour la conduite de notre analyse quantitative.

Afin de préciser exactement la définition adoptée dans notre démarche, nous tenons préalablement à donner un aperçu sur la nature des données collectées par notre enquête sur le terrain.

L'enquêteur sur le terrain récolte les informations suivantes auprès de l'exploitant de la zone retenue :

• consommation en eau par culture

Cultures	Mode d'irrigation	Nombre Totale d'irrigation	Nombre d'heures/ Irrigation	Débit L/S	Volume consommé en m3
Arboriculture	Submersion	52	10	3	5616

Ce tableau présente un exemple à titre simplement illustratif :

Il s'agit ici d'un exploitant qui cultive un ha d'arboriculture irrigué par un puits de surface ayant un débit continu de 3 litres par seconde :

- Culture : Différentes sortes d'arbres fruitiers.
- <u>Mode d'irrigation pratiqué</u> : Il s'agit dans cet exemple de la technique traditionnelle de lâcher l'eau sur une surface donnée. On parle aussi de l'irrigation par inondation.
- Nombre d'irrigation : Cet exploitant irrigue sa parcelle une fois par semaine ce qui donne sur toute l'année 52 irrigations.

- La durée de chaque irrigation est de 10 heures.

L'eau produite, qui est le volume pompé à partir de ce puits, se calcule ainsi :

(3600 secondes) x (3 L/S) x (10 heures) x (52 semaines) = 5616 m^3 .

Evaluation des pertes d'eau

Les questions posées à l'exploitant au sujet des pertes entre la source d'eau et le lieu de l'irrigation effective :

Moyen transport de l'eau jusqu'à l'exploitation :

Séguia

Canalisation en PVC

Conduite en ciment

Y-a-t-il des pertes dans ce trajet ? A combien l'estimez-vous en % par rapport au débit initial

Moyen de distribution de l'eau à l'intérieur de l'exploitation :

Séguia en terre

Conduite en PVC/ bargaterre

Conduite en ciment

A combien estimez- vous les pertes d'eau si séguia par rapport au débit initial.

Ainsi grâce à ces informations, nous sommes capables de calculer le volume d'eau réellement utilisée par l'exploitant.

Remarque importante: Dans cette analyse quantitative préliminaire, nous avons utilisé le concept de demande en eau par l'irriguant. Il s'agit ici du volume d'eau produit par l'exploitant privé par ses moyens propres (pompage d'un puits de surface ou forage) ou le volume délivré par un réseau public ou collectif.

1.2.11. La Médiane

LA MÉDIANE, UN PARAMÈTRE STATISTIQUE, D'UN ENSEMBLE DE VALEURS EST UNE VALEUR M, QUI SE SITUE AU MILIEU DE LA SÉRIE, TEL QUE LE NOMBRE DE VALEURS DE LA SÉRIE SUPÉRIEURES OU ÉGAL À M EST EXACTEMENT ÉGAL AU NOMBRE DE VALEURS INFÉRIEUR OU ÉGALE À M.

Cet outil est très utile et donne une meilleure information que la moyenne classique lorsque la série de données dont on dispose est hétérogène.

Calcul pratique de la Médiane d'une série de données

- Ordonner les données de la série en guestion en une liste croissante.
- Choisir la valeur qui est au centre de cette liste.

1.2.12. Nature des données disponibles

Afin de conduire les estimations des coefficients définis précédemment de la spécification retenue grâce au modèle économétrique présenté, il est indispensable de connaître le type de données statistiques disponibles.

Trois grandes catégories de données sont généralement possibles :

- 1. <u>Les données temporelles</u> (Time Series) : Il s'agit ici d'avoir des observations dans le temps sur une entité donnée. La production annuelle d'un pays sur plusieurs années, la production d'une exploitation irriguée sur une période de 20 ans par exemple. L'accent est mis dans cette catégorie de données sur l'aspect dynamique.
- Les données Individuelles (cross section data): Il s'agit d'informations récoltées généralement grâce à une campagne d'enquêtes durant une année donnée sur des exploitations irriguées par exemple. L'accent est par contre mis dans cette catégorie de données sur l'aspect individuel ou spatial.
- 3. <u>Les données de Panel</u>: une combinaison des deux types précédents de données. Il s'agit ici, par exemple, de récolter des données sur un échantillon d'exploitants agricoles pendant plusieurs périodes temporelles c.à.d. conduire plusieurs campagnes d'enquêtes sur un ensemble d'irrigants dans une zone donnée. Cette catégorie de données, qui combine les aspects importants de toute activité économique à savoir le dynamique et le spatial, fournit une richesse permettant une meilleure estimation de tout modèle retenu.

1.3. Présentation très sommaire du modèle économétrique élémentaire

L'Econométrie, définie de la manière la plus simple, est l'application des méthodes statistiques à l'analyse des problèmes économiques. L'outil de base de l'économétrie est l'Analyse de Régression. La Régression est une relation entre une ou plusieurs variables dites indépendantes, explicatives ou exogènes et la valeur espérée d'une variable dépendante, expliquée ou endogène.

1.3.1. Le Modèle de Régression Linéaire

D'une manière formelle le modèle linéaire à plusieurs variables peut être explicité par la fonction suivante :

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$
. (1)

Où:

• y : est la variable à expliquer qui pourrait être comme nous venons de le dire la demande en eau par les exploitations agricoles.

- $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$: est l'ensemble des variables explicatives qui déterminent en principe la valeur de la variable y. Ces variables pourraient être dans notre contexte le prix de la ressource, la superficie irriguée de l'exploitation, le type de réseau utilisé, la salinité de la ressource, etc...
- f: est la forme fonctionnelle, à spécifier, qui détermine l'impact des variables explicatives retenues sur la variable expliquée y.

Ce modèle multi varié linéaire et additif est spécifié en Econométrie sous la forme générale suivante :

$$y = x_1 \beta_1 + x_2 \beta_2 + x_3 \beta_3 + \dots + x_k \beta_k + \varepsilon$$

Les coefficients sont choisis de telle sorte que les variables explicatives de l'équation reproduisent le comportement de la variable expliquée y.

La variable ε est un terme résiduel qui équilibre l'équation. Il est nécessaire parce qu'il n'y a aucune somme pondérée des variables explicatives qui peut reproduire les observations réelles de la demande en eau exactement, observations après observations. Néanmoins, en étudiant les valeurs ajustées des β_1 , β_2 β_3 ,...... β_k , on peut être en mesure de déduire des modèles dans les données.

La méthode des *Moindres Carrées Ordinaires (MC*O) est une méthode largement utilisée pour ajuster les β_k .

Cette méthode consiste à résoudre le problème d'optimisation suivant :

$$\underbrace{Min}_{\beta_1,\beta_2,\beta_3,\beta_k} \sum_{n=1}^{N} \left[y_n - (x_{n1}\beta_1 + x_{n2}\beta_2 + x_{n3}\beta_3 + \dots + x_{nk}\beta_k) \right]^2$$

Où n est l'indice des observations dans la base de données. Le terme « MCO » se réfère à la minimisation de la somme des carrées des différences $y_n - (x_{n1}\beta_1 + x_{n2}\beta_2 + x_{n3}\beta_3 + \dots + x_{nk}\beta_k)$. Nous appellerons ces différences « les résidus » et la fonction objective :

$$f(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K) = \sum_{n=1}^{N} [y_n - (x_{n1}\beta_1 + x_{n2}\beta_2 + x_{n3}\beta_3 + \dots + x_{nk}\beta_k)]^2$$

la somme des carrés des résidus. Lorsque les résidus sont évalués à leurs valeurs correspondants aux moindres carrés, Ils sont alors appelés les résidus ajustés.

Nous allons présenter d'une manière un peu plus détaillée le cas le plus à simple de ce modèle, à savoir lorsque nous aurons K=1 et $x_{n1}=1$ pour tout n.

1.3.2. Le modèle linéaire simple à une variable

Soit:

$$y = mx + b \tag{2}$$

Où y et x sont deux variable sur lesquelles nous disposons de données réelles collectées par l'enquête.

- m : est un coefficient qui représente la pente de la ligne, et
- b : est une constante.

Ces deux coefficients devraient être estimés en recourant à une procédure appropriée et en s'appuyant sur les données observées sur les deux variables **x** et **y**.

Dans la terminologie de l'économètre, cette équation s'écrira ainsi :

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \tag{3}$$

Où:

 ε : est un terme d'erreur (ou résiduel) qui indique que l'équation (3) devient stochastique (approximative).

Ce modèle représente la forme de régression de la population globale considérée, qui est dans notre contexte l'ensemble des irrigants de la zone SASS. Afin de l'estimer il est indispensable de disposer des données sur y (le prix de l'eau) et de X (le volume consommé) par les 100 000 irrigants de la Zone. Nous savons qu'il est très onéreux de récolter une information de cette taille. Afin d'estimer les coefficients de cette relation, nous avons construit, dans notre cas, un échantillon représentatif de cette population de 3000 exploitants.

La forme fonctionnelle devient dans le cas de notre échantillon :

$$\widehat{y} = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 X + \widehat{\varepsilon} \tag{4}$$

Où le ^ sur le coefficient stipule que l'équation est estimée à partir de l'échantillon sélectionné et non la vraie formulation de départ, qui est réservée uniquement pour la population mère.

1.3.3. Interprétation

Reprenons l'exemple précédent :

$$\widehat{y}$$
 (Volume utilisé) = $\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 X$ (Prix de l'eau) + $\widehat{\varepsilon}$

- ullet Si le prix en question est nul, le volume consommé sera égal à $\,eta_{\!\scriptscriptstyle 0}$.
- L'interprétation de eta_1 est légèrement un peu plus complexe. Si nous avons à faire à une relation causale entre x et y, nous aurons :

$$\frac{dy}{dx} = \beta_1 \rightarrow \frac{d\varepsilon}{dx} = 0 \rightarrow E(\varepsilon/x) = 0.$$

Cette condition signifie qu'il n'y a aucun élément dans le terme résiduel qui a un impact sur X. ceci veut dire que x et ε sont indépendants.

- Le terme d'erreur ou résiduel, $\hat{\varepsilon}$, qui est introduit dans la relation (4) pour montrer qu'en économétrie la relation est plutôt de nature stochastique (aléatoire) et non déterministe comme en mathématique classique, est d'une importance primordiale en économétrie c'est pourquoi il est cruciale de s'étendre sur son interprétation :
 - Ce terme résume l'information contenue dans les variables explicatives de la variable y et qui ont été omises pour des raisons diverses (manque de données, variable non observables, etc..).
 - Puisque les données récoltées sur les variables x et y sont généralement mesurées avec une certaine erreur, le terme résiduel résumerait ces erreurs.
 - Ce terme d'erreur représente aussi la nature erratique qui caractérise le comportement de tous les agents économiques. En effet, il faut insister sur le fait que dans les sciences sociales il est impossible de déterminer avec précision la valeur de la variable à expliquer même si nous disposons de valeurs exactes des variables explicatives.

Nous verrons que le modèle sélectionné, pour estimer les coefficients d'intérêt dans toute analyse quantitative, dépend intimement des hypothèses retenues pour spécifier la nature de ce terme d'erreur.

Pour une observation quelconque sur l'exploitant i l'équation 4 s'écrira ainsi

$$\hat{y}_{i} = \hat{\beta}_{0} + \hat{\beta}_{1} X_{i} + \hat{\varepsilon}_{i}. \tag{5}$$

Le terme résiduel est :

$$\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_i = y_i - \hat{\boldsymbol{y}}_i = y_i - \hat{\boldsymbol{\beta}}_0 - \hat{\boldsymbol{\beta}}_1 X_i.$$

L'objectif est maintenant celui de déterminer les deux coefficients $\hat{\beta_0}$, $\hat{\beta_1}$. La question qui se pose immédiatement est donc : **Comment estimer ces deux paramètres ?**

La méthode la plus connue et surtout la plus utilisée par les économètres consiste à :

Minimiser la somme des carrés des écarts des résidusⁱⁱⁱ.

$$Min\sum_{i}\varepsilon_{i}^{2}$$
.

Ce critère est appelé dans la littérature économétrique la somme des carrés des résidus (Somme of Square ou SS),

1.3.4. La Méthode des Moindres Carrés Ordinaires (mco) et la qualité de l'ajustement

La méthode **mco** consiste à estimer exactement la régression $y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \mathcal{E}_i$. Il s'agit de trouver la ligne qui définie la meilleure relation entre x et y de la manière la plus appropriée. Nous venons de voir que la meilleure procédure pour y parvenir serait de Minimiser la somme des carrés des écarts des erreurs à savoir :

$$SSM = \sum \hat{\varepsilon}_i^2$$

Les propriétés à satisfaire par la méthode mco sont :

1.
$$\sum \widehat{\varepsilon}^2 = 0.$$

Comme l'illustre la figure 1, les observations réelles sont réparties au dessus et en dessous de la ligne d'ajustement. Les résidus sont donc aussi bien négatifs que positifs. Cette hypothèses imposent donc que la somme totale des ces résidus soit nulle.

$$2. \quad \sum \widehat{\mathcal{E}_i}^2 X_i = 0$$

Cette propriété signifie que les variables explicatives sont indépendants des résidus. Autrement dit il n'y a rien dans le terme résiduel qui explique les variables x_i .

$$3. \quad \overline{Y} = \hat{\beta_0} + \hat{\beta_1} \, \overline{X}$$

Cette propriété implique que le point ayant comme coordonnées la moyenne des y_i et la moyenne des x_i se situe sur la ligne d'ajustement.

4. Les termes résiduels sont **homoscédastiques** (même variance) et **indépendants** (pas de corrélations). Formellement cette propriété pourrait s'écrire ainsi :

$$E(\varepsilon_{i}, \varepsilon_{j}) = \begin{cases} 0 & pour & i \neq j; & i, j = 1, 2, \dots, n \\ \sigma_{\varepsilon}^{2} & pour & i = j; & i, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

5. Le terme résiduel, ε , suit une distribution de probabilité centrée autour de la valeur 0 et ayant une variance finie σ_{ε}^{2} .

1.3.5. Procédure d'estimation des coefficients $(\hat{eta_0},\hat{eta_1})$ de la ligne d'ajustement

La figure 1 nous montre que les résidus (les déviations) à partir de la ligne estimée sont positifs ou négatifs puisque les points (représentants les observations réelles se situent en dessus ou en dessous de la ligne. Si ces résidus ($\widehat{\varepsilon}_i$) sont élevés au carré puis sommés, la quantité résultante doit être non négative et variera directement en fonction de la répartition de ces points autour de la ligne. Des paires de valeurs différentes pour $(\hat{\beta}_0,\hat{\beta}_1)$,....donneront des lignes d'ajustements différentes et ainsi différentes valeurs pour la somme des carrés des résidus autour de la ligne.

Ainsi nous aurons:

$$\sum \widehat{\varepsilon}_i = f(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1)$$

Le principe des **m.c.o** est que les valeurs de (β_0,β_1) doivent être choisies de manière à rendre $\sum \widehat{\varepsilon}_i$, aussi réduite que possible :

La méthode MCO consiste donc à choisir β_0 et β_1 afin de

$$Min \sum \hat{\boldsymbol{\varepsilon}_i}^2 = Min \sum_{i=1}^n (y_i - \widehat{\boldsymbol{\beta}}_1)^2$$

Une procédure de minimisation simple, en passant par les conditions nécessaires et suffisantes donne le résultat très connu par les économètres à savoir :

$$\hat{\beta}_{1} = \frac{\sum x_{i} y_{i}}{\sum x_{i}^{2}}$$

$$\hat{\beta}_{0} = \overline{Y} - \hat{\beta}_{1} \overline{X}.$$

Avant de définir la qualité de l'ajustement, qui est mesurée par R², il est indispensable de définir deux quantités essentielles à savoir **SSM** (Sum of Square du Modèle) et **SST** (Sum of Square Totale).

•
$$SSM = \sum \hat{\varepsilon}^2 = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

Cette expression indique le pouvoir explicatif du modèle. Il s'agit de donner par cette expression la part de la variation dans la variable à expliquer y qui est déterminée par la régression retenue.

•
$$SST = \sum \varepsilon^2 = \sum (y_i - \overline{y})^2$$
.

SST donne la variation totale dans les y_i alors que **SSM** donne tout simplement la variation expliqué par le modèle. En effet dans **SSM** les \widehat{y}_i sont les valeurs estimées par le modèle alors que dans **SST** les y_i sont les vrais valeurs dans la population.

On aura donc:

$$SST = SSR + SSM$$

(Somme des carrés totale en Y) Somme des Carrés résiduelles Somme des carrés « **expliquée** »

Par le

modèle retenu

« non expliquée» par le modèle

La qualité de l'ajustement retenue est donc mesurée par R² ainsi :

$$R^2 = \frac{SSM}{SST} = 1 - \frac{SSR}{SST} \,.$$

Cette mesure de la qualité de l'estimation varie ente 0 et 1. Plus la valeur de R² est élevée meilleur est l'ajustement.

1.4. Exemple illustratif de la démarche retenue

Prenons un exemple hautement simplifié à titre d'exemple illustratif : Estimer l'élasticité prix de la demande en eau dans la zone SASS tunisienne.

1.4.1. Estimation des paramètres (coefficients) et interprétation

Nous disposons grâce à la première campagne d'enquêtes des informations suivantes relatives au coût de l'eau et la demande correspondante par les différents exploitants. A partir de ces informations on construit les deux variables suivantes :

Lwcmc: Log du coût de l'eau par m³.

Lwha: log de la consommation d'eau par hectare.

Ces variable sont prises en logarithme afin d'avoir directement les élasticités.

L'équation estimée par la méthode des mco est donc ;

$$Lwha_{i} = \widehat{\beta}_{0} + \widehat{\beta}_{1}Lwcmc_{i} + \widehat{\varepsilon}_{i}$$

L'output de l'estimation de cette relation par la méthode mco grâce au logiciel STATA est le suivant :

Où:

- (1) F(1,730) est le test de Fisher.
- (2) est le Test de Student et
- (3) est la p-value.

Cet output brut pourrait être synthétisé ainsi dans un tableau récapitulatif des résultants les plus importants :

La consommation d'eau par hectare par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau uniquement

Variable Expliquée	Coefficients estimés	La consommation d'eau et par hectare par exploitant
Variable explicative		
1. Lwcmc (prix de l'eau)	$\widehat{oldsymbol{eta}}_1$	- 0.48 (0.000) ***
2. Cte	$\widehat{oldsymbol{eta}}_0$	7.34 (0.000)***
N (nombre d'exploitants dans l'échantillon retenu)		732
Adj R—squared (R ²)		0.21
F		192.88

Les P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %.

L'équation ainsi estimé s'écrira donc :

$$Lwha_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 Lwcmc_i + \hat{\varepsilon}_i = 7.344 - 0.476 \ Lwcmc$$

Interprétation de ces résultats :

$$\hat{\beta}_0 = cons \tan te = 7.344$$

$$\hat{\beta}_1 = Elasticité - prix = -0.476$$

• La constante signifie ici que lorsque le prix de la ressource est nul la consommation en eau s'élève à 1547 m³. Comme nos résultats sont en Log, pour revenir au chiffre réel il faut prendre l'exponentiel du résultat trouvé soit :

Exp
$$(7.344) = 1547 \text{ m}^3$$
.

- Le coefficient $\widehat{\beta}_1$, qui représente ici l'élasticité prix de la demande en eau, veut dire que lorsque le prix de la ressource augmente de 100 % la demande baisse d'environ 48 %. Comme nous travaillons avec de données d'enquêtes une précaution spéciale est à prendre afin d'interpréter la signification réelle de ce Résultat.
 - ➤ Si nous disposons de données temporelles sur un exploitant pendant une longue période, nous pouvons alors énoncer que pour une augmentation du prix de l'eau de 100 % la demande baisserait de 48 %.
 - Dans notre cas de figure nous avons une information relative à 732 exploitants pour uniquement l'année 2011. Le prix de l'eau ne varie donc pas d'une année à l'autre comme dans l'exemple précédent. En revanche il est variable d'un exploitant à un autre. En effet notre enquête permet de refléter la différence de comportement entre le différents irrigants. Il est tout à fait naturel que chaque exploitant adaptera son comportement en fonction de sa propre situation. L'irrigant qui dispose d'une ressource en eau peu couteuse, suite à l'existence dans sa zone de réseau public largement subventionné par l'Etat, sera moins disposer à la conserver ou à adopter des techniques d'irrigation plus performantes. Par contre l'exploitant, qui se trouve dans une situation où il doit mobiliser sa ressource avec ses moyens uniquement, se voit contraint de l'utiliser d'une manière plus parcimonieuse. Dans ce cas de figure, l'interprétation de l'élasticité prix sera ainsi : Lorsque le prix de la ressource varie de 100 %, la demande en eau varierait de 48 %. Autrement dit si le prix de la ressource double d'un exploitant à l'autre, la demande correspondante baisse de 48 %.

<u>Remarque</u>: Dans le cas de donnée temporelle, nous parlerons d'élasticité prix dynamique ou temporelle. En revanche avec des données individuelles, comme dans notre contexte, on parle d'élasticité prix spatiale.

1.4.2. Qualité de l'ajustement

L'économètre a mis au point toute une batterie de mesures pour donner une idée assez précise de la qualité des résultats obtenus.

Parmi ces mesures, nous retenons celles qui sont les plus utilisées et surtout qui figurent sur l'output de l'ordinateur à savoir :

- Le coefficient de détermination R²
- Le test de Fisher (F)
- Le test de student (t) et
- La p-value.
- Le coefficient de détermination R², calculé à partir des informations données par l'output du logiciel est :

$$R^2 = \frac{SS(\text{mod } el)}{SS(Total)} = \frac{125.824376}{602.037069} = 0.2090$$

Dans la zone SASS tunisienne, le prix de la ressource supporté par l'exploitant agricole expliquerait à lui seul environ 21 % de la variation totale de la consommation d'eau.

 <u>Le Test de Fisher (ou test F)</u> est un test statistique, utilisé dans la comparaison des spécifications économétriques retenues, permettant d'identifier le modèle qui ajuste le mieux la population considérée (l'ensemble des exploitants agricole de la zone SASS) en partant d'un échantillon représentatif. Dans notre exemple ce Test a une valeur de 192,88.

La question qui se pose immédiatement est : comment s'obtient cette valeur et surtout que signifie-t-elle ?

Dans notre exemple, nous avons estimé le modèle simple suivant :

$$Lwha_{i} = \widehat{\beta}_{0} + \widehat{\beta}_{1}Lwcmc_{i} + \widehat{\varepsilon}_{i}$$

Afin de tester la qualité de l'ajustement retenu, il faut d'abord calculer un coefficient de corrélation, noté $\rho_{lwha,lwcmc}$, entre les deux variables introduites dans le modèle, à savoir LWHA et LWCMC. Ce coefficient mesure l'importance de la relation entre les deux variables en question.

La conduite du Test de la qualité de l'ajustement s'effectue en 4 étapes :

1. Etablir les hypothèses à tester :

 $H_0:
ho_{lwha,lwcmc} = 0$ Il n'y a pas de relation entre les deux variables retenues. Autrement dit la variable prix (*Lwcmc*) n'a aucun impact sur la demande en en eau (*LWHA*). On dit alors que les deux variables sont non corrélées ou indépendantes.

 $H_1:
ho_{lwha,lwcmc} \neq 0$ Les deux variables retenues sont corrélées,c.à.d. le prix de la ressource a un impact significatif sur sa demande.

2. Le Test statistique, appelé le *Test F*, est alors construit ainsi :

$$F_c = \frac{R^2(k-2)}{(1-R^2)} \cong F_{1,k-2}$$

Où R^2 est le coefficient de détermination, k est le nombre d'observation dans l'échantillon et F_c est la valeur dite critique.

Cette valeur critique de F obtenue à partir de notre exemple est donc :

$$F_c = \frac{R^2(k-2)}{(1-R^2)} \cong \frac{0.2090(732-2)}{(1-0.2090)} = \frac{152.57}{0.791} = 192.88.$$

Ce qui correspond exactement à la valeur donnée par l'output du l'ordinateur.

3. Regarder la valeur critique donnée par la table statistique de *F* avec le seuil choisi, le degré de liberté et le nombre d'observation dans l'échantillon. Dans notre exemple cette valeur critique est :

$$F_{1,k-2}^*(\alpha) = F_{1,730}^*(0.01)$$

 α : est le seuil d'erreur toléré. Cela veut dire que dans notre exemple le seuil d'erreur que nous acceptons n'est que de l'ordre de 1%.

<u>Remarque</u>: Il existe dans tout ouvrage d'économétrie ou de statistique une Table de la loi F qui donne les Valeurs critiques de cette distribution.

4. Règle de décision :

Si $F_C > F^*$ alors on rejette l'hypothèse nulle H_0 (absence de relation et on retient l'hypothèse alternative H_1 qui stipule que lwcmc et lwha sont reliées.

- Le Test de Student (t): Ce test statistique est un cas particulier du Test F. En effet le Test F est utilisé pour tester la qualité de l'ajustement global du modèle estimé ; alors que le Test t est le plus souvent utilisé pour tester la qualité d'ajustement d'un seul coefficient dans le cadre d'une régression linéaire.
- La qualité de l'ajustement est aussi indiquée par la <u>valeur de p-value</u>. Cette valeur indique le seuil d'erreur acceptée. Plus cette valeur est petite, meilleur est la qualité de l'ajustement. Dans notre exemple cette valeur pour un seuil critique de 1 % est de 0.00001. Cela veut dire qu'il y a une probabilité de 0.00001 de décider de l'existence de relation entre les deux variables retenues alors que dans la réalité il n'y a pas de relation entre ces variables.

1.5 Les extensions intégrées dans la modélisation économétrique retenue dans le cadre de cette analyse

L'exemple que nous venons de présenter est une simplification drastique de la réalité dans le souci majeur de mettre l'accent essentiellement sur les aspects les plus importants du modèle économétrique de base. Ce modèle hautement simplifié sera remplacé par des modèles plus appropriés où on intègre toutes extensions possibles afin de s'approcher de la réalité de la situation analysée dans le cadre de ce projet.

Nous allons mettre un accent particulier sur des points qui nous semblent d'une importance capitale pour expliciter l'analyse conduite dans le cadre de ce projet.

- Rappeler les hypothèses les plus simplificatrices du modèle présenté et surtout insister sur les extensions introduites dans les modélisations économétriques sur lesquels s'appuient l'analyse utilisée dans les estimations effectives.
- Faire un éclairage particulier sur les Spécificités de l'Estimation de l'élasticité prix de l'eau grâce aux données d'enquêtes.

1.5.1. Les extensions du modèle économétrique utilisé

- a) Le modèle simple qui vient d'être présenté, s'appuie sur une seule variable explicative, à savoir le prix de l'eau. Alors que dans la réalité les variables explicatives sont plutôt multiples. Le modèle retenu dans notre analyse est donc le modèle général multidimensionnel qui intégrera le maximum de variables explicatives pertinentes.
- b) Le modèle de notre exemple suppose que la variable explicative est **indépendante** de la variable résiduelle qui contient, entre autres, les variables explicatives omises pour le moment. Dans la réalité les variables explicatives sont plutôt **corrélées**, c.à.d. interreliées avec le terme résiduel.
- c) Le modèle de l'exemple considère que l'ensemble des variables, aussi bien expliquées qu'explicatives, sont mesurées avec précision, alors que dans le monde réel toutes les variables sont plutôt des approximations c.à.d. qu'ils se caractérisent par des <u>erreurs de mesures</u> manifestes. Le modèle retenu intégrera cet aspect par le recours à la méthode des Moindres Carrées Généralisées.
- d) Le modèle de l'exemple est **linéaire**, alors que les phénomènes approchés sont par nature **non- linéaires.** Heureusement, les progrès dans la méthodologie économétrique permettent actuellement d'intégrer cette réalité dans les estimations des paramètres retenues.
- e) Le modèle de l'exemple ne retient que des variables quantitatives alors que la plus part des variables observées dans la nature sont plutôt de nature qualitatives. Durant les dernières années l'économétrie des modèles qualitatives a connu d'énormes progrès.
- f) La m.c.o utilisée dans le cadre de l'exemple présenté ci-dessus suppose que le terme résiduel suit une loi statistique ayant une variance finis. Cependant, la réalité de plusieurs phénomènes économique est plutôt de nature erratique se distinguant par une variance infinie

Grâce aux développements les plus récents de l'outil économétrique, qui ont permis d'intégrer toutes les extensions susmentionnées et aux progrès gigantesque de l'instrument informatique, l'analyse conduite dans le cadre de ce projet a été réalisée avec le souci majeur de saisir autant que possible la complexité de la réalité du terrain. En effet, grâce à la riche base de données construite à partir de l'information récoltée par les deux compagnes

d'enquête, l'analyse quantitative a permis de saisir le comportement de l'usager en matière d'allocations des ressources rares entre les usages alternatifs, aussi bien dans leur diversité à travers l'immense espace, tel que celui de la zone SASS, que dans leur dynamiques dans le temps grâce aux campagnes d'enquêtes successives.

Remarque importante: Toutes les estimations effectuées dans le cadre de l'analyse quantitative, présentée en détail dans les sections suivantes, s'appuient sur les modèles économétriques les plus appropriées qui intègrent explicitement toutes les complexités du monde réel que les économètres sont aujourd'hui capables de saisir.

1.5.2. Spécificités de l'Estimation de l'élasticité prix de l'eau grâce aux données d'enquêtes

Etant donnée l'importance cruciale de l'estimation des élasticités prix de l'eau, dans la conception de toute politique de gestion durable de la ressource en eau dans les pays et les régions dramatiquement dépourvues telle que l'immense zone SASS, et surtout la difficulté d'y parvenir, il n'est pas surprenant que les chercheurs concernés ont été préparés à recourir à toute sorte de donnes disponibles.

L'idéal aurait été de disposer d'une série temporelle de prix réel de l'eau, ainsi que la demande correspondante, s'étendant sur une période de plusieurs années. Ainsi il aurait été possible d'estimer les réponses réelles des utilisateurs, en termes de volume demandé, pour une augmentation effective des prix à travers le temps. Malheureusement dans les pays en développement, ce genre de données est très rarement disponible. En revanche des enquêtes ponctuelles existent dans plusieurs pays et régions concernées. Ces enquêtes contiennent souvent des informations qui pourraient aider à dériver les élasticités prix jugées indispensables.

L'enquête conduite à travers toute la zone SASS, qui couvre 3000 exploitations, contient une information sur la distribution spatiale des coûts de l'eau par m³ et par exploitant. Si cette précieuse information est récupérée d'une manière utilisable; il y aurait la possibilité d'estimer la variation de la demande en eau suite à une variation des coûts/m³. Toutes les estimations présentées dans le cadre de ce projet s'appuient donc sur des données spatiales c'est pourquoi nos élasticités-prix reflèteront la variation de la demande en eau des exploitants suite à des coûts différents de la ressource mobilisée.

1.6. Présentation des modèles économétriques utilisés dans l'estimation

Trois spécifications du modèle économétrique général sont retenues pour l'estimation des déterminants des trois variables clefs de notre analyse à savoir :

- L'estimation des déterminants de la <u>demande en eau</u> par les exploitants de la zone SASS.
- L'estimation des déterminants de la **productivité de l'eau** utilisée.
- L'estimation des déterminants de la <u>fonction de production</u> des exploitants de la zone SASS.

1.6.1. Estimation de la demande en eau

La spécification retenue est conçue pour identifier les déterminants de la variable clef exprimée en Log, qui est la consommation d'eau par hectare et par exploitant. La variable WHA est ainsi exprimée en fonction de l'ensemble des variables explicatives retenues selon la spécification suivante (1).

$$lwha = \alpha_0 + \alpha_1 lwcmc + \alpha_2 lsei + \alpha_3 Rhe + \alpha_4 lselin + \alpha_5 Ase + \alpha_6 Wor + \alpha_7 Pays + \alpha_8 Rlenci + \alpha_9 Re$$
 (1)

Où:

- $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_8$ sont les paramètres (ici les élasticités) à estimer grâce aux données récoltées et au modèle retenu.

La variable à expliquer est : Lwha (log de la demande en eau d'irrigation par l'exploitant i).

Les variables explicatives sont :

> Lwcmc: log du coût d'un m³ supporté par l'exploitant.

LSalin: log de la Salinité de l'eau utilisée par chaque exploitant i.

Lsei : log de la superficie effectivement irriguée en hectare.

Rhe: cette variable prend la valeur 0 si l'exploitant à une activité en dehors de l'agriculture et 1 sinon.

Re : Cette variable indique la région chaque exploitant i.

Ase : Agriculture sans élevage. Cette variable représente le pourcentage du

revenu réalisé par l'exploitant i à partir de son activité agricole sans

compter le revenu tiré de l'élevage sur le revenu total de l'exploitation.

- ➤ Pays : Cette variable prend 1 si l'exploitant est algérien, 2 si l'exploitant est
- libyen et 3 si c'est un tunisien

- Lanci : Log de l'ancienneté de l'exploitant i dans la pratique de l'irrigation.
- Wor: Cette variable prend 0 si l'eau es gratuite, 1 si l'eau provient d'un réseau public et 2 si l'eau est mobilisée directement par l'exploitant.

Cette spécification est estimée grâce au logiciel STATA de la manière la plus appropriée, c.à.d. en utilisant la technique économétrique qui s'adapte le mieux à la réalité du terrain.

1.6.2. Estimation de la Productivité Economique de l'Eau (WP)

La spécification pour l'estimation des déterminants de la Productivité Economique de l'Eau est la suivante :

$$lwp = \alpha_0 + \alpha_1 lwcmc + \alpha_2 lsei + \alpha_3 lsei + \alpha_4 Ase + \alpha_5 wor + \alpha_6 Rhe + \alpha_7 Pays + \alpha_8 lflha$$
 (2)

Où : $-\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_6$ sont les paramètres (ici les élasticités) à estimer grâce aux données récoltées et au modèle retenu.

La variable à expliquer est Lwp: Le log de la productivité économique de l'eau par l'exploitant i.

Les variables explicatives sont

- Lflha qui est le log de l'effectif de la main d'œuvre familiale
- Le reste des variables retenues sont déjà définies précédemment.

1.6.3. L'estimation des déterminants de la production totale par hectare

La spécification retenue pour l'estimation des déterminants de la production totale par hectare est :

$$LRTHA = \beta_0 + \beta_1 LFLHA + \beta_2 LHLHA + \beta_3 LWCHA + \beta_4 LINTHA + \beta_5 LALIM + \beta_6 LSEI + \beta_7 LSALIN + \beta_9 LANCI + \beta_{10} WOR + \beta_{11} RE$$
Où:

La variable à expliquer est LRTHA: Le log de la production agricole totale de l'exploitant i.

Les variables explicatives sont :

- LFLHA: le log de l'effectif de la main d'œuvre familiale.

- LHLHA: Le log du coût totale de la main d'œuvre salariale.

- Lwcha: Le coût de l'eau par ha.

- LINTHA: Le coût de intrants (fumiers, engrais, insecticides, herbicides etc..)

- ALIM : Le coût de l'alimentation du bétail.

Le reste des variables est déjà définies plus haut.

<u>Remarque</u>: Ces différentes spécification retenues sont estimées grâce au logiciel STATA de la manière la plus appropriée, c.à.d. en utilisant la technique économétrique qui s'adapte le mieux à la réalité du terrain. Nous entendons par là le recours au modèle économétrique qui intègre explicitement toutes les extensions requises afin de parvenirs au résultat le plus proche de la réalité.

1.7. Le Logiciel STATA

Nous avons retenu pour notre analyse l'une des dernières versions du Logiciel STATA, qui est spécialement conçue pour des estimations économétriques sur données en coupes transversales (Variabilités Spatiales ou régionales). En effet notre enquête nous fournit des données très riches qui tiennent comptes de la diversité régionale caractérisant nos 12 zones réparties à travers les trois pays du SASS à savoir l'Algérie, la Tunisie et la Lybie. Notons au passage qu'à l'intérieur de chaque pays nous avons aussi une diversité régionale importante.

L'instruction *reg* du logiciel STATA nous permet d'estimer un modèle économétrique par la méthode des moindres carrées ordinaires (m.c.o.) d'une spécification en Logarithme afin de dégager directement les élasticités qui nous permettront d'analyser les résultats obtenus directement. Dans des analyses ultérieures nous passerons à des spécifications plus complexes, qui tiennent compte d'une manière plus explicite de la réalité des données. Le logiciel STATA nous permettra d'intégrer aisément toute la complexité de la réalité du terrain.



2. ANALYSE DESCRIPTIVE

L'analyse descriptive, qui fera l'objet de cette section, permettra surtout de préparer le terrain à l'analyse quantitative. En effet dans ce cadre l'accent sera mis sur quelques résultats intuitifs à démontrer et surtout à quantifier dans la prochaine section qui constitue l'apport majeur de ce rapport préliminaire.

2.1. Taille de l'Echantillon retenu dans l'analyse

Le Tableau 2 suivant décrit l'échantillon prévu ainsi que l'échantillon réalisé sur le terrain.

Tableau 2. : Echantillon prévu et échantillon réalisé

Wilaya	Echantillon prévu	Echantillon réalisé	% de réalisation
Algérie	1500	1605	107
Libye	750	547	78
Tunisie	750	823	110
Total	3 000	2 975	99

Malgré toutes les difficultés rencontrées, dues essentiellement, aux événements survenus dans la région, à l'étendu du territoire couvert et aux distances entre les exploitations enquêtées, le taux de réalisation de 99 % est plus qu'honorable.

Le Tableau 3 suivant donne un éclairage sur l'échantillon retenu aussi bien dans l'analyse descriptive que dans l'analyse quantitative proprement dite.

Tableau 3 : Taille de l'échantillon retenu dans l'analyse

Wilaya	Echantillon réalisé	Echantillon validé et retenu	%	Enquêtes non Taille	retenues %
		dans l'Analyse			
Algérie	1605	1283	80	322	20
Libye	547	528	97	19	3
Tunisie	823	761	92	62	8
Total	2 975	2 572	87	403	14

Ainsi sur un échantillon prévu de 3000 exploitations, la première campagne d'enquête a réalisé effectivement 2975 soit un taux de couverture de 99 %.

Dans le processus de validation, qui a consisté à vérifier la qualité de l'information collectée par l'enquête réalisée sur le terrain, 403 enquêtes ont été rejetées. Ce taux d'environ 14 % est aggravé par le rejet important dans la Wilaya de Ghardaïa en Algérie. En effet si nous

mettons de côté la Wilaya de Ghardaïa, ce taux tombe à moins de 7 %, ce qui est un excellent résultat.

Le taux de rejet de l'ordre de 50 % dans la Wilaya de Ghardaïa s'explique tout simplement par la mauvaise performance des enquêteurs qui étaient chargés de la réalisation de cette campagne sur le terrain.

Etant donnée que l'échantillon prévu était sur dimensionnée, ce taux de couverture est plus qu'acceptable. Rappelons que les échantillons prévus pour les trois pays de la zone SASS ont été surdimensionnés exprès afin de tenir compte du taux de rejet des enquêtes non conformes aux critères préétablis.

2.2. Découpage approprié

L'analyse des données collectées dans les trois pays de la zone SASS est conduite selon deux optiques :

• La première met l'accent sur la dimension importante de la nature de la ressource en eau utilisée et surtout sur les modalités de paiement du coût de cette mobilisation.

Le questionnaire de l'enquête sur le terrain a distingué les modalités de mobilisation suivante de la ressource :

(1) Forage privé individuel	Profondeur :	débit (l/s):
(2) Forage privé collectif	Profondeur	débit (I/s)
(3) Forage réalisé par l'Etat	Profondeur	débit (l/s):
(4) Puits de surface privé :	Profondeur	débit (l/s):
(5) Puits de surface collectif:	Profondeur	débit (l/s):
(6) Forage artésien	Profondeur	débit (l/s):

(7) Autres (Foggara, Gout) à préciser :

Sur la base de cette distinction trois catégories de modalités d'irrigation sont retenues :

- « Gratuit »: L'exploitant bénéficie d'une source d'eau gratuite. L'eau utilisée provient soit d'une source, d'un forage artésien, d'une Foggara ou bien offerte gratuitement par l'Etat. Cette modalité retient les types d'irrigations opérées selon les modes d'irrigations (6) et (7).
- « Collectif »: L'exploitant est branché à un réseau d'irrigation associatif. La collectivité publique supporte tous les coûts fixes d'investissement et n'impute à l'exploitant qu'une fraction des coûts variables d'opérations et de maintenance de

l'équipement de mobilisation. Cette modalité retient les types d'irrigations opérées selon les modes d'irrigations (2), (3) et (5).

- ➤ « Individuel » : L'exploitant mobilise par ses propres moyens l'eau utilisée. Trois composantes, qui constituent le coût de mobilisation de la ressource, sont considérées par l'enquête. (1) l'équipement (Forage et équipement de pompage et de distribution de l'eau), (2) le coût d'entretien et de maintenance et (3) le coût variable (Coût d'électricité et/ ou de diesel). Dans cette analyse préliminaire, seule les coûts de l'énergie et de l'entretien sont retenus. Cette modalité retient les types d'irrigations opérées selon les modes d'irrigations (1), et (4).
- La deuxième optique retient la dimension spatiale qui est aussi importante que celle du mode de paiement du coût de l'eau.
- La dernière optique porte sur le système de culture retenu. Six systèmes de cultures ont été identifiés à savoir :
 - Serriculture essentiellement
 - Système oasien classique dense
 - Culture maraichères
 - Plein Champ (essentiellement Céréaliculture)
 - Arboriculture essentiellement
 - Systèmes oasiens classiques éparse

2.3. L'Analyse proprement dite

Le Tableau 4, met l'accent sur les caractéristiques à tirer de l'analyse descriptive des données socioéconomiques globales d'une répartition selon le type de réseau de pompage de l'eau (Collectif, privé, gratuit) :

- La consommation (ou demande) de l'eau par hectare et par exploitant :
 - Les exploitants privés, qui supportent l'essentiel du coût de mobilisation de l'eau, utilisent cette ressource avec modération (en moyenne **10 286** m³ par hectare).
 - Ceux qui sont reliés à un réseau collectif et qui payent uniquement une faible part du coût réel, utilisent davantage de ressource, avec 13 492 m³ (soit 31 % de plus que les privés).
 - Les exploitants, qui ont la chance de disposer d'une eau gratuite, utilisent à volonté cette ressource. En effet avec **21 342** m³ en moyenne par hectare, ils utilisent environ le double de l'exploitant privé.

Ce résultant démontre à lui seul, sans aucune ambigüité, l'importance du coût de l'eau dans toute politique de rationalisation et surtout de conservation de cette ressource rare et précieuse dans ces contrées largement démunies.

- Le Coût de l'eau par m³: Le coût du m³ d'eau payé directement s'élèvent à à 0.032 US\$/m³ pour l'exploitant relié à un réseau collectif tandis que le privé débourse au moins 0.038 DA/m³, soit environ 20 % de plus. Ce différentiel devient beaucoup plus élevé si on exclue la partie libyenne de l'échantillon global. En effet l'échantillon libyen introduit un biais significatif parce qu'il ne comprend que des exploitants privés bénéficiant d'une énergie substantiellement subventionnées et donc supportent un coût par m³ relativement bas. Notons au passage que le coût réellement supporté par le privé est largement supérieur à ce montant si on intègre les coûts fixes.
 - Nous verrons l'importance de cette différence des coûts payés par les exploitants du secteur collectif et ceux du secteur privé dans la conservation de la ressource rare démontrée par l'analyse quantitative, qui sera exposée en détail dans la section 1.2.4.
- Productivité de l'Eau « Water Productivity »: Le tableau 4 fournit un résultat fort intéressant sur la valorisation de la ressource en eau par les différentes catégories d'irrigants:
 - Les exploitants bénéficiant d'une eau gratuite et ceux reliés à un réseau collectif valorisent le moins cette ressource précieuse avec seulement 0.311 US\$/m3.
 - ▶ Par contre les exploitants, qui assument l'essentiel du coût de mobilisation de la ressource, à savoir les privés, valorisent beaucoup mieux l'eau utilisée que les deux catégories précédentes avec 0.447 US\$/m3; soit 44 % de plus ce qui est loin d'être négligeable.

Notons que les résultats relatifs à la marge brute par ha et la DAP sont assez similaires à ceux dérivées de l'analyse de la Productivité de l'eau.

Ce résultat sur la productivité du m³ alloué à la production agricole est diamétralement opposé à celui obtenu pour la consommation. En effet le privé utilise moins la ressource et la valorise beaucoup plus que les deux catégories qui ne payent pas le coût réel de l'eau demandée. Autrement dit l'exploitant qui supporte la charge réelle du coût de mobilisation est capable de produire plus avec moins d'eau allouée par hectare irrigué.

Tableau 4 : Répartition selon le type de réseau de pompage de l'eau (Collectif, privé, gratuit)

	Echantillon Global	Echantillon Global (Sans Gratuit)	Réseau Individuel	Réseau Collectif	Réseau gratuits
Nombre d'exploitants	2 466	2 364	1 511	853	102
Consommation d'eau par hectare et par exploitants (m³/ha)	11 852	11 443	10 286	13 492	21 342

Coût de l'eau (US\$/m³)	0.035	0.036	0.038	0.032	0.005
Water Productivity (US\$/m³)	0.392	0.398	0.447	0.311	0.256
DAP (US\$/m³)	0.427	0.434	0.485	0.343	0.260
Taux d'Intensification (super. irriguée/ sup. Irrigable)	0.85	0.85	0.80	0.93	0.91
Marge Brut par hectare	4 691	4 651	5 125	3 812	5 620
Importance de l'élevage (% de la recette Cheptel / recette totale agricole)	0.32	0.32	0.30	0.35	0.37
Superficie effectivement irriguée	4.39	4.53	5.71	2.44	1.1

- La Disposition à Payer « DAP » par m³: Comme les définitions de «Water Productivity » et celle de la DAP sont assez proche (la seule différence réside dans le fait que le coût de l'eau a été retranché de WP et non de la DAP) leurs interprétations sont donc assez similaires. En effet le privé, qui assume la charge la plus importante de la mobilisation de son eau d'irrigation, est le plus disposé à la payer à un prix fort (0.485 US\$), suivi par l'exploitant bénéficiant d'un réseau collectif largement subventionné par la collectivité (0.343 US\$) et enfin l'exploitant disposant actuellement d'une ressource d'eau quasigratuite est quant à lui disposé à la payer uniquement 0.260 US\$.
- Taux d'Intensification: Les TI sont en moyenne de 0.93 pour l'exploitant relié à un réseau collectif et 0.8 pour l'exploitant privé. Il est fort probable que le privé soit handicapé par le manque de ressource et par le coût exorbitant qu'il doit consentir pour la mobiliser. Ces deux raisons expliqueraient son incapacité à irriguer toute la superficie irrigable à sa disposition.
- Les Superficies Effectivement Irriguées (SEI): La moyenne des superficies irriguées par les exploitants privés est plus élevée que celle des exploitants reliés à un réseau d'irrigation collectif et surtout des exploitants bénéficiant d'une source d'eau gratuite (5.71 hectares pour les privés, 2.44 hectares pour les exploitations alimentées par un réseau d'irrigation collectif et 1.1 hectare pour les gratuits). Ce résultat s'expliquerait par le fait que ceux bénéficiant d'un réseau collectif ou gratuit sont contraint de n'irriguer qu'une superficie limitée d'avance par la collectivité alors que les privés ne subissent pas cette contrainte.
- L'importance de l'Elevage : L'élevage représente un poids important dans l'activité des exploitants de toute la zone SASS. En effet la recette de la vente du Cheptel et de ses produits dérivés est environ le tiers de la recette globale moyenne de tout exploitant.

Cependant nous constatons une part plus importante pour les exploitants bénéficiant d'un réseau collectif qui est de l'ordre de 17 %.

Quelques résultats préliminaires pourraient aussi être déjà dégagés du tableau 5 qui retient l'optique du découpage spatiale de la zone SASS en trois pays.

Tableau 5 : Répartition selon les pays concernés

	Echantillon Global	Echantillon Global (Sans Gratuit)	Algérie	Libye	Tunisie
Nombre d'exploitants	2 466	2 364	1189	528	761
Consommation d'eau par hectare et par exploitants (m³/ha)	11 852	11 443	13 432 (147)*	9 122 (100)*	11 170* (123)
Coût de l'eau (US\$/m³)	0.035	0.036	0.032 (114)**	0.028 (100)**	0.043 (154)**
Water Productivity (US\$/m³)	0.392	0.398	0.382 (113)**	0.338 (100)**	0.435 (129)**
DAP (US\$/m³)	0.427	0.434	, ,	, ,	, ,
Taux d'Intensification (super. irriguée/ sup. Irrigable)	0.85	0.85	0.414	0.366	0.478
ASE (Agriculture Sans Elevage	0.32	0.32	-	0.37	0.50

^{*} Si nous fixons la base 100 pour la Libye, la consommation d'eau par hectare en Tunisie dépasse celle de Libye de 23 % et celle de l'Algérie dépasse même de 47 % ce qui est loin d'être négligeable.

^{**} Si nous fixons la base 100 pour La Libye, le coût payé par l'irrigant algérien dépasse celui du libyen de 14 % et celui du Tunisien de 54 %; la productivité de l'eau suit le même trend avec 13 % de plus pour l'irrigant algérien et 29 % pour l'irrigant tunisien.

• La consommation (ou demande) de l'eau par hectare, par exploitant et par zone :

La consommation d'eau par hectare est différente selon le pays. En effet, elle passe de 9 122 m³/ha en Libye à 11 170 en Tunisie et grimpe même à 13 432 m³/ha en Algérie. Cette différence s'expliquerait par plusieurs raisons objectives, nous nous limiterons à celles qui nous paraissent les plus importantes à savoir :

- Le Type de réseau d'irrigation (collectif ou individuel): La présence de réseau collectif en Algérie et en Tunisie expliquerait la consommation supérieure par hectare dans ces deux pays.
- Le niveau d'intensification de l'irrigation pratiquée: La présence extensive du palmier dattier et surtout celle de Deglet Nour, très exigeante en eau, en Algérie et en Tunisie expliquerait ce différentiel. En outre il a été démontré dans les rapports précédents que l'agriculture irriguée dans la Jeffara libyenne est plutôt de nature extensive comparée à celle de l'Algérie et de la Tunisie qui est de nature plus intensive.
- Le coût réel de l'eau supporté par l'irrigant : Le différentiel de consommation entre l'Algérie et la Tunisie s'expliquerait par le fait que l'irrigant tunisien paye plus cher l'eau allouée que l'algérien. Le différentiel de coût payé par le tunisien l'amène à mieux conserver la ressource.

• Le Coût, la Productivité et la DAP de l'eau par m³ alloué à l'irrigation :

Les résultats obtenus ici sont très instructifs, fort utiles et important pour l'analyse de la gestion de cette ressource rare dans ce contexte fragile et offrent aux preneurs de décision en la matière un outil objectif pour conduire des réformes cruciales en vue de mieux conserver cette ressource et surtout parvenir à assurer sa durabilité. En effet rien qu'une analyse descriptive simple grâce à des outils rudimentaires de la statistique des données collectées, nous permet de constater que le pays où l'irrigant bénéficie d'une ressource en eau à des coûts bas valorise le moins le m³ alloué. L'irrigant libyen paye le m³ d'eau à 0.028 US\$ et le valorise à 0.338. Quand l'irrigant algérien il paye le m³ d'eau à 0.032 US\$ et le valorise à 0.382. En revanche l'irrigant tunisien, qui paye le m³ d'eau à 0.043 US\$ soit 54 % de plus que le libyen, il parvient à le valoriser à 0.435, soit 29 % de plus. Ce résultat sera confirmé et surtout consolidé grâce à une analyse quantitative s'appuyant sur des outils statistiques plus performants.

3. ANALYSE QUANTITATIVE ET COMMENTAIRE DES RÉSULTATS OBTENUS

Cette analyse quantitative, qui a pour objet principal de démontrer et surtout quantifier les propositions de recommandations opérationnelles à restituer aux preneurs de décision, sera menée en trois niveaux :

- Le premier s'appuiera sur la base de *l'échantillon global* de toute l'Algérie.
- Le deuxième, qui mettra l'accent sur la *dimension coût de la ressource*, retiendra la décomposition de l'échantillon global en trois grands blocs selon le coût de mobilisation de la ressource en eau supporté directement par l'exploitant :

- > « Bloc gratuit » : Les exploitations bénéficiant d'une ressource gratuite.
- « Bloc Collectif » : Les exploitations alimentées par un réseau Collectif.
- « Bloc Privé » : Les exploitations irriguées par un réseau Privés.
- Le troisième niveau tiendra compte explicitement du *découpage spatial* qui donnera un éclairage particulier sur les spécificités par pays.

Pour chacun de ces niveaux, nous retenons les critères d'analyse qui nous semblent les plus pertinents dans cette phase préliminaire, à savoir :

- La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).
- La Productivité économique de l'Eau (WP).
- La marge brute par hectare ou le bénéfice brut dégagé par un m3 d'eau utilisé et enfin,
- La Production Totale par hectare.

3.1. Analyse quantitative globale à l'échelle du SASS

Comme explicité ci-dessus, notre analyse globale sera conduite selon les critères de la consommation d'eau par exploitant, la productivité économique de l'eau, la marge brute et la production totale.

3.1.1. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)

La spécification retenue est conçue pour identifier les déterminants de la variable clef exprimée en Log, qui est la consommation d'eau par hectare et par exploitant. La variable WHA est ainsi exprimée en fonction de l'ensemble des variables explicatives retenues selon la spécification (1).

Le Tableau 6 synthétise les résultats, relatifs à l'ensemble des exploitants de l'échantillon Global, donnés par l'output de l'ordinateur qui concerne tous les irrigants retenus. Ce tableau illustre aussi les mêmes résultats avec l'échantillon global sans les irrigants bénéficiant d'une eau gratuite (colonne 3) :

Tableau 6: La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA)

	Echantillon Global	Echantillon Global (Sans Gratuits)	
Variable Expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (LWHA)		
Variables explicatives			
1. Lwcmc	- 0.08 ***	- 0.39 ***	
2. Lsei	- 0.19 ***	- 0.20 ***	
3. Rhe	0.16 ***	0.15 ***	

4. Lsali	-0.26***	-0.25 ***
5. Ase	0.10 ***	0.14 ***
6. Wor	-0.01 ***	-0.01 ***
7. Pays	-1.38 ***	-1.22 ***
8. Lanci	0.02 *	0.01
9. Re	0.11 ***	0.1 ***
10. Cte	9.04 ***	7.09 ***
N	2466	2364
Adj R—squared	0.37	0.47
F	159.80	231.01

- Le passage de l'échantillon global à celui où on élimine les exploitations bénéficiant d'une source d'eau gratuite améliore très sensiblement la qualité de l'estimation. En effet la variable clef dans cette modélisation à savoir le prix de l'eau (LWCMC) passe d'une élasticité quasi insignifiante (8%) à une élasticité non négligeable de l'ordre de 39 %.
- Les variables retenues à savoir le prix de l'eau, la superficie effectivement irriguée, la salinité de l'eau utilisée, le revenu hors exploitation, l'origine de la source d'eau, le pays considérée et l'ancienneté dans la pratique irriguée expliquent au moins 47 % de la variabilité de la de la consommation d'eau par hectare et par exploitant. Selon les performances du modèle retenu pour des données spatiales, ce résultat est excellent.
- L'élasticité prix est très significative et a le signe approprié : Deux critères ont été retenus pour l'estimation de ce paramètre clef:
 - Le premier consiste à approximer la variable prix par le coût payé directement par l'exploitant.
 - Le deuxième, donné simplement à titre simplement indicatif, retiendra la DAP comme approximation du prix de la ressource.

L'analyse s'appuiera, dans ce cadre, essentiellement sur la première option.

Prix de la ressource en eau approximé par le coût payé par l'exploitant : Lorsque le prix de l'eau (ici le coût payé par l'exploitant) augmente de 100 % dans la zone SASS, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse uniquement de 8 %. Cette élasticité est très faible et justifie le consensus qui règne parmi les preneurs de décisions en la matière

à savoir que la variable prix n'est pas pertinente dans toute politique de maitrise de la demande de cette ressource se distinguant par des spécificités propres.

Cependant ce résultat apparemment négatif est tout simplement dû à une analyse globale et brute. Le passage à une analyse plus fine révélera que la variable prix, comme préconisée par toute la littérature économique consacrée à ce flan très important du savoir humain, montrera la vraie pertinence de cette élasticité prix.

En effet lorsqu'on élimine de l'échantillon les exploitants qui ne payent pas l'eau (colonne 3), cette élasticité passe à 39 %, c.à.d. pour augmentation de 100 % du prix de la ressource, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse de 39 %. Ce résultat est très important puisqu'il montre que le prix de l'eau à un impact significatif sur la demande en eau d'irrigation.

Une tarification appropriée de l'eau agricole contribuerait ainsi à maitriser significativement la demande et induire ainsi les irrigants à mieux allouer la ressource rare et surtout à la conserver. Ce résultat important sera confirmé par une analyse plus fine basée sur une désagrégation plus appropriée des données.

- L'effet taille des exploitations sur la demande en eau : Le résultat obtenu montre que lorsque la taille de l'exploitation irriguée augmente la consommation par hectare diminue. Ceci serait la conséquence de deux effets. Le premier résulterait de la baisse de l'intensification suite à l'extension des surfaces irriguées. Le deuxième serait du à une amélioration des techniques d'irrigation.
- L'effet du type de réseau d'irrigation (Wor): Cette variable est très significative. Ce résultat important justifie amplement la démarche adoptée à savoir la désagrégation de l'échantillon global selon les deux critères clefs de la variation spatiale et du type du réseau d'irrigation.
- L'effet pays: L'effet pays est très important. L'impact de la variable pays est hautement significatif et montre que l'agriculture irriguée dans les trois zones SASS se caractérise par de différences substantielles ce qui justifie le critère qui était adopté dans cette analyse à savoir étudier les trois pays séparément.

3.1.2. La Productivité Economique de l'Eau (WP)

La spécification pour l'estimation des déterminants de la Productivité Economique de l'Eau est la (2)

Le Tableau 7 récapitulera ces résultats d'une manière synthétique.

	Echantillon Globale (sans les irrigants bénéficiant d'une eau gratuite)
Variable Expliquée	Log de Water Productivité (LWP)
Variables explicatives	
1. Lwcmc	0.06 0.011) ***
2. Lsei	0.01 (0.312)
3. Lsali	- 0.41 (0.000) ***
4. Ase	- 0.38 (0.000) ***
5. Wor	0.01 (0.048) **
6. Rhe	0.16 (0.000) ***
7. Pays	-0.04 (0.028) **
8. LFLHA	0. 02 (0.000) ***
9. Ct	- 0.57 (0.000) ***
N	2364
Adj R—squared	0.12
F	41.50

Les P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %.

L'élasticité prix : Cette élasticité pourrait être définies plus clairement ainsi : La variation de la productivité d'un m³ d'eau alloué à l'irrigation suite à une variation de son prix (ou plus correctement l'impact de la variation du coût de l'eau supporté par l'exploitant sur sa valorisation de cette ressource). Cette élasticité est assez difficile à interpréter intuitivement puisqu'elle est le produit combiné de deux effets qui agissent en sens contraire et donc se compensent : Normalement lorsque le prix de la ressource augmente sa demande baisse. Si la production suite à cette baisse du volume alloué par hectare reste stable, la productivité de l'eau augmente et on aura alors une élasticité positive. Cependant cette augmentation du prix de la ressource provoquerait un autre effet qu'il faut intégrer explicitement dans l'analyse. En effet un accroissement du prix de la ressource engendrerait une augmentation du coût de la production et donc une diminution la productivité du m³ alloué.

Le signe final de cette élasticité, qui est donc le résultat de ces deux effets, qui agissent en sens contraire, dépend de l'importance de chacun d'entres eux.

- ➤ Si l'augmentation du prix du m³ alloué provoque une diminution substantielle de la demande en eau sans pour autant se solder par une baisse importante de la production (le premier effet l'emporte sur le deuxième), cette élasticité sera positive. Ce qui veut tout simplement dire qu'une augmentation du prix de la ressource en eau induit l'exploitant à mieux la valoriser par une meilleure conservation ou bien par une réallocation appropriée vers des cultures plus productives et ainsi la productivité de la ressource rare s'améliore ce qui est le résultat idéal attendu dans la zone SASS.
- En revanche si l'augmentation du prix du m³ alloué ne provoque qu'une diminution négligeable de la demande en eau et une baisse sensible de la marge brute (le deuxième effet l'emporte sur le premier), cette élasticité sera négative. Dans ce cas une augmentation du prix de l'eau se solde par une baisse de la productivité de la ressource et engendre ainsi un appauvrissement de l'exploitant ce qui ne l'incite pas à une meilleure conservation et/ ou valorisation de la ressource rare.

Heureusement dans notre cas de figure cette élasticité est plutôt positive et significative. En effet lorsque l'augmentation du prix du m³ d'eau alloué inciterait l'exploitant à mieux valoriser la ressource par un comportement de conservation et/ ou de réallocation vers des cultures plus productives, le résultat sera bénéfique et se traduira par une amélioration sensible de la productivité de cette ressource rare dans ces contrées fragiles et menacées par des défis divers.

- L'élasticité de la salinité est hautement significative pour l'échantillon global. Lorsque la salinité augmente de 100 % la productivité de l'eau baisse de 43 %. Ce résultat important devrait être considéré très sérieusement dans toute politique de gestion durable dans la zone SASS.
- L'élasticité Agriculture Sans élevage (ASE). Le résultant obtenu indique que lorsque l'exploitant exclue l'élevage de son exploitation la productivité de l'eau allouée baisse de l'ordre de 42 %. Cette élasticité est très importante et mérite une attention particulière. En effet, ce résultat illustre parfaitement la dimension élevage dans ces régions.
- L'impact de la disponibilité de l'exploitant : Lorsque l'exploitant n'a pas d'activité hors de l'agriculture, la productivité de la ressource en eau augmente de 16 %.
- Le type de réseaux d'irrigation (WOR): Le passage d'une irrigation gratuite à une irrigation grâce à un réseau collectif largement subventionné et surtout à un réseau individuel où l'irrigant supporte une large partie du coût de mobilisation, induit une amélioration significative de la productivité de la ressource.
- L'Effet pays : Ce résultat très significatif démontre que la productivité de l'eau est très différente selon le pays considéré.

<u>Conclusion importante</u>: Les dimensions qui ont un impact significatif et non négligeable sur la productivité économique de l'eau à l'échelle globale de l'agriculture dans la zone SASS sont :

- ➤ Le prix de la ressource mobilisée
- La salinité
- > La dimension élevage dans le système de culture oasien.
- La disponibilité du chef de l'exploitation,
- Le mode d'irrigation,
- Le revenue hors exploitation et surtout, et
- Le pays considéré.

Toute politique économique qui vise l'amélioration de la qualité de la gestion actuelle de cette ressource précieuse dans un contexte d'une haute fragilité passe par des mesures axées sur ces variables clefs.

3.1.3. La marge brute par hectare dégagée par un m³ d'eau utilisé

La spécification retenue pour l'estimation des déterminants de la marge nette est :

$$lmbha1 = \alpha_0 + \alpha_1 lwcmc + \alpha_2 lsalin + \alpha_3 wor + \alpha_4 lflha + \alpha_4 lsei + \alpha_5 Re + \alpha_6 Ase$$

Où:

- Lmbha: Log de la marge brute par hectare

Le Tableau 8 récapitulatif des résultats d'une manière synthétique.

Tableau 8: Marge Brute par hectare

Variable Expliquée	Log de la Marge Brute par hectare (Imbha)		
Variables explicatives			
1. Lwcmc	-0.34 (0.000) ***		
2. LSEI	-0.19 (0.000) ***		
3. Lsali	-0.69 (0.000) ***		
4. ASE	- 0.28 (0.000) ***		
5. wor	-0.04 (0302)		
6. Pays	-0.91 (0.000) ***		
7. Rhe	0.31 (0.000) ***		
8. Re	0.06 (0.000) ***		
9. Cte	7.47 (000) ***		
N	2364		
Adj R—squared	0.28		
F	113.57		

Les P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %.

Les deux résultats les plus importants à dégager de cette estimation sont :

- L'importance de la Variable salinité. En effet selon les résultats illustrés par le tableau 8, lorsque le taux de salinité augmente de 100 % la marge brute dégagée par un hectare irrigué baisserait d'au moins 69 %. Cette forte sensibilité de la valorisation de l'eau à la salinité devrait être considérée très sérieusement par les preneurs de décision en la matière. La lutte contre ce fléau dans ces régions hautement fragile est à mettre dans la priorité des priorités.
- L'importance de la variable prix de la ressource. Cette estimation montre très clairement que cette variable à un impact directe sur la marge brute de l'exploitation. En effet lorsque le prix de l'eau augmente de 100 % la marge brute de l'exploitant baisserait d'au moins 34 % ce qui est loin d'être négligeable.

3.1.4. La Production Totale par hectare

La spécification retenue pour l'estimation des déterminants de la production totale par hectare est la (3):

Tableau 9: La production Totale par hectare (LRTHA)

Variable Expliquée	Le Log de la production Totale par hectare (LRTHA)
Variables explicatives	
-	
1. LFLHA	0.015 (0.000) **
2. LHLHA	0.03 (0.000) ***
3. LWCHA	0.33 (0.000) ***
4. LINTHA	0.033 (0.000) ***
5. LALIMHA	0.011 (0.000) ***
6. WOR	0.0006 (0.857)
7. RE	0.06 (0.000) ***
8. LSALIN	-0.51 (0.000) ***
9. LSEI	-0.16 (0.000) ***
10. Pays	-0.88 (0.000) ***
11. Rhe	0.11 (0.000) ***
12. ase	-0.29 (0.000) ***
13. CTE	7.13 (0.000) ***
N	2364
Adj R—squared	0.42
F	144.24

Les P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %

Le Tableau 9 donne les résultats de l'estimation des déterminants de la production totale par hectare pour l'ensemble de la zone SASS.

Tous les résultats obtenus sont pertinents, significatifs et de signe approprié :

- L'ensemble des variables retenues expliquent presque la moitié de la variabilité de la production totale.
- Le test F est hautement significatif.
- Les élasticités de tous les inputs, Family Labor par hectare (en hommes par année), Hired labor par hectare (Le coût de la main d'œuvre salariale), Le coût de l'eau par hectare, Les intrants par hectare (Engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.), et le coût de l'alimentation du bétail) sont positives et hautement significatives.
- L'élasticité salinité sur la production est négative et hautement significative. On constate que lorsque la salinité de l'eau d'irrigation augmente de 100 % la production par hectare diminue très sensiblement de 51 %. Ce résultat est très important puisqu'il illustre les conséquences néfastes de la salinisation croissante de la ressource suite à sa surexploitation.
- L'effet du revenu hors exploitation sur la production totale est positif et hautement significatif à l'échelle de l'échantillon global. En effet lorsque l'exploitant principal a une activité hors de l'agriculture sa production par hectare baisse sensiblement.
- L'effet du mode d'irrigation sur la production totale est significatif et se distingue par le signe approprié. En effet lorsqu'on passe d'une source hautement subventionnée à une irrigation totalement à la charge de l'exploitant la production par hectare augmente sensiblement.
- L'effet régional est aussi significatif et important.
- L'élasticité Superficie : Cette élasticité est d'une importance capitale dans cette analyse. En effet, grâce à cette estimation, s'appuyant sur une base de données aussi bien riche qu'originale, nous sommes en mesure de donner quelques éléments de réponse à une question cruciale qui préoccupe l'ensemble des économistes de développement à savoir :

Pour améliorer la balance alimentaire dans les pays pauvres faut-t-il promouvoir des exploitations de grande taille grâce à une réforme agraire musclée ou plutôt opter pour des exploitations de taille réduite afin d'occuper le maximum de gens à la campagne ?

L'élasticité superficie obtenue grâce à l'échantillon global est hautement significative et négative. En effet si la superficie irriguée d'une exploitation irriguée double, sa production baisserait de 15.

Selon ces résultats, illustrés par le tableau ci-dessus, Il serait donc judicieux d'opter pour une réforme agraire axée sur *des exploitations de taille réduite afin d'occuper le maximum de gens à la campagne*.

N.B: Les deux facteurs les plus importants dans la détermination de la variabilité totale de la fonction de production agricole irriguée à l'échelle globale sont :

• *L'input l'eau* avec une élasticité de l'ordre de 0.33 ce qui veut dire pour une augmentation de 100 % dans les dépenses en eau par ha, l'output global augmenterait de 33 %.

• La Salinité avec une élasticité de l'ordre de -0.51 ; ce qui implique qu'une augmentation du taux de salinité de la ressource en eau de 100, l'output global décroitrait 51 %.

3.2. Analyse quantitative désagrégée selon le Coût de l'eau supporté par l'exploitant

Cette analyse, qui retient la décomposition s'appuyant sur le coût réellement supporté par l'irrigant, sera conduite selon les critères de la consommation d'eau par exploitant, la productivité économique de l'eau, la marge brute et la production totale.

3.2.1. La consommation d'eau par hectare par exploitant

La spécification (1) est maintenant estimée grâce aux échantillons des irrigants disposant d'un réseau individuel et ceux associés à un réseau d'irrigation collective.

Le Tableau 10 synthèse les résultats de ces estimations.

Tableau 10: La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA)

Variable	Echantillon Global	Echantillon Global (Sans	Réseau Collectif	Réseau Individuel
Expliquée	la concommat	Gratuits)	ro ot nov ovnloito	m+ /134/1143
Mariables	La consommat	tion d'eau par hecta	re et par exploita	nt (LWHA)
Variables				
explicatives				
1. Lwcmc	- 0.08 ***	- 0.39 ***	- 0.22 ***	- 0.49 ***
2. Lsei	- 0.19 ***	- 0.20 ***	- 0.10 ***	- 0.19 ***
3. Rhe	0.16 ***	0.15 ***	0.13 ***	0.09 ***
4. Lsali	-0.26***	-0.25 ***	-0.33***	-0.24 ***
5. Ase	0.10 ***	0.14 ***	0.21***	-0.04
6. Wor	-0.01 ***	-0.01 ***	-	-
7. Pays	-1.38 ***	-1.22 ***	-2.34 ***	-0.47 ***
8. Lanci	0.02 *	0.01	0.08 ***	0.01
9. Re	0.11 ***	0.1 ***	0.20 ***	0.1 ***
10. Cte	9.04 ***	7.09 ***	8.24 ***	7.09 ***
N	2466	2364	853	1511
Adj R—squared	0.37	0.47	0.45	0.57
F	159.80	231.01	88.78	247.22

Les P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %.

Ce tableau donne l'estimation des déterminants de la consommation d'eau par hectare et par exploitant respectivement pour l'échantillon global (Colonne 2), l'échantillon global sans les exploitants qui bénéficient d'une eau gratuite (colonne 3), l'échantillon des exploitants qui disposent d'un équipement de pompage individuel (Colonne 4) et l'échantillon des exploitants qui sont connectés à un réseau collectif de distribution de l'eau (Colonne 5).

L'élasticité prix de la demande en eau. Cette estimation confirme l'essentiel des résultats obtenus à l'échelle globale de toute la zone SASS. Cependant l'éclairage sous l'angle du mode de paiement de l'eau d'irrigation apporte des éléments nouveaux et forts intéressants pour l'analyse. En effet pour les exploitants individuels, cette élasticité (colonne 5) grimpe à 49 %, alors que celle des exploitants bénéficiant d'un réseau collectif (colonne 4) descend à 22%. Ce résultat confirme et quantifie une intuition de tous les expert en la matière à savoir que le comportement des irrigants bénéficiant d'une ressource à des prix très réduits, grâce à une subvention publique importante, est moins sensible que celui des irrigants individuels qui assument le coût réel de la ressource. L'élasticité de la demande des irrigants individuels est donc largement supérieure à celle des irrigants collectifs (49/20 = 2.45).

3.2.2. La Productivité Economique de l'Eau (WP)

La spécification (2) est estimée sur la base des échantillons des exploitants individuels et collectifs.

Les tableaux qui figurent en Annexe donnent les estimations telles qu'elles sont produites par le logiciel pour les deux catégories d'exploitants retenues.

Le Tableau 11 récapitulera ces résultats d'une manière synthétique.

Tableau 11: Water Productivity (selon l'optique nature de la source d'eau)

	Echantillon Global (Sans Gratuits)	Réseau Individuel	Réseau Collectif			
Variable Expliquée	Log de Water Product	Log de Water Productivity (LWP)				
Variables explicatives						
1. Lwcmc	0.06 0.011) ***	_	0.10 (0.002) ***			
Lwcha	-	0.14 (0.000) ***	-			
2. Lsei	0.01 (0.312)	-0.05 (0.005) ***	0.06 (0.018) **			
3. Lsali	- 0.41 (0.000) ***	- 0.12 (0.000) ***	- 1.18 (0.000) ***			
4. Ase	- 0.38 (0.000) ***	- 0.31 (0.000) ***	- 0.26 (0.000) ***			
5. Wor	0.01 (0.048) **	_	-			
6. Rhe	0.16 (0.000) ***	0.21 (0.000) ***	0.04 (0.448) ***			
7. Pays	-0.04 (0.028) **	-0.007 (0.825)	0.14 (0.000) ***			
8. LFLHA	0.02 (0.000) ***	0.001 (0.000)	0. 02 (0.005) ***			
9. Ct	- 0.57 (0.000) ***	- 1.65 (0.000) ***	- 0.59 (0.000) ***			
N	2364	1511	853			
Adj R—squared	0.12	0.07	0.29			
F	41.50	15.81	50.64			

Les P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %.

- Les variables indépendantes (les déterminants) expliquent entre 7 % et 29 % la variabilité de la productivité de la ressource en eau (variable dépendante ou expliquée) selon l'échantillon considéré. Le test F est largement significatif pour les trois échantillons retenus.
- L'élasticité prix : Comme il a été expliqué en détail ci-dessus, cette élasticité prix de la demande provoquerait un impact positif sur la productivité de la ressource en eau. Ainsi pour le deux types de réseaux (individuel et collectif) une augmentation du prix de la ressource en eau, malgré le coût supplémentaire supporté par l'exploitant, induit une amélioration significative de sa productivité. Pour l'échantillon des exploitants individuels le coût par m³ a été remplacé par le coût de l'eau par hectare.
- L'élasticité de la salinité est hautement significative et se distingue par le signe approprié pour les trois échantillons retenus. L'échantillon des exploitants collectifs se caractérisent par une élasticité qui dépasse même les 100 %. L'impact négatif de la salinité sur la productivité de l'eau est donc plus néfaste pour les irrigants alimentés par un réseau public que ceux disposant d'un réseau individuel.
- La disponibilité de l'exploitant : Lorsque l'exploitant se consacre totalement à son exploitation agricole la productivité de la ressource en eau augmente de 15 % dans le cas d'un réseau d'irrigation individuel et de 9 % pour un réseau collectif.
- L'impact de l'élevage : Lorsque l'importance de l'élevage diminue dans le revenu de l'exploitant, la productivité de la ressource en eau baisse sensiblement aussi bien dans l'irrigation individuelle que collective. Ce résultat montre très explicitement l'importance de l'élevage dans le système de culture de la zone SASS.
- La variable SEI (superficie effectivement Irriguée): Cette élasticité n'est significative et dotée du bon signe que dans l'échantillon des exploitants disposant d'un réseau d'irrigation individuelle. Ce résultat est du au fait que cette variable est contrainte dans le cas des exploitants reliés à des réseaux collectifs. En effet pour ces exploitants la dotation en eau est décidée au départ par l'association. L'exploitant ne peut plus procéder à des modifications en fonction de ses intérêts propres.

3.2.3. La marge nette par hectare dégagée par un m³ d'eau utilisé

Le Tableau 12 récapitulera les résultats, présentés en détail dans l'Annexe, d'une manière synthétique.

Tableau 12 : Marge Brute par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau)

	Algérie	Réseau Individuel	Réseau collectif		
Variable Expliquée	Log de la Marge Nette par hectare (Imbha)				
Variables					
explicatives					
1. Lwcmc	-0.37 (0.000) ***	-0.97 (0.000) ***	0.15 (0.094)		
2. Lsali	-0.97 (0.000) ***	-0.53 (0.000) ***	-1.64 (0.000) ***		
3. wor	-0.002 (0.678)	-	-		
4. LFLHA	0.01 (0.121) *	0.005 (0.458)	0.02 (0.097)		

5. LSEI	-0.11 (0.000) ***	-0.2 (0.000) ***	-0.05 (0.140)
6. Re	0.1 (0.000) ***	-0.19 (0.000) ***	0.11 (0.001) ***
7. ASE	-0.37 (0.004) ***	-0.42 (0.001) ***	0.04 (0.877)
Cte	13.4 (0.000) ***	14.9 (0.000) ***	12.8 (0.000) ***
N	1104	783	321
Adj R—squared	0.33	0.48	0.51
F	79.61	105.65	57.11

Les estimations des déterminants de la marge brute par hectare selon la désagrégation réseau individuel réseau collectif confirment l'essentiel des résultats obtenus dans la section précédente qui mettaient l'accent sur la productivité économique de la ressource en eau. La différence principale à signaler est l'importance de l'impact hautement négatif de la salinité sur la marge brute par hectare irrigué. On constate qu'une augmentation du taux de salinité de l'eau de 100 % provoquerait une diminution importante de 164 % de la marge brute par hectare dans les périmètres irrigués par un réseau collectif.

3.2.4. La Production Totale par hectare

Le Tableau 13 donne les résultats de l'estimation des déterminants de la production totale par hectare pour l'ensemble de la Tunisie (colonne 2), pour les exploitants du secteur collectif (colonne 4) et pour ceux disposant d'un réseau d'irrigation privé (colonne 3).

Tableau 13: La production Totale par hectare (LRTHA) (selon l'optique nature de la source d'eau)

	Echantillon Global	Réseau Individuel	Réseau Collectif	
Variable Expliquée	La production Totale par hectare (LRTHA)			
4 151114	0.045 (0.000) **	0.014 (0.000) **	0.012 (0.002) **	
1. LFLHA 2. LHLHA	0.015 (0.000) ** 0.03 (0.000) ***	0.014 (0.000) ** 0.03 (0.000) ***	0.012 (0.002) ** 0.02 (0.000) ***	
3. LWCHA	0.33 (0.000) ***	0.32 (0.000) ***	0.23 (0.000) ***	
4. LINTHA	0.033 (0.000) ***	0.035 (0.000) ***	0.03 (0.000) ***	
5. LALIM	0.011 (0.000) ***	0.011 (0.000) ***	0.01 (0.000) ***	
6. WOR	0.0006 (0.857)	-	-	
7. RE	0.06 (0.000) ***	-0.03 (0.077) *	-0.14 (0.000) ***	
8. LSALIN	-0.51 (0.000) ***	-0.37 (0.000) ***	-1.06 (0.000) ***	
9. LSEI	-0.16 (0.000) ***	-0.20 (0.000) ***	-0.08 (0.000) ***	

10. Pays	-0.88 (0.000) ***	-0.005 (0.977)	-1.52 (0.000) ***
11. Rhe	0.11 (0.000) ***	0.18 (0.000) ***	0.09 (0.031) **
12. Ase	-0.29 (0.000) ***	-0.41 (0.000) ***	-0.06 (0.432)
13. CTE	7.13 (0.000) ***	7.69 (0.000) ***	7.39 (0.000) ***
N	2364	1511	853
Adj R—squared	0.42	0.40	0.59
F	144.24	94.47	114.48

Les résultats obtenus sont pertinents :

- L'ensemble des variables retenues expliquent entre 40 et 59 % de la variabilité de la production totale pour les trois catégories d'exploitants. Le test F est hautement significatif pour les trois catégories d'exploitants.
- L'effet de tous les inputs de la production, (Family Labor par hectare (en hommes par année), Hired labor par hectare (Le coût de la main d'œuvre salariale), Le coût de l'eau par hectare, Les intrants par hectare (Engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.), et le coût de l'alimentation du bétail), est positif et hautement significatif.
- La taille des exploitations (SEI), a le signe et l'effet attendu. En effet plus la superficie effectivement irriguée est réduite plus la production par hectare est élevée. Ce résultat s'explique tout simplement par la rareté de la ressource. En effet lorsque la superficie effectivement irriguée est élevée l'exploitant est contraint de pratiquer plutôt une agriculture semi intensive et utiliser donc moins d'eau par hectare irrigué.
- L'effet de la salinité sur la production est négatif et hautement significatif. En effet on constate que lorsque la salinité de l'eau d'irrigation augmente la production par hectare diminue très sensiblement pour les trois catégories d'exploitants. Ce résultat est très important puisqu'il illustre les conséquences néfastes de la salinisation croissante de la ressource suite à sa surexploitation.
- L'effet du revenu hors exploitation: Lorsque le chef de l'exploitation se consacre entièrement à son activité agricole la production par hectare augmente sensiblement dans les cas de figure.

N.B: Lorsque nous retenons le critère du type de réseau d'irrigation, les deux facteurs les plus importants dans la détermination de la variabilité totale de la fonction de production agricole irriguée, aussi bien des exploitations disposant d'un réseau d'irrigation individuel que celles reliées à un réseau collectif sont aussi :

• L'input l'eau

Pour les exploitations disposant d'un réseau d'irrigation individuel, l'élasticité est de l'ordre de l'ordre de 0.32 ce qui veut dire pour une augmentation de 100 % dans les dépenses en eau par ha, l'output global augmenterait de 32 %. Tandis que pour les exploitations reliées à un réseau collectif cette élasticité passe à 0.23 %.

• La Salinité de la ressource en eau

Pour les exploitations disposant d'un réseau d'irrigation individuel, l'élasticité est de l'ordre de -0.37; ce qui implique qu'une augmentation du taux de salinité de la ressource en eau de 100, l'output global décroitrait de 37 %. Alors que pour les exploitations reliées à un réseau collectif cette élasticité passe même à -1.06 %.

3.3. Analyse quantitative selon l'optique spatiale

L'analyse précédente a retenu le critère du type de réseau d'irrigation utilisé par l'exploitant, qui met essentiellement l'accent sur le coût de l'eau d'irrigation supporté directement par l'exploitant. Nous passons maintenant à un autre critère aussi important que le premier et qui met un éclairage particulier sur les spécificités des trois pays concernés

Nous retenons ici aussi les mêmes critères d'analyse que ceux adoptés dans la section précédente, à savoir :

- La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)
- La Productivité Economique de l'Eau par m³ (WP), et
- La marge brute par hectare dégagé par un m³ d'eau utilisé et
- La fonction de production.

3.3.1. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)

La spécification (1) est estimée sur la base des échantillons des exploitants des trois pays.

Les outputs de l'estimation des déterminants de la demande en eau d'irrigation par STATA 11 pour les trois pays sont présentés en Annexe.

Le Tableau suivant récapitule d'une manière synthétique l'essentiel des résultats obtenus par une estimation économétrique appropriée et illustrée par les outputs en Annexe.

Tableau 14: La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA)

	Echantillon global	Algérie	LIBYE	Tunisie
Variable Expliquée	La consommation d'eau par hectare par exploitant (LWHA)			
Variables explicatives				
1. Lwcmc	- 0.39 ***	- 0.46 ***	- 0.25 (0.000) ***	-0.23 ***
2. Lsei	- 0.22 ***	- 0.12***	- 0.19 (0.000)	-0.11 ***
3. Rhe	0.13 ***	0.03	***	0.15 ***
4. Lsalin	-0.24 ***	-0.38***	-	-0.17 ***

5. Ase	0.09***	-0.15 ***	- 0.36 (0.000)	0.07 *
6. Wor	0.0002	0.004 **		- 0.04
7 Dove	-1.42 ***		- 0.1 (0.026) **	
7. Pays	-1.42	-	_	-
9. Re	0.12 ***	-0.04 ***		0.35 ***
10. Lflha	0.003	0.01***	-	0.004
10. 2	0.000		-0.04 (0.004)	
11. Lhlha	0.02 ***	0.01***	***	0.2 ***
12. SC	-	-	- 0.004 (0.917)	-
1.2.04-	0.04 ***	0.05 ***	0.01 (0.000)	2 5 6 ***
1 3. Cte	8.04 ***	8.65 ***	0.01 (0.000) ***	-3.56 ***
			0.1 (0.000) ***	
			8.6 (0.000) ***	
N	2364	1104	528	732
R-squared	0.51	0.57	0.43	0.65
F	244.24	162.16	50.49	154.82

- L'élasticité prix : Cette élasticité est significative et négative aussi bien pour l'échantillon global que pour les échantillons des trois pays concernés. Même lorsque nous retenons le critère régional, le prix de l'eau a un impact significatif sur la demande.
- L'élasticité superficie : Cette élasticité est significative et négative pour les trois pays. Lorsque la superficie de l'exploitation augmente la demande en eau par hectare baisse sensiblement.

3.3.2. La Productivité Economique de l'Eau (WP)

Les outputs de l'estimation des déterminants de la Productivité économique de l'eau d'irrigation, grâce à la spécification (2), par STATA 11 pour les quatre zones sont présentés en Annexe.

Le Tableau suivant récapitule d'une manière synthétique l'essentiel des résultats obtenus par une estimation économétrique appropriée et illustrée par les outputs en Annexe.

Tableau 15: Water Productivity

	Echantillon global	Algérie	LIBYE	Tunisie
Variable Expliquée	La Productivité Economique de l'Eau (WP)			
Variables explicatives				
1. Lwcmc	0.06 (0.011) ***	0.06 (0.004) ***	-0.26 (0.00	0.13 (0.001) ***
2. Lsei	0.01 (0.312)	- 0.005 (0.781)	-0.06 (0.30)	0.11 (0.000) ***
3. Lsali	- 0.41 (0.000) ***	- 0.61 (0.000)	- 0.03 (0.45	- 1.02 (0.000)
4. Ase	- 0.38 (0.000) ***	- 0.45 (0.000)	- 0.04 (0.59	6) - 0.30 (0.000)
5. Wor	0.01 (0.048) **	***	-	***
6. Rhe	0.16 (0.000) ***	0.005 (0.142) *	0.18 (0.000	0.40 (0.000) ***
7. Pays	-0.04 (0.028) **	0.22 (0.000) ***	***	-0.06 (0.315)
8. LFLHA	0. 02 (0.000) ***	-	-	-
9. Ct	- 0.57 (0.000) ***	0. 006 (0.274)	0.007 (0.90	***
		- 0.31 (0.000) ***	- 2.2 (0.000	- 0.86 (0.000) ***
N	2364	1104	528	732
R-squared F	0.12 41.50	0.18 36.50	0.10 10.87	0.28 41.36

L'élasticité prix: La désagrégation de l'échantillon global selon le critère spatial (c.-à-d. selon les trois pays concernés) produit des résultats très intéressants. En effet, là aussi, une analyse fine par pays révèle des résultats différends selon le pays concerné. Les élasticités relatives à la Tunisie et à l'Algérie confirment ceux qui sont déjà obtenus grâce à l'échantillon global, qui stipule qu'une augmentation du prix de la ressource se solde par une amélioration de sa productivité. En revanche l'analyse de l'échantillon libyen produit des résultats diamétralement opposés. Une

augmentation du prix de l'eau de 100 % pour l'exploitant libyen provoquerait une baisse de sa productivité de l'ordre de 26 %. Une explication de ce résultat pourrait être la suivante : Le prix actuel que l'exploitant libyen paye pour un m³ est relativement aux deux autres pays très bas ; ce qui induit que même s'il s'accroit il n'aura pas d'impact sur sa demande. Par contre cette augmentation du prix accroît le coût total de production ce qui diminue la marge brute et provoque ainsi la baisse de la productivité. En outre l'exploitant irrigué de la Jeffara libyenne n'a pas de marge de manœuvre pour une meilleure réallocation de la ressource vers des spéculations plus valorisantes. En effet la qualité de l'eau dont il dispose ne lui permet de pratiquer que des cultures arboricoles et fourragères comme nous l'avons constaté dans l'analyse consacrée à l'échantillon libyen dans un précédent rapport.

- L'élasticité salinité: Cette élasticité est hautement significative et de signe négatif comme attendu. Ce résultat confirme et amplifie même celui obtenu par l'estimation selon l'optique Coût. Lorsque la salinité de l'eau d'irrigation augmente sa productivité baisse très sensiblement en Algérie et surtout en Tunisie. En revanche en Libye cette baisse est très limitée. Ce résultat s'expliquerait par le faite que l'irrigant libyen s'est déjà adapté à un système cultural intégrant explicitement la salinité. Comme nous l'avons déjà remarqué lors de la présentation des résultats libyens, exposé en détail dans un rapport précédent, les exploitants pratiquent essentiellement un système cultural basé sur l'arboriculture et les fourrages peu sensible au sel.
- L'impact de l'élevage du type de réseau et de la région sur la productivité de l'eau. La décomposition par pays confirme les résultats déjà obtenus par l'analyse de l'échantillon global. En effet pour les pays concernés l'intégration de l'élevage dans l'agriculture améliore sensiblement la productivité de la ressource. Le passage d'un réseau d'irrigation hautement subventionné à un réseau où l'exploitant participe activement dans le coût de mobilisation améliore aussi sensiblement la productivité de l'eau. Enfin la spécificité régionale a aussi un impact significatif sur la productivité.

3.3.3. La marge Brute par hectare

Les outputs de l'estimation des déterminants de la Marge Brute d'un hectare irrigué, grâce à la spécification (3), par STATA 11 pour les trois pays concernés sont présentés en Annexe.

Le tableau 16 récapitule les résultats essentiels par pays

Tableau 16 : Marge Brute selon le critère spatial

	Echantillon	Algérie	Libye	Tunisie
	global			
Variable		Log Marge Brute (LMBha)		
Expliquée			<u> </u>	T
Variables explicatives				
1. Lwcmc	-0.34 (0.000) ***	-0.37 (0.000) ***	-0.43 (0.000) ***	-0.18 (0.000) ***
2. LSEI 3. Lsali	-0.19 (0.000) ***	-0.11 (0.000) ***	-0.27 (0.000) ***	0.11 (0.000) ***
4. ASE	-0.69 (0.000) ***	-0.97 (0.000) ***	-0.88 (0.000) ***	-1.45 (0.000) ***
5. wor	- 0.28 (0.000) ***	-0.37 (0.004) ***	-0.17 (0.093)*	- 0.15 (0.000) ***
6. Pays			-	0.20 (0014) ***
7. Rhe	-0.04 (0302)	-0.002 (0.678)	_	_
8. Re	-0.91 (0.000) ***	-	-	0.15 (0.029) **
9. Lflha	0.31 (0.000) ***	-	-0.9 (0.002) ***	0.10 (0.001) ***
10. Lhlha	0.06 (0.000) ***	0.1 (0.000) ***	-	0.03 (0.000) ***
11. SC	-	0.01 (0.121) *	0.02 (0.000) ***	0.03 (0.000) ***
12. Cte	-	<u>-</u>	0.18 (0.000) ***	-
	- 7.47 (000) ***	13.4 (0.000) ***	7.44 (0.000) ***	3.89 (000) ***
N	2364	1104	528	732
R-squared	0.28	0.33	0.40	0.44
F	113.57	79.61	50.86	63.69

Les estimations des déterminants de la marge brute par hectare selon la désagrégation spatiale de l'échantillon global en trois pays confirment l'essentiel des résultats obtenus dans la section précédente qui mettait l'accent sur la productivité économique de la ressource en eau. La différence principale à signaler est l'importance de l'impact hautement négatif de la salinité sur la marge nette par hectare irrigué. En outre l'élasticité superficie devient très significative pour les trois pays. Cependant le résultat diffère selon le pays retenu :

- Pour l'Algérie et la Libye, où l'irrigation est pratiquée en moyenne sur des exploitations de taille importante, l'élasticité superficie est négative. Ce résultat signifie que lorsque la taille de l'exploitation s'accroit sa productivité baisse. Dans ces deux pays une réforme agraire visant une meilleure allocation des terres irriguées au profit des exploitations de taille plutôt réduite améliorerait la productivité de la ressource.
- Concernant la Tunisie, où le morcellement dans les oasis atteint des niveaux alarmants, la productivité taille est plutôt positive. Ce résultat montre qu'une réforme agraire, ayant pour objectif principal un remembrement des oasis pour parvenir à des tailles d'exploitations viables est indispensable.

3.3.4. La Production Totale par hectare

Tableau 16 : La production Totale par hectare (LRTHA) (selon l'optique nature de la source d'eau)

	Echantillon global	Algérie	TUNISIE	LIBYE
Variable Expliquée	La production Totale par hectare (LRTHA)			
Variables explicatives				
1. LFLHA	0.015 (0.000)	0.012 (0.019) **	0.015 (0.003)	-0.003 (0.970)
2. LHLHA	0.03 (0.000)	0.03 (0.000) ***	0.03 (0.000)	0.03 (0.000) ***
3. LWCHA	***	0.54 (0.000) ***	***	0.35 (0.000)
4. LINTHA	0.33 (0.000)	0.033 (0.000)	0.20 (0.000)	***
5. LALIMHA	()		()	0.02 (0.029) **
6. WOR	0.03 (0.000) ***	0.003 (0275) -0.006 (0.126)	0.03 (0.000) ***	0.02 (0.002) ***

7. RE	0.011 (0.000)		0.03 (0.000)	
	***	0.11 (0.000) ***	***	-
8. LSALIN				
	0.0007 (0.857)	-0.66 (0.000)	0.011 (0.062) *	- 0.07 (0.015)
9. LSEI		***		***
	0.07 (0.000)		0.10 (0.000)	
10. RHE	***	-0.15 (0.000)	***	0.02 (0.755)
44.405	2 = 4 (2 222)	***	4.07 (0.000)	0.05 (0.406)
11. ASE	- 0.51 (0.000)	0 10 (0 000) ***	- 1.07 (0.000) ***	0.05 (0.496)
12. PAYS		0.18 (0.000) ***		0.11 (0.075) *
12. PA13	- 0.16 (0.000)	-0.61 (0.000)	- 0.09 (0.000)	U.II (U.U/3)
13. CTE	***	***	***	-0.31 (0.016)
10.0.1				**
	0.18 (0.000)	-	0.07 (0.121)	
	***		, ,	-
		7.09 (0.000) ***	0.15 (0.152)	
	-0.29 (0.000)			7.91 (0.000
	***		-	***
	, ,		()	
	- 0.88 (0.000)		4.02 (0.000)	
	***		ጥ ጥ ጥ	
	7.13 (0.000)			

N	2364	1104	1104	528
Adj R—squared	0.42	0.49	0.48	0.29
F	144.24	99.95	111.75	21.94

Les résultats obtenus sont consistants :

- L'ensemble des variables retenues expliquent entre 29 et 49 % de la variabilité de la production totale pour les trois pays. Le test F est hautement significatif pour les trois catégories d'exploitants.
- L'effet de tous les inputs de la production, (Family Labor par hectare (en hommes par année), Hired labor par hectare (Le coût de la main d'œuvre salariale), Le coût de l'eau par hectare, Les intrants par hectare (Engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.), et le coût de l'alimentation du bétail), est positif et hautement significatif.

- L'élasticité Superficie: Le résultat important, qui a été obtenu aussi bien grâce à l'échantillon global qu'avec la décomposition selon le critère du type de réseau d'irrigation à savoir que les exploitations de petite taille sont plus performantes que celle de grande taille, est confirmé par les résultats illustrés par le tableau ci-dessus concernant la décomposition spatiale.
- L'élasticité Salinité: Les résultats obtenus avec l'échantillon global et ceux issus des échantillons construits selon la décomposition basée sur le critère du type de réseau d'irrigation sont amplement confirmés lorsque nous retenons une désagrégation qui retient le critère spatial.
- L'ensemble des résultats obtenus démontre qu'il existe une spécificité propre à chaque pays qu'il est indispensable à d'intégrer explicitement dans toute politique de gestion durable de la ressource rare.

4. SYNTHÈSE DE L'ESSENTIEL DES RÉSULTATS OBTENUS DE L'ANALYSE QUANTITATIVE DE L'ÉCHANTILLON GLOBAL

L'effort gigantesque déployé pour collecter des données réelles à l'échelle de l'utilisateur primaire de la ressource dans une immense région, qui couvre un million de km² et de surcroit d'accès difficile, est heureusement largement récompensé par l'obtention de résultats pertinents, cohérents et surtout consistants. En outre le recours aux logiciels les plus récents, conçus spécialement pour traiter les données d'enquêtes individuelles, ainsi qu'aux outils économétriques les plus appropriés, a permis de parvenir à des résultats chiffrés fort utiles aussi bien à l'analyse économique qu'aux preneurs de décision en matière de gestion durable de cette ressource vitale à tout l'ensemble de la zone SASS.

L'objectif majeur de cette brève synthèse est de mettre l'accent sur les résultats essentiels obtenus qui seraient à la base de l'élaboration des recommandations opérationnelles à proposer aux preneurs de décisions en la matière.

Les résultats qui nous ont semblés les plus pertinents sont :

1. L'élasticité prix de la demande de la ressource en eau est significative et a le signe approprié: L'analyse quantitative de la riche information récoltée dans l'ensemble du bassin SASS démontre sans aucune ambigüité que la demande en eau est sensible à toute variation de son prix. Ce résultat infirme la prétention, très peu argumentée et largement répandue, à savoir que l'eau, un bien vital et sacré, est au dessus des lois de l'offre et de la demande. En effet l'analyse sur un échantillon de 2557 exploitations irriguées à travers tout le SASS, qui vient d'être conduite, montre qu'une variation de 100 % du prix de l'eau provoque une baisse significative de 39 % se sa demande. Notons surtout que lorsque nous considérons uniquement les exploitants individuels, qui assument une part importante du coût de mobilisation de la ressource utilisée, cette baisse atteint même 49 %, ce qui est loin d'être négligeable.

- 2. La salinité de la ressource en eau est un fléau qui menace réellement la viabilité de toute agriculture irriguée dans la zone SASS. Toutes les estimations de l'impact de cette variable sur la production totale de l'agriculture irriguée, sur la marge brute des exploitations ainsi que sur la productivité de l'eau, sont significatives. Cet impact négatif et même néfaste de la salinité est constaté quelque soit le réseau d'irrigation retenu et le pays considéré.
- 3. *L'Introduction de l'élevage* dans le système de culture des exploitations irriguées de la zone SASS améliore sensiblement la productivité de la ressource en eau.
- 4. L'implication de l'exploitant dans une participation active dans le coût réel de mobilisation des ressources en eau, améliore substantiellement sa productivité. Toutes les estimations effectuées démontrent que lorsque l'exploitant passe d'une irrigation gratuite à un réseau collectif et surtout à une mobilisation individuel de son eau (réseau individuel), la productivité de la ressource s'améliore sensiblement.
- 5. La *disponibilité du chef de l'exploitation* pour le travail agricole améliore sensiblement la productivité de l'eau utilisée.
- 6. L'importance de la taille de l'exploitation : Les résultats obtenus des estimations de l'effet taille des exploitations irriguées sur la productivité de la ressource diffère d'un pays à l'autre de la zone SASS. En Algérie et en Lybie, où la taille moyenne des exploitations irriguées est relativement élevée, l'élasticité taille obtenue est significativement négative. Ce résultat, qui stipule que lorsque la taille de l'exploitation augmente la productivité de la ressource diminue, suggère une réforme agraire au profit des exploitations de taille plus réduite. En revanche en Tunisie, surtout dans le Jérid et le Nefzaoua, où le morcellement à atteint des niveaux alarmants, cette élasticité est positive ce qui suggère qu'une réforme agraire destinée à un remembrement des exploitations en vue de promouvoir des unités de taille viable et ainsi rentable, s'impose.
- 7. L'introduction de la **dimension spatiale** dévoile les spécificités propres à chaque pays et même dans chaque pays à chaque région retenue.

La démarche adoptée dans le cadre de ce travail, qui privilégie l'optique microéconomique s'appuyant essentiellement sur la collecte de l'information auprès de l'usager primaire de la ressource rare, a permis d'obtenir des résultats d'importance primordiale pour la réussite de ce projet.

La synthèse brève, présentée ci dessus des résultats jugés les plus importants, permet déjà de suggérer quelques **recommandations opérationnelles à proposer aux preneurs de décision** en la matière :

• La démonstration que la demande en eau est sensible à la variable prix milite en faveur de la promotion d'une «tarification» appropriée de la ressource. Cette tarification permettrait une maitrise de la courbe de demande fortement

ascendante et contribuerait ainsi à la conservation et surtout à la réallocation de l'eau vers les cultures les plus valorisantes.

- La nécessité d'une réforme agraire: En Algérie et en Libye où la taille moyenne des exploitations irriguées dans la zone SASS est assez élevée, une réforme agraire, qui réduit cette taille, améliorerait très sensiblement la productivité de la ressource en eau mobilisée. En revanche en Tunisie et plus particulièrement dans le Jérid et le Néfzaoua, où le morcellement est trop élevé, une réforme agraire visant à promouvoir des exploitations de taille viable accroîtrait sensiblement la production de la ressource en eau.
- L'encouragement des exploitants à se consacrer davantage à leurs exploitations : toutes les estimations effectuées montrent que lorsque l'exploitant se consacre entièrement à son activité agricole, la productivité de la ressource en eau augmente sensiblement. Ce résultat milite envers une politique d'encouragement, par des moyens appropriés, de fixer davantage les exploitants dans l'activité agricole.
- L'intégration de l'élevage dans le système de cultures : Une politique visant à intégrer la composante élevage dans l'agriculture irriguée dans cette zone aride est à promouvoir par des moyens appropriés.
- L'implication de l'exploitant agricole à participer davantage dans le coût de mobilisation de la ressource : Afin de mieux valoriser la ressource en eau rare et précieuse dans toute la zone SASS, il est indispensable que l'exploitant couvre le maximum de son coût réel de mobilisation.

<u>Conclusion importante</u>: Les dimensions, qui ont un impact significatif et non négligeable sur la productivité économique de l'eau et conduirait ainsi à une meilleure valorisation, sont :

- Le prix de la ressource qui intègre explicitement le coût de sa rareté croissante,
- La salinité, qui devrait être réduite par tous les moyens appropriés,
- La taille de l'exploitation qui doit être fixée de manière à parvenir à sa viabilité,
- La main d'œuvre familiale doit être le pilier de base de la gestion de l'exploitation afin de mieux conserver la ressource rare, et
- L'a composante l'élevage qui permet de mieux valoriser la ressource en eau.

Toute politique économique, qui vise donc l'amélioration de la qualité de la gestion actuelle de cette ressource précieuse dans un contexte d'une haute fragilité en vue d'assurer sa durabilité, doit intégrer d'une manière explicite toutes ces variables clefs.

Note

ⁱ Une enquête « point d'eau » est en cours qui porte sur l'évaluation de l'ensemble des coûts variables et fixes relatifs aux réseaux d'irrigations public ou collectif.

ii Afin d'estimer la valeur des subventions il faut recourir au PSE (Producer Subsidy Equivalent), qui est donnée par l'expression suivante :

$$PSE = \frac{(V_m + D - V_w)}{V_m} \tag{1}$$

Où V_m est l'output évalué au prix domestiques, V_w est l'output évalué aux prix mondiaux et D sont les subventions directes.

La DAP de la ressource en eau

Le calcul de la **DAP** de l'eau maximale par exploitant pour chaque culture s'effectue ainsi :

$$TNM_{t} = \frac{NM/ha}{Y} - PSE_{t}$$
 (6)

Où TNM_t est la marge nette réelle par tonnes, NM est la marge nette, PSE_t est l'équivalent des subventions au producteur et Y le rendement par hectare.

Les chiffres de la vraie DAP devraient inclure le montant que le fermier paye réellement pour l'eau d'irrigation qu'il utilise. La vraie DAP pour l'eau par hectare est alors :

$$DAP/ha = \frac{TNM_t + WC}{Y}$$
 (7)

Où WC est le montant actuel que l'exploitant paye pour l'eau utilisée.

Cette brève analyse nous montre très clairement que l'eau allouée à l'irrigation ainsi qu'aux autres usages est actuellement significativement sous évaluée (c.à.d. cédée aux usagers à un prix largement inférieur aux coûts réels de la ressource) dans toute la région SASS. Le résultat direct de cette sous évaluation est que l'eau est sur utilisée dans toutes les cultures pratiquées. En effet si les décisions d'irrigation étaient prises sur la base des coûts réels de mobilisation de la ressource, la demande d'irrigation décroitrait très vraisemblablement pour toutes les cultures pratiquées. En outre les exploitants passeraient à des techniques d'irrigation plus performante et à des cultures plus valorisantes de la ressource.

iii Notons au passage que d'autres critères pourraient être utilisés, nous citerons parmi eux le plus connus à savoir : *Minimiser la somme des valeurs absolues des écarts*.