



ASPECTS SOCIOÉCONOMIQUES DE L'IRRIGATION DANS LE BASSIN DU SASS

**Une meilleure valorisation de l'eau pour
une gestion durable du bassin**



ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'IRRIGATION DANS LE BASSIN DU SASS

Une meilleure valorisation de l'eau pour une gestion durable du bassin

Rédigé par :

Mohamed Salah Matoussi
Consultant régional

Lu par :

Abdelkader Dodo
Coordinateur du programme Eau
Djamel Latrech
Coordinateur du projet SASS III
Maxime Thibon
Conseiller scientifique

Revu par :

Khatim Kherraz
Secrétaire exécutif de l'OSS

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	9
ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE	15
CONSTRUCTION DE LA BASE DE SONDAGE	19
IDENTIFICATION DES ZONES D'ENQUÊTES	23
1. Algérie	25
2. Libye	26
3. Tunisie	28
CONSTRUCTION DES ÉCHANTILLONS D'EXPLOITANTS À ENQUÊTER	31
1. Construction de l'échantillon algérien	33
2. Construction de l'échantillon tunisien	52
3. Construction de l'échantillon libyen	58
VALIDATION DES QUESTIONNAIRES	63
1. Description de l'opération de validation	65
2. Déroulement de l'opération de validation	66
3. Estimation sommaire du temps nécessaire à la validation	66
SAISIE NUMÉRIQUE DES DONNÉES RÉCOLTÉES	69
OUTILS D'ANALYSE DES DONNÉES RÉCOLTÉES	73
1. Définition des variables retenues dans le cadre de notre analyse	75
2. Concepts socio-économiques de base	75
3. Présentation des modèles économétriques utilisés dans l'estimation	85
ANALYSE DES DONNÉES SOCIO-ÉCONOMIQUES	89
1. Tunisie	91
2. Algérie	119
3. Libye	148
4. Analyse globale	157
5. Perspectives	168
ANNEXE: BRÈVE PRÉSENTATION DU MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE ÉLÉMENTAIRE	169

Liste des figures et tableaux

FIGURES

Figure 1.	Carte du bassin du SASS.	12
Figure 2.	Choix des sites avec l'équipe libyenne.	28
Figure 3.	Construction de la base de sondage avec les partenaires libyens.	28
Figure 4.	Carte des zones d'enquête SASS.	30
Figure 5.	Foggara à Timimoun.	41

TABLEAUX

Tableau 1.	Répartition de l'échantillon tunisien selon les 5 gouvernorats retenus.	29
Tableau 2.	Répartition de l'échantillon algérien entre les wilayas concernées.	33
Tableau 3.	Découpages de la région d'El Oued en zones homogènes.	35
Tableau 4.	Répartition des exploitations selon le critère de la taille des superficies irriguées.	37
Tableau 5.	Répartition de l'échantillon selon le critère du nombre d'exploitations irriguées.	37
Tableau 6.	Superficie irriguée et répartition selon les sources d'eau d'irrigation dans la zone d'El Oued.	38
Tableau 7.	Répartition de l'échantillon selon les sources d'eau.	38
Tableau 8.	Répartition des exploitations selon le critère du statut juridique des exploitations.	39
Tableau 9.	Répartition de l'échantillon selon le critère du statut juridique des exploitations.	39
Tableau 10.	Répartition des superficies irriguées selon le type de culture.	40
Tableau 11.	Répartition de l'échantillon selon le critère du type de cultures.	40
Tableau 12.	Nombre d'exploitations par zone, par taille et selon le type d'oasis de l'échantillon à enquêter.	42
Tableau 13.	Répartition de l'échantillon selon le critère juridique.	42
Tableau 15.	Répartition des exploitations selon le critère taille.	43
Tableau 14.	Répartition de l'échantillon selon le critère du nombre d'exploitations irriguées.	43
Tableau 16.	Répartition des superficies selon la technique d'irrigation.	44
Tableau 17.	Répartition de l'échantillon selon technique d'irrigation du gravitaire.	45
Tableau 18.	Répartition des exploitations selon le statut juridique.	45
Tableau 19.	Répartition de l'échantillon selon le statut juridique.	45
Tableau 20.	Répartition des superficies irriguées selon le critère des cultures principales (ha).	46
Tableau 21.	Répartition de l'échantillon selon le critère de cultures principales (ha).	46
Tableau 22.	Nombre d'exploitations par zone, par taille et selon le type d'oasis de l'échantillon à enquêter.	47
Tableau 23.	Répartition de l'échantillon selon le critère des plantations.	47
Tableau 24.	Répartition selon la taille des exploitations.	49
Tableau 25.	Répartition de l'échantillon selon le critère de la taille des exploitations.	50
Tableau 26.	Répartition de l'échantillon selon le critère du statut juridique des exploitations.	50
Tableau 27.	Répartition des exploitations selon le statut juridique.	51
Tableau 28.	Répartition de l'échantillon selon le critère de la source d'eau.	51
Tableau 29.	Répartition des exploitations selon la source d'eau.	52
Tableau 30.	Répartition de l'échantillon global selon les gouvernorats retenus.	53
Tableau 31.	Taille de l'échantillon des exploitations à enquêter dans le gouvernorat de Gabès.	53
Tableau 32.	Calcul de « r » par strate.	54
Tableau 33.	Répartition de l'échantillon de Kébili selon les critères retenus.	54

Tableau 34. Composition et taille de l'échantillon par strate et par délégation dans la région de Kébili.	55
Tableau 35. Répartition de l'échantillon de Tataouine selon les critères retenus.	55
Tableau 36. Plan de sondage dans le gouvernorat de Tataouine.	55
Tableau 37. Composition et taille de l'échantillon dans la région de Médenine.	57
Tableau 38. Répartition des exploitations agricoles selon la taille.	57
Tableau 39. Périmètres irrigués publics et privés selon les zones retenues.	58
Tableau 40. Répartition de l'échantillon selon les zones retenues.	58
Tableau 41. Répartition des exploitations et de leurs superficies selon la source d'irrigation par shaabia dans tout le pays.	59
Tableau 42. Répartition des exploitations et des superficies irriguées de la zone SASS par Shaabia selon la source d'irrigation.	60
Tableau 43. Répartition des superficies irriguées par Shaabia selon la source d'irrigation (Jeffara et zone centrale).	61
Tableau 44. Répartition de l'échantillon global à enquêter dans la Jeffara selon la taille des exploitations irriguées.	61
Tableau 45. Répartition de l'échantillon global par Shaabia (Jeffara) selon le nombre d'exploitants.	62
Tableau 46. Répartition de l'échantillon global par Shaabia (Jeffara) selon la taille des exploitations et la source d'irrigation.	62
Tableau 47. Répartition de l'échantillon global par Shaabia (Jeffara) selon le nombre d'exploitants et la source d'irrigation.	62
Tableau 48. Répartition des questionnaires à valider par pays.	67
Tableau 49. Volume horaire nécessaire à l'opération de validation.	67
Tableau 50. Liste et définition des variables principales.	75
Tableau 51. Répartition selon le statut juridique de l'origine de l'eau d'irrigation.	92
Tableau 52. Répartition selon les 3 zones considérées.	93
Tableau 53. Répartition selon le type de réseau de pompage de l'eau (public, privé, gratuit).	95
Tableau 54. Répartition selon les zones géographiques	96
Tableau 55. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).	99
Tableau 56. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA). remplacer LWCMC par LDAPMC)	100
Tableau 57. La consommation d'eau par hectare et par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau uniquement.	100
Tableau 58. Productivité de l'eau (échantillon global).	102
Tableau 59. La marge nette par hectare.	104
Tableau 60. La production totale par hectare (RTHA).	104
Tableau 61. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).	107
Tableau 62. Consommation d'eau par hectare et par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau.	107
Tableau 63. Productivité de l'eau (selon l'optique nature de la source d'eau).	109
Tableau 64. Coefficient de variation des SEI.	109
Tableau 65. Marge brute par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau)..	110
Tableau 66. La production totale par hectare (RTHA) (selon l'optique nature de la source d'eau).	111
Tableau 67. La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA).	114
Tableau 68. Coefficient de variation du coût par m ³ d'eau payé directement par l'exploitant par région.	115
Tableau 69. Productivité de l'eau.	116
Tableau 70. Marge nette par hectare ou bénéfice dégagé par m ³ d'eau utilisé pour l'irrigation.	117
Tableau 71. Echantillon prévu et échantillon réalisé.	121
Tableau 72. Taille de l'échantillon retenu dans l'analyse.	121
Tableau 73. Répartition selon le type de réseau d'irrigation.	123
Tableau 74. Répartition selon les 4 régions considérées.	124
Tableau 75. Répartition selon le type de réseau de pompage de l'eau (collectif, privé, gratuit).	126
Tableau 76. Répartition selon les zones géographiques.	127
Tableau 77. La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA)	129
Tableau 78. Productivité de l'eau (échantillon global).	131
Tableau 79. Marge brute par hectare.	133
Tableau 80. Production totale par hectare (LRTHA).	133

Tableau 81. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).	136
Tableau 82. Consommation d'eau par hectare et par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau uniquement.	137
Tableau 83. Productivité de l'eau (selon l'optique nature de la source d'eau).	138
Tableau 84. Marge brute par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau).	138
Tableau 85. Production totale par hectare (LRTHA) (selon l'optique nature de la source d'eau).	139
Tableau 86. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)	142
Tableau 87. Productivité de l'eau.	142
Tableau 88. Marge brute.	143
Tableau 89. Production totale par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau).	145
Tableau 90. Wilaya d'Adrar.	145
Tableau 91. Répartition selon la zone d'enquête retenue	149
Tableau 92. Répartition selon le système de cultures.	149
Tableau 93. Variabilités de la recette totale de l'exploitant selon les quatre rubriques importantes.	149
Tableau 94. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).	151
Tableau 95. Productivité de l'eau.	153
Tableau 96. Marge brute par hectare.	154
Tableau 97. Production totale par hectare (LRTHA).	155
Tableau 98. Répartition spatiale et temporelle des données récoltées	158
Tableau 99. Récapitulatif des résultats principaux	159
Tableau 100. Résultat des estimations de la demande en eau.	163
Tableau 101. Résultats de l'estimation de la fonction de productivité de l'eau.	165
Tableau 102. Récapitulatif des résultats principaux selon l'optique de système de production.	167
Tableau 103. Consommation en eau par culture.	168



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le bassin du Système aquifère du Sahara septentrional (SASS) couvre une superficie totale de un million de km². Cet aquifère transfrontalier est partagé par l'Algérie (700 000 km²), la Libye (250 000 km²) et la Tunisie (80 000 km²).

Les réserves en eau du SASS sont estimées à 60 000 milliards de m³ répartis sur deux aquifères superposés : le Continental intercalaire (CI), d'une profondeur qui atteint les 3 000 m à certains endroits, et le Complexe terminal (CT) d'une profondeur de 300 à 500 m. La recharge du système aquifère est de l'ordre d'un milliard de m³/an. Selon les estimations, les prélèvements sont passés de 0,6 milliard de m³/an au début des années 1970, à 2,7 milliards de m³/an en 2012. En 50 ans, l'exploitation des eaux souterraines du SASS est passée d'une gestion durable de la ressource à une surexploitation.

La promotion d'une gestion durable des ressources en eau du SASS pose aux trois pays concernés un défi qu'il importe de relever pour maintenir une vie durable dans une des régions des plus fragiles de la planète. Cette région a su en effet maintenir une activité pérenne depuis des siècles grâce à une extraordinaire capacité d'adaptation à un milieu extrêmement aride en exploitant d'une manière judicieuse un aquifère transfrontalier aux ressources en eau certes importantes mais très peu renouvelables. Cet équilibre est aujourd'hui perturbé par une exploitation excessive.

Dans l'objectif d'asseoir un développement durable dans la région, l'OSS en partenariat avec les trois pays concernés, a élaboré au cours de la dernière décennie, des études ayant permis une meilleure connaissance des ressources (l'offre). Ces études ont été suivies par la mise en place d'un mécanisme de concertation permanent doté d'une unité de coordination provisoirement ancrée au siège de l'OSS. Le fonctionnement de cette unité est financé par les trois pays.

Ces études de l'offre ont alerté toutes les parties prenantes sur sa limite à satisfaire la demande en eau exprimée par les pays pour les besoins des différents secteurs, en particulier l'agriculture irriguée qui consomme plus de 80 % de la demande totale en eau.

Le bilan global des réalisations en matière de mobilisation de cette offre est incontestablement positif. Cependant, malgré cette réussite indéniable, une inadéquation entre les ressources disponibles très peu renouvelables et la demande sans cesse croissante, accentuée par la garantie par l'État de l'accessibilité d'une ressource à prix forfaitaire, peut compromettre une gestion optimale et durable du potentiel en eau.

Les études antérieures sur le SASS étaient focalisées sur les caractéristiques et le fonctionnement de l'aquifère ainsi que sur l'évolution des prélèvements, mais rarement sur la valorisation de l'eau. La composante socio-économique de ce projet vise à combler cette lacune par une étude axée essentiellement sur l'analyse des impacts du comportement de l'utilisateur primaire de la ressource sur la durabilité de l'aquifère. L'objectif majeur de cette analyse, s'appuyant aussi bien sur des données microéconomiques que sur des outils économiques et économétriques appropriés, est de donner les moyens aux preneurs de décisions d'élaborer des politiques adéquates qui assurent la pérennité de cet aquifère vital pour toute la région.

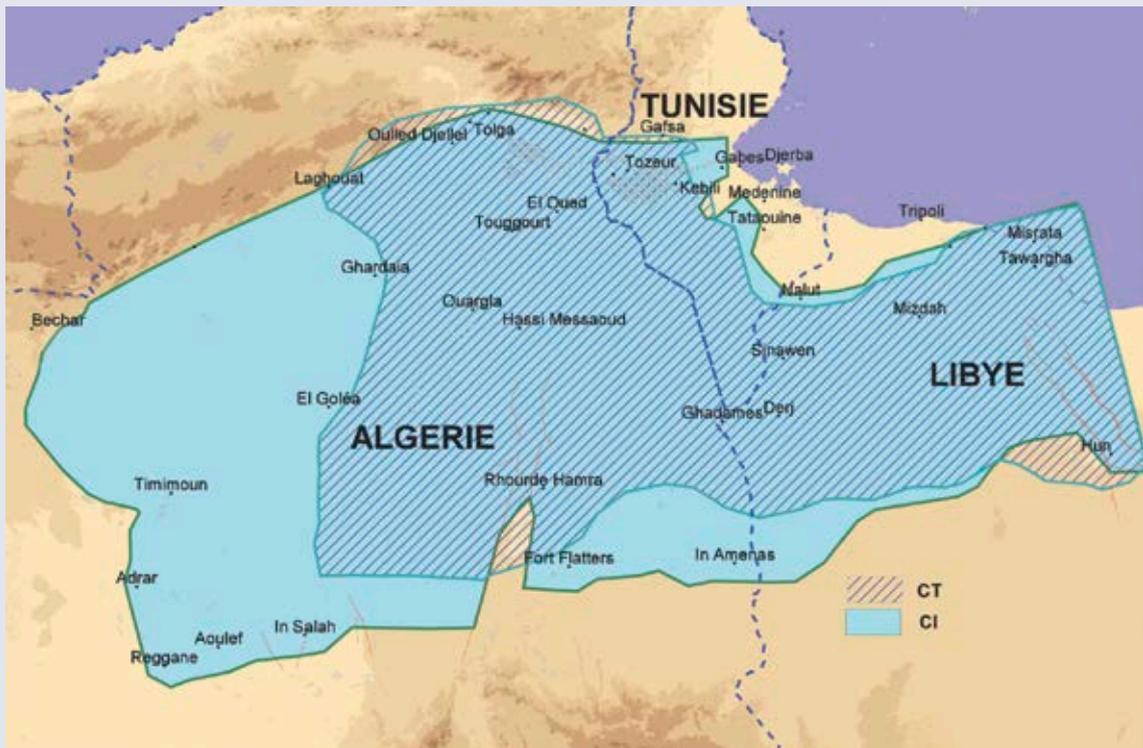


Figure 1. Carte du bassin du SASS.

Projet SASS III

La phase III du projet SASS a pour finalité de produire des recommandations opérationnelles d'utilisation, de gestion et de comptage de l'eau prélevée pour des usages agricoles, notamment dans des zones où la nappe, les sols ou l'écosystème sont en situation de grande vulnérabilité.

Elle comporte deux volets principaux :

1. une composante portant sur la réalisation d'une étude socio-économique visant à analyser le comportement de l'utilisateur de l'eau dans le bassin du SASS et à élaborer un modèle hydro-économique qui intègre explicitement les deux dimensions capitales d'une gestion durable de l'aquifère, à savoir son comportement physique et les impacts de l'activité humaine sur sa durabilité ;
2. une composante « pilotes de démonstration agricole » visant à tester la faisabilité de l'application de solutions techniques et de paquets technologiques disponibles aux problématiques constatées dans le bassin, et à démontrer aux usagers et aux décideurs, leur adaptabilité à la diversité des situations locales pouvant exister dans les zones SASS dans les trois pays.

Cette étude socio-économique vise donc principalement à enrichir les acquis de la connaissance hydrogéologique de la ressource eau par des données socio-économiques et environnementales décrivant la réalité du fonctionnement des exploitations agricoles et surtout le comportement réel de l'irrigant en mettant un accent particulier sur sa capacité d'adaptation aux défis menaçant la durabilité de tout l'édifice. Ces défis sont de nature diverse ; ils vont de l'épuisement de la ressource suite à une surexploitation excessive aux impacts négatifs des changements climatiques.

La connaissance du comportement de cet acteur principal de la vie dans les oasis passe par la réalisation d'une enquête socio-économique et environnementale couvrant d'une manière exhaustive cette importante région. L'enquête réalisée en deux campagnes, a permis de collecter une information fine sur tous les aspects essentiels de l'utilisation de la ressource sur environ 3 000 exploitations et grâce au traitement de 4 500 questionnaires validés dans une douzaine de zones réparties sur un espace d'environ 1 million de km² s'étendant à travers les trois pays concernés. La conduite d'une campagne d'enquêtes de cette envergure a été une tâche réellement ardue qu'il a fallu mener avec le maximum de précautions. La seconde étape a consisté à saisir, vérifier et effectuer une analyse descriptive préliminaire de l'information ainsi récoltée. La troisième a été dédiée à l'analyse quantitative grâce aux outils économétriques et d'optimisation les plus modernes. La quatrième et ultime étape a eu pour objectif essentiel l'élaboration de recommandations opérationnelles à proposer aux preneurs de décisions des trois pays concernés dans le cadre du mécanisme de concertation.

La réalisation de cette composante a été conduite ainsi :

- conception du questionnaire de l'enquête, qui a été effectuée du 1^{er} juillet 2010 au 31 décembre 2010 ;
- identification des sites de déroulement de l'enquête sur le terrain pour les trois pays : cette opération a été conduite du début du mois de novembre au 31 mars 2011 ;
- construction de la base de sondage : avril 2011 - juin 2011 ;
- construction de l'échantillon : juillet 2011 - novembre 2011 ;
- réalisation de la première campagne d'enquêtes sur le terrain : décembre 2011 - septembre 2012 ;
- collecte, validation, saisie et vérification des données collectées : mars 2012 - janvier 2013 ;
- réalisation de la deuxième campagne d'enquêtes sur le terrain : novembre 2012 - juillet 2013 ;
- collecte, validation, saisie et vérification des données collectées : mars 2013 - janvier 2014 ;
- analyse des données des 2 campagnes : février 2013 - mai 2014.

Ce rapport est organisé comme suit :

- Section I : Elaboration du questionnaire.
- Section II : Construction de la base de sondage sur laquelle s'appuie la confection de l'échantillon des exploitants.
- Section III : Identification des zones retenues pour l'enquête sur le terrain.
- Section IV : Construction des échantillons d'exploitants à enquêter.
- Section V : Vérification et validation des questionnaires.
- Section VI : Saisie numérique des données récoltées.
- Section VII : Présentation sommaire des outils de l'analyse des données récoltées.
- Section VIII : Analyse descriptive et quantitative des données socio-économiques. Cette section constitue la pièce centrale du rapport. Elle est organisée en quatre sous-sections. La première est dédiée à la présentation des résultats obtenus de l'analyse de l'échantillon tunisien. La deuxième synthétise les résultats essentiels obtenus de l'analyse de l'échantillon algérien. Les résultats relatifs à l'échantillon libyen sont détaillés dans la sous-section trois et enfin la dernière sous-section est consacrée à un passage en revue des résultats principaux obtenus de l'analyse de l'échantillon global de toute la zone SASS.



ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire de base intègre explicitement toutes les caractéristiques ainsi que tous les critères retenus pour caractériser la population du site concerné et le fonctionnement des diverses catégories d'exploitation. Il a été finalisé après discussion avec les points focaux des trois pays.

L'accent est mis en particulier sur :

- l'utilisation de l'eau, de la terre et des différents inputs (intrants) ;
- le rôle des femmes dans la gestion de l'eau ;
- les contraintes rencontrées par les différents exploitants dans la conduite de leurs activités ;
- la capacité d'adaptation des exploitants aux défis de la raréfaction de la ressource aussi bien en termes quantitatifs que qualitatifs ;
- les perspectives d'avenir.



CONSTRUCTION DE LA BASE DE SONDAGE

L'enquête socio-économique, qui constitue un des piliers principaux de ce projet, a été conçue sur des bases scientifiques solides et réalisée avec le maximum de soins. Afin que l'analyse quantitative, qui s'appuiera sur les techniques économétriques et de recherches opérationnelles les plus avancées, permette l'obtention de résultats plausibles et susceptibles de conduire à la construction de recommandations opérationnelles utiles aux preneurs de décisions, il est indispensable que l'échantillon d'exploitations enquêtées soit représentatif de la population-cible à étudier. On entend par **population-cible**, l'ensemble sur lequel il est prévu de récolter les informations indispensables au projet. Cet ensemble n'est rien d'autre dans ce contexte que tous les utilisateurs agricoles de l'eau du bassin du SASS.

La théorie statistique relative à la construction d'échantillons représentatifs de la population étudiée est connue sous l'appellation de **théorie des sondages**. Cette théorie enseigne que l'étape préalable est la définition d'une **base (ou plan) de sondage** qui est, par définition, une liste (un fichier) complète et toujours actualisée de tous les individus formant la population cible. Cette liste ne doit comporter ni omission ni double comptage.

L'idéal aurait été de disposer d'un listing complet des exploitations irriguées (appelé **base de sondage**) dans tout le bassin du SASS et de procéder à un tirage aléatoire de 3 000 unités à enquêter. Cette base de sondage n'étant pas disponible, le recours à la méthode des **plans par grappes** ou **sondages à deux degrés**, s'impose.

Cette méthode s'appuie sur la combinaison de deux méthodes plus simples, à savoir :

- un **sondage par strates** (stratification), employé dans le cas où la population cible est formée par un nombre réduit de groupes homogènes (strates) de taille importante mais différents les uns des autres. Une strate est donc un sous-ensemble de la population-cible qui se caractérise par une homogénéité supérieure à celle de la population entière.
- Un **sondage par grappes**, pertinent dans le cas où la population cible est constituée de plusieurs groupes de taille plutôt réduite et où chacun d'entre eux se distingue par une variabilité interne importante.

Le sondage à deux degrés, qui combine ces deux procédures présentées très sommairement, consistera alors en :

- un échantillonnage (tirage d'un certain nombre d'unités dans une population-cible) de strates ;
- un échantillonnage dans chaque strate.

La démarche suivante dans la conduite de l'enquête sur le terrain a donc été adoptée :

- **première étape** : choisir les zones géographiques à retenir dans chacun des trois pays ;
- **deuxième étape** : établir, dans chaque zone, l'inventaire des strates existantes, à savoir les oasis existantes ou bien, si cela est possible, les associations d'irrigants,

ou encore dans certaines zones, quand le choix est judicieux, les *Daïra* (sous-préfectures en Algérie) ou bien les *Shaabia* (en Libye). Retenir toutes les strates si leur nombre est réduit, sinon construire un échantillon approprié de l'ensemble de toutes les strates.

- **Troisième étape** : construire pour chaque strate, un échantillon approprié, incluant toute la strate si celle-ci est de taille réduite.

Lorsque les strates ou les grappes sont constituées d'entités géographiques, ce qui est heureusement le cas dans notre contexte, on réalise généralement une économie substantielle de moyens financiers et logistiques et on cible mieux les problématiques spécifiques à ces entités. Lorsque la grappe est formée par une aire géographique déterminée, on a affaire à une forme de sondage par grappes particulier qu'on appelle habituellement **sondage aréolaire**.

L'enquête socio-économique et environnementale est organisée en deux campagnes. La première couvre l'ensemble des exploitations qui forment l'échantillon de base (environ 3 000), et la seconde ne concerne qu'une partie de cet échantillon (environ 1 500), mais avec un zoom particulier sur les zones des Pilotes afin de mieux cerner leurs évolutions.

Cette méthode a été adoptée pour la construction des échantillons relatifs à toutes les régions algériennes (les 5 Wilayas de la zone SASS) ainsi qu'au gouvernorat de Médenine en Tunisie. Pour les quatre autres gouvernorats tunisiens, c.-à-d. Gabès, Kébili, Tataouine et Tozeur, qui disposent heureusement de listes exhaustives actualisées des exploitants irrigants, c'est la méthode aléatoire (voir détails dans la section 5.2.) qui a été retenue.



IDENTIFICATION DES ZONES D'ENQUÊTES

25 ALGÉRIE

26 LIBYE

28 TUNISIE

Suite à plusieurs réunions avec les différents responsables de la gestion de la ressource dans les trois pays concernés, les sites à couvrir par des enquêtes socio-économiques et environnementales exhaustives ont été définis.

Les zones géographiques retenues dans l'ensemble du bassin SASS sont :

- cinq zones en Algérie (Biskra, El Oued, Ouargla, Ghardaïa et Adrar) ;
- trois zones en Tunisie (Nefzaoua, Djérid et Jeffara tunisienne) ; et
- trois zones en Libye (Jeffara libyenne, Zone centrale côtière et Juffra).

I. ALGÉRIE

Les cinq zones géographiques retenues en Algérie correspondent à 5 Wilayas sahariennes (Adrar, Ouargla, El Oued, Ghardaïa et Biskra).

La construction des échantillons représentatifs de l'ensemble des exploitations des cinq Wilayas a été achevée suite :

- aux visites sur le terrain qui ont permis de récolter les données statistiques préliminaires ;
- aux contacts avec les différents services de l'Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) et des directions des services agricoles (DSA) des Wilayas. Il faut préciser que les chefs des services statistiques des DSA concernées ont fourni des compléments d'informations à chaque fois que cela a été nécessaire.

Ce dispositif a permis la construction des échantillons relatifs à toutes les zones et sous-zones retenues comme suit :

- **Wilaya d'Adrar**
 - ... dans la sous-zone de Timimoun, qui est la plus importante de la région, un échantillon de 140 exploitations couvrant les différentes oasis à déterminer par la suite, a été prévu ;
 - ... dans la sous-zone d'Adrar, l'échantillon a concerné environ 65 exploitations ;
 - ... dans la sous-zone de Reggane, un échantillon de l'ordre de 50 exploitations s'est avéré suffisant. L'un des deux pilotes de démonstration agricole de l'Algérie est situé dans cette zone et plus précisément dans l'oasis d'Aït Messaoud.
- **Wilaya de Ouargla**
 - ... 110 exploitants dans la sous-zone de Ouargla ;
 - ... 166 exploitants dans la sous-zone d'Oued Righ Sud autour de la ville Touggourt.

- **Wilaya d'El Oued**

- sous-zone d'El Oued (250 exploitants) : cette région est connue par sa pratique à grande échelle de la technique d'irrigation originale de « Ghout » ; celle-ci consiste à choisir des cuvettes dans lesquelles sont implantés des palmiers afin de faire descendre les racines des palmiers pour être en contact direct avec l'eau. Cette technique est aussi importante que celle des foggaras et doit donc être préservée comme patrimoine de l'humanité.
- sous-zone d'Oued Righ Nord (150 exploitants) : la problématique majeure de cette zone a été centrée sur la remontée de sel suite à de graves problèmes de drainage.

- **Wilaya de Ghardaïa**

Etant donné que les superficies irriguées dans cette wilaya ne représentent qu'environ 8 % des superficies irriguées par les eaux du SASS algérien, l'échantillon représentatif n'a concerné que 220 exploitants. Cet échantillon a été réparti en 5 zones homogènes selon les critères appropriés retenus.

- **Wilaya de Biskra**

La wilaya de Biskra, qui accapare à elle seule plus du tiers (38,4 % selon le Recensement général agricole – RGA – de 2001) des superficies irriguées de la zone SASS algérienne, a fait l'objet d'un traitement privilégié dans l'enquête sur le terrain. L'échantillon représentatif comprend au moins 450 exploitants sur les 1 600 alloués à la partie algérienne. Ces exploitants sont répartis selon les activités dominantes dans la région, à savoir :

- des oasis modernes où la culture du palmier dattier, surtout celle de « Deglet Nour », est pratiquée selon les règles de l'art par des entrepreneurs dynamiques et très motivés ;
- des cultures maraîchères sous serres normales et même géantes par des entrepreneurs qui recourent aux techniques les plus modernes grâce à des moyens financiers conséquents ;
- des oasis traditionnelles confrontées à des problèmes qui méritent d'être étudiées avec sérieux.

II. LIBYE

La partie libyenne de la zone SASS concerne essentiellement les deux régions de la Jeffara et de Hamada Hamra.

La Jeffara se compose de 4 *Shaabia* (Gouvernorats) : *Shaabia* de Tripoli, *Shaabia* de Jeffara, *Shaabia* de Zawia et *Shaabia* Zouara.

La Zone centrale est formée de 5 *Shaabia* : *Shaabia* de Juffra, *Shaabia* de Misrata, *Shaabia* d'El Margab, *Shaabia* de Jebel Gharbi et *Shaabia* de Nalut.

Selon le critère du nombre d'exploitants dans ces régions, l'échantillon de 810 unités retenues à enquêter se répartit ainsi :

- Jeffara : 595 exploitations ;
- Zone centrale : 215 exploitations.

Identification des zones d'enquêtes et construction de l'échantillon d'exploitants

• La Jeffara

Les éléments indispensables à la construction de l'échantillon représentatif et surtout la logistique de collecte et de suivi sur le terrain de l'enquête ont été réunis :

- ... grâce aux visites sur le terrain, à la discussion avec les exploitants et les responsables des différentes institutions impliquées dans la mobilisation de la ressource et à la collecte de documents et de données statistiques, l'échantillon représentatif de la zone libyenne du SASS a pu alors être confectionné ;
- ... le recrutement du consultant national chargé de la zone de Jeffara, ainsi que des personnes chargées de la réalisation de l'enquête sur le terrain, ont constitué la logistique capable de mener à terme l'opération de la collecte de l'information dans de bonnes conditions.

Un résumé succinct du RGA de 2007 a permis d'identifier les grappes de base de l'échantillon et d'établir quelques critères de sélection des exploitations à enquêter.

La Jeffara libyenne s'étend de la frontière tunisienne jusqu'à la ville de Khoms et se compose de quatre *shaabiat*.

Ainsi, la base de sondage permettant d'identifier les exploitants à enquêter a été construite grâce aux informations collectées sur le terrain. Les quatre sous-zones retenues correspondent aux quatre *shaabiat* de la plaine de Jeffara. Le nombre d'exploitants à identifier pour l'enquête se répartit comme suit :

- ▶ Tripoli : 50 exploitants ;
- ▶ Jeffara : 270 exploitants ;
- ▶ Zawia : 180 exploitants ;
- ▶ Zouara : 95 exploitants.

• La Zone centrale

La visite sur le terrain a permis de sélectionner les sous-zones à enquêter, de recruter le



Figure 2. Choix des sites avec l'équipe libyenne.



Figure 3. Construction de la base de sondage avec les partenaires libyens.

consultant national chargé de la réalisation de l'enquête sur le terrain et surtout de mettre au point la logistique appropriée.

Pour les trois des cinq *shaabiat* de cette grande région (Misrata, Margheb et Juffra) retenues, la répartition du nombre d'exploitants à identifier pour l'enquête se décline comme suit :

- ... Misrata : 65
- ... Margheb : 110
- ... Juffra : 40

III. TUNISIE

Trois régions ont été retenues par ce projet après concertation avec les responsables de la ressource en Tunisie : deux régions à risques (le Jérid et Nefzaoua) qui font partie intégrante du SASS et souffrent surtout d'un changement de la qualité des eaux ; et une troisième qui correspond à la Jeffara tunisienne.

III.1. Les régions des chotts

- **Les oasis du Jérid**

Les oasis du Jérid souffrent d'un débit insuffisant et d'un coût de pompage de plus en plus élevé.

- **Les oasis du Nefzaoua Sud (la région de Douz)**

Le problème le plus aigu de cette région est celui de la salinité des eaux utilisées qui dépasse dans certaines oasis le seuil critique des 5 g/l.

- **Les oasis du Nefzaoua Nord (la région de Jedida – Mansoura)**

Les oasis sont anciennes et connaissent une dégradation croissante, un problème de drainage de plus en plus aigu et une densité de palmiers élevée. La salinité, qui est de l'ordre de 2,5 g/l, reste bonne. Les ressources en eau des oasis de Nefzaoua, même si elles sont assez fortement sollicitées, sont quand même suffisantes.

III. 2. la Jeffara tunisienne

Cette région se compose de trois sous-régions :

- **Les oasis de Gabès**

Cette région se caractérise par une baisse sensible de la nappe et une salinisation croissante des eaux et des sols. La demande en eau, en forte croissance suite à une intensification des cultures, dépasse largement l'offre disponible.

- **Région d'El Abbabsa (située en amont de la GP1)**

Cette région, qui est en plein essor, dispose encore d'une ressource suffisante malgré une demande en eau croissante.

- **Région de la Jeffara maritime (située entre la mer et la GP1)**

Cette partie de la Jeffara souffre de problèmes aigus de salinisation aussi bien de l'eau que du sol, ce qui remet en question la durabilité d'une agriculture fragile. En effet, les conflits d'usage de la ressource de plus en plus salée (eau de surface de 3 à 8 g/l, eau souterraine de 5 à 6 g/l) sont déjà assez nombreux.

III. 3. Choix final des régions à retenir par l'enquête socio-économique et environnementale

Lors de la réunion du 14 mars 2011 à l'Institut des régions arides de Médenine, la liste des régions ainsi que la taille de l'échantillon dans chaque gouvernorat ont été établies. Elles sont détaillées dans le tableau 1.

Gouvernorat	Taille de l'échantillon	Base de sondage
Kébili	250	Base liste
Tozeur	150	Base liste
Gabès	150	Sondage aréolaire
Médenine	80	Pas de liste
Tataouine	120	Pas de liste
Total	750	

Tableau 1. Répartition de l'échantillon tunisien selon les 5 gouvernorats retenus.



CONSTRUCTION DES ÉCHANTILLONS D'EXPLOITANTS À ENQUÊTER

33

CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON ALGÉRIEN

- 33 Répartition de l'échantillon algérien entre les grandes régions retenues et construction des zones homogènes
- 34 Construction des échantillons pour les 5 régions retenues
- 35 Construction de l'échantillon de la wilaya d'El Oued
- 41 Construction de l'échantillon de la wilaya d'Adrar
- 42 Construction de l'échantillon de la wilaya de Ouargla
- 47 Construction de l'échantillon de la wilaya de Ghardaïa
- 47 Construction de l'échantillon de la wilaya de Biskra

52

CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON TUNISIEN

- 52 Introduction
- 53 Répartition de l'échantillon tunisien entre les grandes régions retenues
- 53 Construction de l'échantillon du gouvernorat de Gabès
- 54 Construction de l'échantillon du gouvernorat de Kébili
- 55 Construction de l'échantillon du gouvernorat de Tataouine
- 56 Construction de l'échantillon du gouvernorat de Médenine
- 57 Construction de l'échantillon du gouvernorat de Tozeur

58

CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON LIBYEN

- 58 Répartition des exploitations
- 61 Construction de l'échantillon

I. CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON ALGÉRIEN

La construction de cet échantillon se décline en deux temps :

- répartition de l'échantillon global algérien entre les grandes régions retenues ;
- pour chaque région retenue, construction des zones homogènes sur des critères objectifs déterminés d'avance. Cette étape comporte deux volets :
 - ... choix des critères d'homogénéité ;
 - ... découpage en zones homogènes.

I.1. Répartition de l'échantillon algérien entre les grandes régions retenues et construction des zones homogènes

A- La répartition des 1 600 exploitations environ de l'échantillon global algérien a été faite sur la base de deux critères importants, à savoir :

- la superficie totale irriguée dans la wilaya ;
- le nombre d'exploitants irrigants dans la wilaya.

Le tableau 2 donne les superficies irriguées et le nombre d'exploitants par wilaya. Les pourcentages représentent l'importance par rapport au total de la colonne concernée. Exemple : la superficie irriguée dans la Wilaya d'Adrar représente 11,9 % de la superficie irriguée de la zone SASS algérienne. Dans la dernière colonne, les chiffres entre parenthèses reflètent l'importance de la taille de l'échantillon de la Wilaya concernée par rapport à l'échantillon total algérien.

Wilaya (1)	Superficie irriguée		Exploitations		Répartition de l'échantillon
	(2) En ha	(3) %	(4) Nombre	(5) %	
Adrar	28 228	11,9	27 460	17,0	255 (15,9)
Biskra	98 478	41,5	56 797	35,2	460 (28,7)
Ouargla	29 488	12,4	30 163	18,7	270 (16,8)
El Oued	60 850	25,6	33 451	20,7	400 (24,9)
Ghardaïa	20 441	8,6	13 635	8,4	220 (13,7)
TOTAL	237 485	100	161 506	100	1 605 (100)

Tableau 2. Répartition de l'échantillon algérien entre les wilayas concernées.

B- Construction des zones homogènes

- Choix des critères et découpage en zones homogènes

Le découpage actuel de chaque wilaya (préfecture) en *daira* (sous-préfecture) puis en communes obéit essentiellement à des critères d'ordres politique et administratif. Le découpage de la population d'exploitants agricoles de chaque wilaya en zones homogènes afin de construire l'échantillon représentatif à enquêter sur le terrain doit répondre à des critères de nature hydro-agricole et d'utilisation de la ressource. La démarche a consisté alors à établir ces critères dans un premier temps, puis à passer au découpage en zones homogènes dans un deuxième temps.

- Choix de critères de sélection objectifs

Dans ce contexte, la population entière est la population des exploitants irrigants de la wilaya. Les régions retenues sont les wilayas. Dans chaque région (wilaya), il y a les strates qui sont ici les zones délimitées.

Rappelons aussi que l'objectif principal de la composante socio-économique est d'appréhender deux dimensions essentielles du projet, à savoir :

- le comportement réel de l'irrigant en matière d'utilisation de la ressource en eau de plus en plus rare aussi bien par sa quantité que par sa qualité ;
- l'ingéniosité qu'il développe pour s'adapter à la nouvelle réalité.

Afin de parvenir à saisir ce comportement, il a fallu expliciter les caractéristiques suivantes :

- la nature de la source d'irrigation utilisée. À titre d'exemple : les puits, les forages, les barrages, les foggaras, les Ghout, etc. ;
- le type de culture principale pratiquée : cultures permanentes (palmiers, oliviers, autres plantations arboricoles), cultures herbacées (céréales, fourrages), cultures maraîchères, cultures industrielles, etc. ;
- le statut juridique de l'exploitation : en Algérie, il existe une panoplie de statuts juridiques des exploitations agricoles.

I.2. Construction des échantillons pour les 5 régions retenues

La construction, pour chacune des cinq wilayas retenues, de zones homogènes appropriées a été possible grâce à l'information statistique de base obtenue avec l'aide précieuse des chefs de service des DSA des wilayas concernées et surtout à l'effort soutenu du directeur de l'ANRH de Ouargla.

L'idéal aurait été de disposer de statistiques fiables, homogènes et surtout comparables pour toutes les wilayas retenues. Malheureusement, il a été impossible d'y parvenir malgré les efforts déployés aussi bien par le consultant régional que par le coordinateur du projet. Il

a fallu donc travailler avec les statistiques disponibles pour chaque wilaya. Pour les wilayas les plus importantes (Biskra, El Oued et Ouargla), qui représentent à elles seules plus de 70 % de l'ensemble des irrigants du SASS algérien, les statistiques collectées étaient assez riches et relativement homogènes.

Mais il n'a pas été possible de construire les échantillons des wilayas d'Adrar et de Ghardaïa selon la même démarche.

2.1. Construction de l'échantillon de la wilaya d'El Oued

Découpage de la région d'El Oued en zones homogènes

La région d'El Oued a été décomposée en 9 zones homogènes selon les trois critères suivants :

- la nature du sol ;
- la source d'eau d'irrigation utilisée ;
- les cultures principales pratiquées.

Zone	Commune	Nature du sol	Source d'eau	Cultures principales
Zone 1 Souf Sud	El-Oued - Kouinine - Mih Ouensa - Oued Alenda - Robbah - Nakhla - Oglâ - Bayada - Ouarmes	Sabloneux	*nappe phréatique *Puits (60m) + Ghott	Phœnicuculture Cult. mar. (surtout pomme de terre - PDT) Oliviers
Zone 2 Souf Nord Est	Debila - Hassani Abdelkrim - Hassi Khalifa - Trifaoui - Magrene - Sidi Aoun - Guemar - Taghzouf - Reguiba	Sable Gypseux	*nappe phréatique *Puits (60m) + Ghott	Phœnicuculture Cult. mar. (surtout PDT) Cult. ind. (Arachides - Tabacs) Oliviers - Arb. fruitiers
Zone 3 Frontière 01	Ben Ghecha	Argilo - Sabloneux - Limoneux	*Nappe phréatique (120 m)	Phœnicuculture Oliviers Céréales
Zone 4 Frontière 02	Taleb Larbi Douar El-maa	Sabloneux	*Complexe terminal	Phœnicuculture Oliviers
Zone 5 Chott Melghir	Hamraia - Still - Oum Tiour	Limoneux - Argilo - Gypseux saline	*Nappe phréatique (120 m) *Complexe terminal	Phœnicuculture
Zone 6 Djamaa	Djamaa - Tendia - Sidi Amrane	Limoneux - Argilo - Gypseux	*Complexe terminal *Cl	Phœnicuculture
Zone 7 El-Meghaier	El Meghaier - Sidi Khalil	limoneux - Argilo - Gypseux	*N. Phréati, (120m)	Phœnicuculture
Zone 8 M'arara	M'arara	Argilo - Sabloneux - d'origine alivioneux	*Cl	Phœnicuculture Cult. mar. (surtout sous serre)
Zone 9 Barghagela	Barghageia	Argilo - Sabloneux	*Nappe phréatique (120 m) *Complexe terminal	Phœnicuculture Cultures maraîchères Céréales

Tableau 3. Découpages de la région d'El Oued en zones homogènes.

Répartition selon la taille des exploitations

Pour chacune des 9 zones, le nombre d'exploitations à retenir a été calculé selon les tailles suivantes :

- les exploitations de taille très réduite ayant une superficie inférieure à 0,5 hectare ;
- les exploitations de taille réduite ayant une superficie entre 0,5 et 1 hectare ;
- les exploitations de taille moyenne ayant une superficie entre 1 et 5 ha ;
- les exploitations de grande taille ayant une superficie entre 5 et 20 ha ;
- les exploitations de très grande taille ayant une superficie supérieure à 20 ha.

Le tableau 4 montre le nombre d'exploitations par zone et par taille. A titre simplement illustratif, 4 951 exploitations dans la zone 1 ont une superficie inférieure à 0,5 hectare.

Le tableau 5 illustre la répartition de l'échantillon d'exploitations à enquêter sur le terrain selon le critère du nombre d'exploitations irriguées. Prenons l'exemple suivant pour mieux expliquer la procédure : dans l'échantillon de la wilaya d'El Oued, qui comprend au total 400 exploitations, 58 exploitations de taille inférieure à 0,5 ha ont été sélectionnées dans la zone 1, ce qui représente environ 69,1 % de l'ensemble des exploitations de la zone.

Le chiffre 58 est obtenu ainsi :

- dans la zone 1 illustrée par la ligne 1 du tableau 4, nous avons retenu 4 951 exploitations ayant une superficie \leq à 0,5 ha sur un ensemble de 7 168 exploitations. Un simple calcul nous donne donc $4\,951 / 7\,168 = 0,691$;
- à partir de la ligne 1 du tableau 5, nous avons $85 \times 0,691 = 58$.

Répartition selon la source d'eau d'irrigation

Le tableau 6 donne le nombre d'exploitations par zone selon le critère de la source d'eau. Trois principales sources d'eau d'irrigation ont été retenues dans la wilaya d'El Oued, à savoir :

- l'irrigation par puits à partir de la nappe phréatique qui représente à elle seule environ 2/3 du total de la superficie irriguée dans la wilaya, avec plus de 37 266 hectares sur un total de 60 850 ha ;
- l'irrigation par forages à partir du CI et du CT ;
- l'irrigation selon la technique du *Ghout*. Cette technique, bien qu'elle ne concerne que 3,7 % du total de la superficie irriguée avec uniquement 2 225 ha, est d'une grande importance dans la région et représente un patrimoine aussi bien culturel qu'historique, à préserver pour son originalité et son unicité dans le monde.

Le tableau 7 donne la répartition de l'échantillon sélectionné pour l'enquête selon le critère de la source en eau. Prenons un exemple à titre illustratif : dans la zone 1, sur les 85

Zones	< 0,5 ha	0,5 à 1 ha	1 à 5 ha	5 à 20 ha	> 20 ha	Total	%	Taille éch.
Zone 1	4 951	428	1 612	165	12	7 168	21,4	85
Zone 2	3 502	2 469	4 627	1 103	20	11 721	35,0	130
Zone 3	394	10	25	107	115	651	1,9	10
Zone 4	953	382	191	45	01	1 572	4,7	20
Zone 5	453	790	755	47	03	2 048	6,1	25
Zone 6	1 304	1 777	3 102	311	841	6 535	19,5	75
Zone 7	410	593	1 680	284	08	2 975	8,9	35
Zone 8	50	187	321	01	0	559	1,7	10
Zone 9	16	66	122	18	0	222	0,7	10
Total	12 033	6 702	12 435	2 081	200	33 451	100	400
%	(36,0)	(20,0)	(37,2)	(6,2)	(0,6)	(100)		

Tableau 4. Répartition des exploitations selon le critère de la taille des superficies irriguées.

Zones	< 0,5 ha et %	0,5 à 1 ha	1 à 5 ha	5 à 20 ha	> 20 ha	Nb Expl./ zone	%	Taille éch.
Zone 1	58 (69,1)*	5 (6,0)	19 (22,5)	2 (2,3)	1 (0,2)	7 168	21,4	85 (100)
Zone 2	39 (29,9)	27 (21,1)	51 (39,5)	12 (9,4)	1 (0,2)	11 721	35,0	130 (100)
Zone 3	6 (60,5)	0 (1,5)	0 (3,8)	2 (16,4)	2 (17,7)	651	1,9	10
Zone 4	12 (60,1)	5 (24,3)	2 (12,2)	1 (2,9)	0 (0,0)	1 572	4,7	20
Zone 5	6 (22,1)	9 (38,6)	9 (36,9)	1 (0,2)	0 (0,0)	2 048	6,1	25
Zone 6	15 (20,0)	20 (27,2)	35 (47,5)	4 (4,8)	1 (0,6)	6 535	19,5	75
Zone 7	5 (13,8)	7 (19,9)	20 (56,5)	3 (9,5)	0 (0,3)	2 975	8,9	35
Zone 8	1 (8,9)	3 (33,4)	6 (57,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	559	1,7	10
Zone 9	1 (7,2)	3 (29,7)	5 (55,0)	1 (8,1)	0	222	0,7	10
Total	143	79	147	26	5	33 451	100	400
%	(36,0)	(20,0)	(37,2)	(6,2)	(0,6)	(100)		

* Les chiffres entre parenthèses représentent le % d'exploitations de la zone considérée ayant la superficie indiquée.

Tableau 5. Répartition de l'échantillon selon le critère du nombre d'exploitations irriguées.

Zone	Forages		Puits		Ghout		Total	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Zone 1	255	3,2	6 367	80	1 379	17	8 001	13,1
Zone 2	600	3,0	21 869	94,6	586	2,5	23 115	38,0
Zone 3	288	5,6	4 817	93,0	74	1,4	5 179	8,5
Zone 4	413	36,5	533	47,1	186	16,4	1 135	1,9
Zone 5	1 338	45,9	1 579	54,1	0	0	2 917	4,8
Zone 6	12 080	100	09	0	0	0	12 086	19,8
Zone 7	5 608	77,8	1 604	22,2	0	0	7 212	11,9
Zone 8	683	100	0	0	0	0	683	1,1
Zone 9	34	6,5	492	93,5	0	0	526	1,0
Total	21 359	35,1	37 266	61,2	2 225	3,7	60 850	100

Tableau 6. Superficie irriguée et répartition selon les sources d'eau d'irrigation dans la zone d'El Oued.

Zone	Forages		Puits		Ghouts		Total	
	Nombre	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Zone 1	3	3,2	68	80	14	17	85	13,1
Zone 2	4	3,0	122	94,6	4	2,5	130	38,0
Zone 3	1	5,6	8	93,0	1	1,4	10	8,5
Zone 4	7	36,5	9	47,1	4	16,4	20	1,9
Zone 5	11	45,9	14	54,1	0	0	25	4,8
Zone 6	74	100	1	0	0	0	75	9,8
Zone 7	27	77,8	8	22,2	0	0	35	11,9
Zone 8	10	100	0	0	0	0	10	1,1
Zone 9	1	6,5	9	93,5	0	0	10	1,0
Total	138	35,1	239	61,2	23	3,7	400	100

Tableau 7. Répartition de l'échantillon selon les sources d'eau.

exploitations enquêtées, 3 (3 %) sont alimentées en eau par des forages, 68 (80 %) par des puits et 14 (17 %) par le système de *Ghout*.

Répartition selon le statut juridique

Le tableau 8 donne le nombre et le pourcentage des exploitations par zone selon le statut juridique. Les statuts juridiques les plus importants, qui représentent 97,4 % de l'ensemble des exploitations, qui ont été retenus sont :

Zones	EAC privé		APFA		EAC+EAI		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nb. Exploitat.	% inclus
Zone1	5 815	83,5	1 147	16,5	01	0,0	6 963	97
Zone 2	7 305	63,7	3 771	32,9	393	3,4	11 469	98
Zone 3	0	0	651	100	0	0	651	100
Zone 4	0	0	1 445	100	0	0	1 445	92
Zone 5	861	44,7	794	41,2	273	14,1	1 928	94
Zone 6	4 113	64,4	1 289	20,2	984	15,4	6 383	98
Zone 7	1 790	60,7	591	20,0	570	19,3	2 951	99
Zone 8	0	0	224	40,1	335	59,9	559	100
Zone 9	0	0	222	100	0	0	222	100
Total	19 884	61,0	10 134	31,1	2 556	7,9	32 574	97,4

Tableau 8. Répartition des exploitations selon le critère du statut juridique des exploitations.

Zones	EAC privé		APFA		EAC+EAI		Nb. Exploitat. de l'échan.
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	
Zone1	70	83,5	14	16,5	01	0,0	85
Zone 2	82	63,7	43	32,9	5	3,4	130
Zone 3	0	0	10	100	0	0	10
Zone 4	0	0	20	100	0	0	20
Zone 5	11	44,7	10	41,2	4	14,1	25
Zone 6	48	64,4	15	20,2	12	15,4	75
Zone 7	21	60,7	7	20,0	7	19,3	35
Zone 8	0	0	4	40,1	6	59,9	10
Zone 9	0	0	10	100	0	0	10
Total	232	61,0	133	31,1	35	7,9	400

Tableau 9. Répartition de l'échantillon selon le critère du statut juridique des exploitations.

- l'exploitation agricole collective (EAC) privé ;
- l'Accession à la propriété foncière agricole (APFA) ;
- l'EAC+ exploitation agricole individuelle (EAI).

Le tableau 9 donne le nombre d'exploitants à intégrer dans l'échantillon total de la région par zone et selon le statut juridique retenu. Il faut par exemple intégrer dans l'échantillon global de la région 70 exploitants de la zone 1 ayant le statut juridique de EAC privé.

Répartition selon le type de culture pratiquée

Le tableau 10 donne la répartition des exploitations selon le type de culture pratiquée. Deux catégories principales sont retenues :

- les cultures permanentes qui comprennent essentiellement :
 - ... les palmiers,
 - ... les oliviers,
 - ... autres arbres fruitiers ;
- les cultures herbacées qui comprennent essentiellement :
 - ... les céréales,
 - ... les fourrages,
 - ... les cultures maraîchères
 - ... les cultures industrielles.

Cultures permanentes (Arboriculture)			Cultures herbacées		
Types	superficie	%	Types	superficie	%
Palmiers	35 700	58,7	Céréales	3 635	6,0
Oliviers	2 913	4,8	Fourrages	1 154	1,9
Divers	633	1,04	Cult. Mar.	15 025	24,7
			Cult. Ind.	1 790	3,4
Total	39 246	64,5	Tot.	21 604	35,5
Total général				60 850 ha (100)	

Tableau 10. Répartition des superficies irriguées selon le type de culture.

Cultures permanentes (Arbo)			Cultures herbacées		
Types	Nbr. exploitants	%	Types	Nbr. exploitants	%
Palmiers	235	58,7	Céréales	24	6,0
Oliviers	19	4,8	Fourrages	08	1,9
Divers	04	1,04	Cult. Mar	99	24,7
			Cult. Ind.	13	3,4
Total	258	64,5	Total	142	35,5
Taille totale de l'échantillon				400	

Tableau 11. Répartition de l'échantillon selon le critère du type de cultures.

Le tableau 11 illustre la répartition de l'échantillon de la région d'El Oued selon le critère des cultures pratiquées. A titre d'exemple, il faudrait que l'échantillon global comprenne 235 exploitations qui pratiquent essentiellement la culture du palmier dattier.

2.2. Construction de l'échantillon de la wilaya d'Adrar

Découpage de la wilaya d'Adrar en zones homogènes

- Zone 1 : Timimoun, Charouine, Talmine, O. Aissa, O. Said.
- Zone 2 : Aougrou, Metarfa, Deldoul, Tsabit, Sbaa
- Zone 3 : Tinerkouk, Ksar Kadour
- Zone 4 : Adrar, Timi, Bouda, Fenoughil, Tamentit, Tamest.
- Zone 5 : Reggane, ZT Kouta, Inzegmir, Sali

Construction de l'échantillon d'exploitations à enquêter sur le terrain :

- La taille globale de l'échantillon est de 255 exploitations.
- Afin de se prémunir contre l'éventualité de ne pas trouver certains exploitants sur place lors des déplacements, il a été indispensable de construire une liste d'attente d'exploitants de remplacement d'environ une trentaine d'exploitants (10 %) proportionnelle à la taille retenue.
- Comme la problématique des foggaras est capitale pour ce projet, il a fallu tenir compte de ce critère dans le choix des exploitants. La procédure de choix a été la suivante : calculer la proportion des exploitants qui utilisent la foggara comme source principale d'irrigation dans la wilaya et veiller à ce que cette proportion soit respectée. Si cette proportion est de l'ordre de 15 % par exemple, l'échantillon global devra compter 38 ($255 \times 0,15$) exploitations irriguées par foggara à répartir proportionnellement.
- Par zone, veiller à ce que toutes les communes impliquées soient concernées.
- Intégrer dans l'échantillon quelques grandes exploitations qui pratiquent les céréales irriguées par pivots ainsi que quelques grandes exploitations pratiquant les cultures maraîchères sous serres surtout géantes.



Figure 5. Foggara à Timimoun.

Répartition de l'échantillon de la wilaya d'Adrar par zone retenue

Cette wilaya n'avait de statistiques fiables que pour trois critères de sélection (répartition des exploitations par taille, par type d'oasis et selon le statut juridique), et il n'a donc été possible de retenir que ces trois clefs de répartition illustrées par les tableaux 12 et 13.

	Exploitations oasiennes (Palmeraies anciennes)		Exploitations mises en valeur (oasien évolué)			Taille de l'échantillon par zone
	< 0,5 ha	0,5 à 1 ha	1 à 5 ha	5 à 20 ha	> 20 ha	
Zone 1	42	4	14	0	0	60
Zone 2	27	5	10	0	3	45
Zone 3	29	2	4	0	0	35
Zone 4	30	16	11	5	3	65
Zone 5	31	6	6	2	5	50
Total	159	33	45	7	11	255

Tableau 12. Nombre d'exploitations par zone, par taille et selon le type d'oasis de l'échantillon à enquêter.

	Taille de l'échantillon	Nombre d'exploitations en zone d'irrigation individuelle	Nombre d'exploitations dans les périmètres collectifs
Zone 1	60	31	29
Zone 2	45	27	18
Zone 3	35	25	10
Zone 4	65	24	41
Zone 5	50	9	41
Total	255	116	139

Tableau 13. Répartition de l'échantillon selon le critère juridique.

2.3. Construction de l'échantillon de la wilaya de Ouargla

La construction de l'échantillon doit respecter scrupuleusement les critères suivants :

Répartition selon la taille des exploitations

Pour chacune des 5 zones retenues, le nombre d'exploitations a été calculé selon les tailles suivantes :

- les exploitations hors sol ;

- les exploitations de taille réduite ayant une superficie entre 0,5 et 1 hectare ;
- les exploitations de taille moyenne ayant une superficie entre 1 et 5 ha ;
- les exploitations de grande taille ayant une superficie entre 5 et 20 ha ;
- les exploitations de très grande taille ayant une superficie supérieure à 20 ha.

Le tableau 14 montre le nombre d'exploitations par zone et par taille. A titre simplement illustratif, 5 748 exploitations dans la zone 1 ont une superficie inférieure à un hectare.

Le tableau 15 illustre la répartition par zone et par tranche de taille que l'échantillon d'exploitations à enquêter sur le terrain doit respecter. A titre d'exemple, dans l'échantillon de la wilaya de Ouargla qui comprend 276 exploitations au total, 50 exploitations de taille inférieure à 1 ha dans la zone 1, représente environ 62,3 % de l'ensemble des exploitations de la zone.

Zones	Hors Sol	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> à 20	Tot.	%	Taille de l'échan.
Zone 1	269 (2,9)	5 748 (62,3)	3 048 (33,1)	125 (1,4)	30 (0,3)	9 220	32,3	89
Zone 2	154 (2,9)	3 283 (62,3)	1 748 (33,2)	72 (1,4)	15 (0,3)	5 272	18,3	50
Zone 3	146 (2,9)	3 166 (62,3)	1 706 (33,2)	69 (1,4)	17 (0,3)	5 104	17,7	49
Zone 4	196 (2,9)	4 135 (62,3)	2181 (33,0)	92 (1,4)	21 (0,3)	6 625	23,0	63
Zone 5	76 (2,9)	1 629 (62,2)	867 (33,1)	36 (1,4)	09 (0,3)	2617	9,1	25
Total	841	17 961	9 550	394	92	28 838	100	276
%	2,9	62,3	33,1	1,4	0,3		100	

Tableau 15. Répartition des exploitations selon le critère taille.

Zones	Hors Sol	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 2 0	%	Taille de l'échan.
Zone 1	04	50	29	03	0,3	32,2	89
Zone 2	0,3	27	16	02	02	18,1	50
Zone 3	03	26	16	02	02	17,8	49
Zone 4	03	35	21	02	02	22,8	63
Zone 5	02	13	08	01	01	9,1	25
Tot.	15	151	90	10	10	100,0	276
%	5,4	54,8	32,6	3,6	3,6	100,0	100

Tableau 14. Répartition de l'échantillon selon le critère du nombre d'exploitations irriguées.

Répartition selon le critère de la technique d'irrigation

Le tableau 16 donne le nombre d'exploitations par zone selon le critère de la source d'eau. Trois techniques d'irrigation ont été retenues dans la wilaya de Ouargla, à savoir :

- l'irrigation classique, selon la technique du gravitaire, qui représente à elle seule environ les 4/5 du total de la superficie irriguée dans la wilaya avec plus de 16 505 hectares sur un total de 18 977 ha, soit 87 % du total ;
- l'irrigation selon la technique du goutte à goutte qui représente 10 % du total ;
- l'irrigation selon la technique de l'aspersion qui ne représente que 3 % du total.

Le tableau 17 donne le nombre d'exploitants à intégrer dans l'échantillon total de la région par zone et selon la technique d'irrigation. Il faut par exemple intégrer dans l'échantillon global de la région, 78 exploitants de la zone 1 qui recourent encore à la technique d'irrigation par gravité.

Répartition selon le critère du statut juridique

Le tableau 18 donne le nombre et le pourcentage d'exploitations par zone selon le critère de leur statut juridique. Dans la wilaya de Ouargla, il n'y a que deux types de statut, à savoir :

- EAC privé,
- APFA.

Le tableau 19 donne la répartition de l'échantillon pour les 5 zones de la wilaya de Ouargla selon le critère du statut juridique des exploitations. Dans cet échantillon, il faudrait tirer, par exemple, 64 exploitations dans la zone 1 ayant le statut juridique de type EAC Privée.

Répartition selon le critère du type de culture pratiquée

Zone	Gravitaire	Goutte à goutte	Aspersion	Tot (ha)	% du total de la zone
Zone 1	5 463	1 268	360	7 091	37,4
Zone 2	1 360	332	130	1 822	9,6
Zone 3	4 394	97	0	4 491	23,7
Zone 4	4 994	173,4	0.	5 167,4	27,2
Zone 5	294	22	90	406	2,1
Tot.	16 505	1 892,4	580	18 977,4	100
%	87	10	3	100	

Tableau 16. Répartition des superficies selon la technique d'irrigation.

Zone	Gravitaire	Goutte à goutte	Aspersion	Total	%
Zone 1	78	17	8	103	37,3
Zone 2	18	5	3	26	9,4
Zone 3	60	5	0	65	23,6
Zone 4	70	5	0	75	27,2
Zone 5	4	1	2	7	2,5
Total	230	33	13	276	100
%	83,3	12	4,7	100	

Tableau 17. Répartition de l'échantillon selon technique d'irrigation du gravitaire.

Zones	EAC Privée	APFA	Total	%	Taille de l'échan.
Zone 1	8 821 (93,2)	642 (6,8)	9 463	33,1	91
Zone 2	2 528 (99,)	02	2 530	8,8	24
Zone 3	5 401 (98,8)	62	5 463	19,1	53
Zone 4	9 112 (94,4)	534	9 646	33,7	93
Zone 5	1 528	0	1 528	5,3	15
Tot.	27 390	1 240	28 630	100	276
%	95,7	4,3	100		

Tableau 18. Répartition des exploitations selon le statut juridique.

Zones	EAC privée	APFA	%	Taille de l'échan.
Zone 1	84	7	33,1	91
Zone 2	23	1	8,8	24
Zone 3	50	03	19,1	53
Zone 4	87	06	33,7	93
Zone 5	15	0	5,3	15
Tot.	259	17	100	276
%	95,7	4,3	100	

Tableau 19. Répartition de l'échantillon selon le statut juridique.

Le tableau 20 illustre la répartition des superficies irriguées en hectares selon le critère des cultures principales. Trois types de culture ont été retenus, à savoir :

- cultures herbacées ;
- cultures fruitières ;
- cultures maraîchères.

Le tableau 21 illustre la répartition de l'échantillon de la région de Ouargla selon le critère des cultures pratiquées. A titre d'exemple, il faudrait que l'échantillon global comporte 57 exploitations qui pratiquent essentiellement les cultures herbacées dans la zone 1.

Zones	Cultures herbacées	Cultures fruitières	Cultures maraîchères	Tot. (ha)	%	Taille de l'échant.
Zone 1	7 283 (50,)	6 904 (47,3)	87 (0,7)	14 590	41,9	115
Zone 2	1 900 (52,)	1 660 (45,5)	92 (2,5)	3 652	10,5	29
Zone 3	1 823 (36,3)	3 197 (63,7)	0	5 020	14,4	40
Zone 4	4 077 (38,5)	6 506 (61,5)	0	10 583	30,4	84
Zone 5	313 (32,7)	330 (34,5)	313 (32,7)	956	2,7	08
Tot.	15 396	18 597	492	34 801	100	276
%	44,6	53,9	1,4	100		

Tableau 20. Répartition des superficies irriguées selon le critère des cultures principales (ha).

Zones	Cultures herbacées	Cultures fruitières	Cultures maraîchères	%	Taille de l'échant.
Zone 1	57	54	4	41,7	115
Zone 2	15	13	1	10,5	29
Zone 3	15	25	0	14,5	40
Zone 4	32	52	0	30,4	84
Zone 5	02	03	03	3,0	08
Tot.	121	147	08	100,1	276
%	43,9	53,3	2,9		

Tableau 21. Répartition de l'échantillon selon le critère de cultures principales (ha).

2.4. Construction de l'échantillon de la wilaya de Ghardaïa

Pour la wilaya de Ghardaïa aussi, il n'y avait de statistiques fiables que pour trois critères de sélection (répartition des exploitations par taille, par type d'oasis et selon le type de plantation), et il a donc fallu ne retenir que les trois clefs de répartition suivantes, illustrées par les tableaux 22 et 23, à savoir :

- répartition selon la taille des exploitations ;
- répartition selon le type d'oasis ;
- répartition selon le type de plantation (arboriculture ou terres nues).

	Exploitations oasiennes (Palmeraies anciennes)		Exploitations mises en valeur (Oasien évolué)			Taille de l'échantillon par zone
	< 0,5 ha	0,5 à 1 ha	1 à 5 ha	5 à 20 ha	> 20 ha	
Zone 1	14	8	20	5	3	50
Zone 2	12	7	14	5	3	42
Zone 3	24	8	20	3	3	58
Zone 4	2	5	18	3	3	31
Zone 5	11	7	17	4	1	40
Total	63	35	91	20	13	220

Tableau 22. Nombre d'exploitations par zone, par taille et selon le type d'oasis de l'échantillon à enquêter.

	Terres nues	Terres plantées en arboriculture	Total
Zone 1 :	16	34	50
Zone 2	09	32	41
Zone 3	11	47	58
Zone 4	14	17	31
Zone 5	11	29	40
Total	61	159	220

Tableau 23. Répartition de l'échantillon selon le critère des plantations.

2.5. Construction de l'échantillon de la wilaya de Biskra

Pour cette wilaya, très importante pour le projet comme celle d'El Oued, de riches données statistiques étaient disponibles, ce qui a permis de retenir plusieurs critères pour construire un échantillon vraiment représentatif de la population globale des irrigants.

Découpage en zones homogènes

La wilaya de Biskra a été découpée en 10 zones homogènes comme suit :

Zone	Cultures principales
Zone1 : (Steppique) Ras El Miad, Besbes, Ech Chabia	Élevage, phoeniculture Cult. maraîchères
Zone 2 : Sidi Khaled, Ouled Djellal	Phoeniculture, cult. maraîchères Céréales, cult. industrielles
Zone 3 : Doucen, El Ghrous	Phoeniculture (DN) Cult. sous serres Céréales, élevage (bovins)
Zone 4 : Piémont Nord El Kantara, Ain Zaatout, Djemorah, Mchouneche	Phoeniculture (variétés normales) Arbo (oliviers), apiculture
Zone 5 : Tolga, Lichana, Foughala, Borj B. Azzouz	Phoeniculture (Deglet Nour) Cult. maraîchères
Zone 6 : Biskra El Hadjab	Phoeniculture Cult. maraîchères
Zone 7 : Lioua, Mekhadma, Ourlal, Mlili, Oumache, Bouchagroun	Phoeniculture Cult. maraîchères Elevage bovins
Zone 8 : Plaine d'El Outaya	Céréales, élevage Phoeniculture Cult. maraîchères
Zone 8 Bis : El Feidh, El Haouch	Céréales, élevage Phoeniculture Cult. maraîchères
Zone 9 : Chemta, sidi Okba	Cult. maraîchères (sous serres) Phoeniculture Céréales
Zone 10 : Ain Naga, Mziraa, Khanget Sidi nadji, Zribet El Oued	Cult. maraîchères Céréales, phoeniculture Elevage, cult. industrielles

La construction de l'échantillon d'exploitations à enquêter sur le terrain a été faite sur la base de 3 critères :

Critère 1 : taille des exploitations

Le tableau 24 indique le nombre d'exploitations à considérer dans l'échantillon global par zone et par taille. A titre d'exemple, il faudrait prendre pour la zone 1, qui comprend les communes de Ras el Miad, Besbes, et El Chabia, 13 exploitations ayant une taille de 1 à 5 ha.

1 905 exploitations sont sans superficie sur 24 860 exploitations irriguées (tableau 25), ce qui donne 7,7 % du total. C'est pourquoi il faut prendre dans l'échantillon, 37 exploitations sans terre ($37/465 = 7,9\%$).

Zones	< 0,5 ha	0.5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 20	Total	%	Sans Super	% (sans sup.)
Zone 1	3	10	1 761 (68,4)	752 (29)	47 (1,8)	2 573	4,7	1 509	79,2
Zone 2	351 (9,1)	1 007 (26,0)	1 952 (50,1)	524 (13,5)	19	3 853	7,	80	4,2
Zone 3	47 (0,9)	353 (6,9)	2 947 (58,)	1 652 (32,5)	80 (1,6)	5 079	9,3	11	0,6
Zone 4	1 141 (28,)	1 254 (31)	980 (24,2)	662 (16,3)	13 (0,3)	4 050	7,4	34	1,8
Zone 5	748 (7,8)	3 249 (33,9)	5 144 (53,9)	406 (4,2)	30	9 577	17,4	20	1,
Zone 6	265 (5,6)	683 (14,4)	3 094 (65,2)	686 (14,4)	20	4 748	8,6	24	1,3
Zone 7	761 (6,6)	2 372 (20,6)	6 143 (53,4)	2 138 (18,6)	85 (0,7)	11 499	20,9	31	1,6
Zone 8	628 (17,9)	223 (6,4)	1 313 (37,4)	1 210 (34,6)	133	3 507	6,4	01	0,
Zone 8bis	13 (0,4)	162 (5,5)	466 (16,)	1 882 (64,8)	382 (13,1)	2 905	5,3	37	1,9
Zone 9	5 (0,2)	194 (6,6)	1 195 (40,7)	1 446 (49,3)	95 (3,2)	2 935	5,4	143	7,5
Zone 10	145 (3,5)	231 (5,5)	342 (8,2)	2 752 (66,)	696 (16,7)	4 166	7,6	15	0,8
Total	4 107 (7,5)	9 738 (17,7)	25 337 (46,2)	14 110 (25,7)	1 600 (2,9)	54 892	100	1 905	100

Tableau 24. Répartition selon la taille des exploitations.

Zones	< 0,5 ha	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 20	Ech. avec superf.	%	Ech. sans superf.	Ech. global
Zone 1	1	1	13	5	2	22	5,1	26	48
Zone 2	4	8	13	5	1	31	7,2	2	33
Zone 3	1	3	21	12	2	39	9,1	1	40
Zone 4	8	9	7	5	2	31	7,2	1	32
Zone 5	6	24	38	4	2	74	17,3	1	75
Zone 6	3	6	21	6	1	37	8,6	1	38
Zone 7	6	18	45	16	3	88	20,6	1	89
Zone 8	5	2	9	9	3	28	6,5	0	28
Zone 8bis	1	2	4	13	3	23	5,4	1	24
Zone 9	1	3	8	9	2	23	5,4	2	25
Zone 10	2	3	4	17	6	32	7,5	1	33
Total	38	79	183	101	27	428	100	37	465

Tableau 25. Répartition de l'échantillon selon le critère de la taille des exploitations.

Critère 2 : statut juridique des exploitations

Le tableau 26 indique la répartition de l'échantillon selon le statut juridique. A titre d'exemple, il faut prendre dans l'échantillon global 15 exploitations dans la zone 1 ayant le statut privé.

Le tableau 27, la répartition des exploitations selon le statut juridique.

Critère 3 : source d'eau

Le tableau 28 indique la répartition de l'échantillon selon le critère de la source d'eau. A titre d'exemple, il faut prendre dans l'échantillon global 43 exploitations dans la zone 1 ayant comme source d'irrigation les forages. Le tableau 29 indique la répartition des exploitations.

Zone	Privée	Public	APFA	Autres	Echant.
Zone 1	15	14	13	6	48
Zone 2	7	17	7	2	33
Zone 3	27	4	7	2	40
Zone 4	23	4	2	3	32
Zone 5	30	28	15	2	75
Zone 6	19	14	4	1	38
Zone 7	39	30	16	4	89
Zone 8	8	14	4	2	28
Zone 8bis	5	13	5	1	24
Zone 9	11	9	3	2	25
Zone 10	2	18	12	1	33
Total	186	165	88	26	465

Tableau 26. Répartition de l'échantillon selon le critère du statut juridique des exploitations.

Zone	Privée	Public	APFA	Autres	Total	Echant.
Zone 1	2 978 (32,3)	2 794 (30,3)	2 510 (27,2)	942 (10,2)	9 224	48
Zone 2	1 406 (22,6)	3 174 (51)	1 285 (20,6)	358 (5,8)	6 226	33
Zone 3	11 450 (70)	1 543 (9,4)	2 689 (16,4)	755 (4,6)	16 437	40
Zone 4	3 705 (73)	637 (12,5)	299 (5,9)	435 (8,6)	5 076	32
Zone 5	3 544 (39,8)	3 379 (38)	1 869 (21)	110 (1,2)	8 902	75
Zone 6	3 542 (51,3)	2 538 (36,7)	742 (10,7)	85 (1,2)	6 907	38
Zone 7	10 026 (43,6)	7 933 (34,5)	4 009 (17,4)	1028 (4,5)	22 996	89
Zone 8	4 647 (27,2)	8 826 (51,7)	2 642 (15,5)	962 (5,6)	17 077	28
Zone 8bis	6 889 (23,3)	16 646 (56,3)	5 671 (19,2)	340 (1,2)	29 546	24
Zone 9	6 571 (42,7)	5 571 (36,2)	2 101 (13,7)	1 140 (7,4)	15 383	25
Zone 10	1 775 (3,7)	27 287 (57,2)	18 052 (37,8)	590 (1,2)	47 704	33
Total	56 334	80 327	41 869	6 743	185 473	465

Tableau 27. Répartition des exploitations selon le statut juridique.

	Ressources superficielles			Ressources souterraines			Total
	Barrages et retenues collinaires	Prise au fil de l'eau	Epanchages des crues	Forages	Puits	Sources	
Zone 1	0	0	0	43	5	0	48
Zone 2	0	0	0	28	5	0	43
Zone 3	0	0	0	36	4	0	40
Zone 4	0	0	0	29	2	1	32
Zone 5	0	0	0	55	20	0	75
Zone 6	0	0	0	22	16	0	38
Zone 7	0	0	0	58	31	0	89
Zone 8	9	12	0	5	1	1	28
Zone 8bis	0	0	0	24	0	0	24
Zone 9	11	0	0	14		0	25
Zone 10	0	3	0	30	0	0	33
Tot.	20	15	0	344	84	2	465

Tableau 28. Répartition de l'échantillon selon le critère de la source d'eau.

	Ressources superficielles			Ressources souterraines			Total
	Barrages et retenues collinaires	Prise au fil de l'eau	Epandages des crues	Forages	Puits	Sources	
Zone 1	0	0	0	2 166 (90)	237 (10)	0	2 363
Zone 2	0	0	0	4 213 (83,8)	816 (16,2)	0	5 029
Zone 3	0	0	0	9 480 (90,8)	955 (9,2)	0	10 435
Zone 4	0	0	0	2 659 (95,2)	126 (4,8)	8	2 793
Zone 5	0	0	0	6 288 (74,2)	2 185 (25,8)	0	8 473
Zone 6	0	0	0	2 936 (58,6)	2 070 (41,4)	0	5 006
Zone 7	0	0	0	10 543 (65)	5 664 (35)	0	16 207
Zone 8	1 500 (32,2)	2 120 (45,6)	0	947 (20,4)	75 (1,6)	5 (0)	4 647
Zone 8bis	0	0	0	13 739 (100)	0	0	13 739
Zone 9	2 250 (42,8)	0	0	3 003 (57,2)	0	0	5 253
Zone 10	0	1 580 (6,4)	0	22 956 (93,6)	0	0	24 536
Total	3 750 (3,8)	3 700 (3,8)	0	78 887 (80,1)	12 128 (12,3)	13 (0)	98 478

Tableau 29. Répartition des exploitations selon la source d'eau.

II. CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON TUNISIEN

II.1. Introduction

La construction de l'échantillon tunisien a été beaucoup plus facile pour les raisons suivantes :

- les services statistiques des 5 gouvernorats concernés, à l'exception de celui de Médenine, disposent d'une liste exhaustive actualisée des exploitants agricoles qui utilisent la ressource en eau ;
- les équipes, qui sont chargées de la réalisation de l'enquête sur le terrain, ont déjà une longue expérience dans la construction d'échantillons représentatifs selon les règles de l'art et surtout de conduire des enquêtes d'envergure semblable à celle du projet ;

- les conditions géographiques de la zone SASS tunisienne sont plus favorables (distances réduites, taille des zones choisies plus modestes, etc.), ce qui a rendu la tâche beaucoup plus aisée.

II.2. Répartition de l'échantillon tunisien entre les grandes régions retenues

La répartition des 750 exploitations environ de l'échantillon global tunisien a été faite sur la base de deux critères importants, à savoir :

- la superficie totale irriguée dans la wilaya ;
- le nombre d'exploitants irrigants dans le gouvernorat.

Gouvernorat	Nombre d'exploitants	Superficie irriguée en (ha)	Taille de l'échantillon	Base de sondage
Gabès	21 931	16 461	150	Liste disponible
Kébili	33 046	23 837	250	Liste disponible
Tataouine	2 627	5 393	120	Liste disponible
Médenine	3 453	2 473	80	Liste disponible
Tozeur	8 050	8 363	150	Existence de listes partielles
Total	69 107	56 547	750	

Tableau 30. Répartition de l'échantillon global selon les gouvernorats retenus.

2.1. Construction de l'échantillon du gouvernorat de Gabès

La taille de l'échantillon du gouvernorat de Gabès a été fixée à 150 exploitants. La répartition de ces exploitants par strate a été effectuée, comme l'illustre le tableau suivant, sur la base des superficies de chaque strate.

La stratification

Les strates retenues	Univers de l'enquête		Superficie concernée par l'enquête (ha) (4)	Taux de couverture par l'enquête (4/2)	Taille de l'échantillon (Nb d'exploit. à enquêter)
	Superficie (ha) (2)	Nb d'exploit.			
Oasis	6 978	18 420	5 646	80,9	63
Périmètres publics irrigués (PPI) en dehors des oasis	4 883	2 441	3 498	71,6	44
Périmètres privés irrigués (PIP)	4 600	1 070	4 495	97,7	43
Total	16 461	21 931	13 639	83,0	150

Tableau 31. Taille de l'échantillon des exploitations à enquêter dans le gouvernorat de Gabès.

Choix des exploitants à enquêter

Le choix des exploitants à enquêter sur le terrain par strate est opéré par un tirage à probabilité égale et sans remise sur la base d'une raison « r » calculée de la manière suivante :

$$r = \frac{\textit{effectif total des exploitants}}{\textit{nombre des exploitants de l'échantillon de la strate}}$$

	Effectif total des exploitants	Taille de l'échantillon de la strate	r
Oasis	18 420	63	292*
Périmètres publics irrigués (PPI) en dehors des oasis	2 441	44	55
Périmètres privés irrigués (PIP)	1 070	43	25

* La raison qui est ici 292 est obtenue de la façon suivante : $18\,420/63 = 292$

Tableau 32. Calcul de « r » par strate.

2.2. Construction de l'échantillon du gouvernorat de Kébili

L'échantillon de 250 exploitants a été sélectionné de manière à représenter fidèlement les différents systèmes culturaux pratiqués par l'ensemble des périmètres irrigués oasiens du gouvernorat. Les critères retenus pour la stratification, qui intègrent explicitement l'hétérogénéité de la réalité oasienne, sont le lieu de résidence de l'exploitant, la taille et le type d'oasis.

	Superficie en ha	Nbre d'exploitants		Taille de l'échantillon
		Nombre	%	
Oasis modernes :				
- publiques	5 479	10 649	32	81
- privées	13 896	7 702	23	58
Oasis anciennes	4 471	14 695	45	111
Total	23 846	33 046	100	250

Tableau 33. Répartition de l'échantillon de Kébili selon les critères retenus.

Délégation	Oasis anciennes	Oasis modernes Publiques	Oasis modernes privées
Kébili Sud	26	21	13
Kébili Nord	13	16	6
Souk Lahad	43	2	7
Douz	18	21	26
Faouar	11	21	6
Total par strate	111	81	58
Total Général	250		

Tableau 34. Composition et taille de l'échantillon par strate et par délégation dans la région de Kébili.

2.3. Construction de l'échantillon du gouvernorat de Tataouine

L'échantillon représentatif de l'agriculture irriguée à Tataouine a été construit selon la même logique que ceux des autres gouvernorats (tableaux 35 et 36).

Deux listes ont été ainsi élaborées sur la base de cette méthode de sondage. La première liste de l'échantillon principal comporte 150 exploitants et la deuxième de remplaçants comporte une vingtaine d'exploitants.

	Superficie en ha	Nb d'exploitants		Taille de l'échantillon
		Nombre	%	
Petits et moyens irrigants en intensif				
- privés	2 305	1 137	43	52
- publics	1 875	1 342	51	61
Grands exploitants intensifs				
- privés	951	112	5	28
- publics	262	36	1	9
Total	5 393	2 627	100	150

Tableau 35. Répartition de l'échantillon de Tataouine selon les critères retenus.

Délégation	Effectif
Tataouine Nord	54
Smar	10
Ghomrassen	22
Remada/Dhiba	35
Bir Lahmar	29
Total	150

Tableau 36. Plan de sondage dans le gouvernorat de Tataouine.

2.4. Construction de l'échantillon du gouvernorat de Médenine

Des corrections indispensables à la confection d'un échantillon représentatif dans le gouvernorat de Médenine ont dû être apportées. En effet, la liste exhaustive des exploitants irrigants étant incomplète, il a été nécessaire de recourir à des méthodologies plus appropriées au contexte pour construire l'échantillon selon les règles de l'art.

S'agissant des périmètres irrigués privés, deux cas étaient envisagés :

- **cas de listes exhaustives disponibles des exploitants** : c'est le cas des PIP (forages) et des PIP sur puits de surface pour les délégations de Zarzis et Médenine Sud. Dans ce cas, un choix à probabilité égale et sans remise est adopté. Le nombre d'exploitants à enquêter est respectivement de 5 (6 %) et 30 (37%) comme l'indique le tableau 37.
- **Cas de listes partielles disponibles des exploitants** : c'est le cas des PIP sur puits de surface des autres délégations du gouvernorat (exceptés, Médenine Sud et Zarzis). La méthode de l'échantillonnage adoptée est un sondage à deux degrés :
 - le 1^{er} degré est un sondage stratifié proportionnel ;
 - le 2^e degré est un sondage raisonné selon 2 critères :
 - ▶ la taille de l'exploitation (< 1 ha comprise entre 1 et 2 ha et > 2 ha) ;
 - ▶ le système d'irrigation (PVC, goutte à goutte).

Le nombre des exploitants à enquêter dans cette strate s'élève à 32, répartis selon le critère de la taille d'exploitation de la manière suivante :

- 4 exploitants possèdent une exploitation dont la superficie irrigable ne dépasse pas 1 ha (1 goutte à goutte et 3 PVC) ;
- 8 exploitants possèdent une exploitation dont la superficie irrigable est comprise entre 1 et 2 ha (2 goutte à goutte et 6 PVC) ;
- 21 exploitants possèdent une exploitation dont la superficie irrigable est supérieure à 2 ha (4 goutte à goutte et 17 PVC).

Deux listes ont ainsi été élaborées sur la base de cette méthode de sondage. La première liste de l'échantillon principal comporte 80 exploitants et la deuxième est une liste de remplaçants.

Statut juridique		Taille exploit.	Système d'irrigation	Nb total d'exploitants (A)	Superficie totale (B)	% Superficie totale (C)	Nb d'exploitants à enquêter (D=C*A)	
Périmètres publics irrigués (PPI)*				370	405	16	13	
Périmètres irrigués privés (PIP)	Forages*			66	151	6	5	
	Puits de surface (Zarzis et Médenine Sud)*			907	926	37	30	
	Puits de surface (les autres délégations)**	< 1 ha	PVC	2 110	87	4	3	
			GàG		22	1	1	
		1 à 2 ha	PVC		190	8	6	
			GàG		48	2	2	
		> 2 ha	PVC		515	21	17	
			GàG		129	5	4	
Total					3 453	2 473	100	80

*Existence de listes exhaustives d'exploitants ** Existence de listes partielles d'exploitants

Tableau 37. Composition et taille de l'échantillon dans la région de Médenine.

2.5. Construction de l'échantillon du gouvernorat de Tozeur

L'échantillon de 150 exploitants a été sélectionné de manière à représenter fidèlement les différents systèmes culturaux pratiqués par l'ensemble des périmètres irrigués oasiens du gouvernorat. Les critères retenus pour la stratification, qui intègrent explicitement l'hétérogénéité de la réalité oasienne, sont le lieu de résidence de l'exploitant, la taille et le type d'oasis.

Taille	Exploitants		Superficie	
	nombre	%	ha	%
0 - 1 ha	4 658	57,9	1 700	20,2
1 - 5 ha	3 272	40,6	5 200	61,9
5 - 20 ha	110	1,4	800	9,5
20 ha et plus	10	0,01	700	8,4
Total	8 050	100	8 400	100

Source : Résultats de l'enquête sur les structures des exploitations agricoles 2004-2005.

Tableau 38. Répartition des exploitations agricoles selon la taille.

Zone	Périmètres irrigués publics		Périmètres irrigués privés	
	Superficie	%	Superficie	%
Tozeur	2 610	89,0	322	11,0
Nefta	1 352	83,4	261	16,6
Dgueche	1 923	86,6	298	13,4
Tameghza	457	77,9	130	22,1
Hezoua	746	73,9	264	16,1
Total	7 088	84,8	1 275	15,2

Source : CRDA de Tozeur.

Tableau 39. Périmètres irrigués publics et privés selon les zones retenues.

Zone	Superficie irriguée		Echantillon	
	ha	%	Taille	%
Tozeur	2 932	35,0	46	30,7
Nefta	1 613	19,3	32	21,0
Dgueche	2 221	26,6	35	23,3
Tameghza	587	07,0	15	10,0
Hezoua	1 010	12,1	22	15,0
Total	8 363	100	150	100,0

Tableau 40. Répartition de l'échantillon selon les zones retenues.

III. CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON LIBYEN

La base statistique sur laquelle s'est appuyé le consultant régional afin de confectionner l'échantillon représentatif d'exploitations à enquêter sur le terrain est le Recensement agricole de l'année 2007, réalisé par l'Autorité générale de l'information. Durant la réunion qui a lieu à Tripoli le 29 janvier 2012, avec l'équipe libyenne chargée de la réalisation sur le terrain de l'enquête, il a été décidé d'un commun accord de restreindre la première campagne à la région de la Jeffara. La Zone centrale ainsi que la région de Juffra ont été exclues provisoirement de la première campagne pour des raisons uniquement sécuritaires durant la période concernée.

III.1. Répartition des exploitations

Les tableaux 41, 42 et 43 donnent la répartition des exploitations et de leurs superficies par *shaabia* selon la source d'irrigation dans tout le pays, dans la zone SASS et dans la Jeffara et la Zone centrale.

Shaabia		Répartition des exploitations et de leurs superficies selon la source d'irrigation par shaabia (Libye)															
		Non irriguée		Irrig. puits privé		Irriguée barrage		Irriguée source		Irriguée puits public		Irrig. autres sources		Non indiqué		Irriguée + non irriguée	
		Nb Exp.	superf.	Nb.Exp	superf.	Nb Exp.	superf.	Nb Exp.	superf.	Nb Exp.	superf.	Nb Exp.	superf.	Nb Exp.	superf.	Nb Exp.	superf.
Batnane	6 195	67 052	394	1 655	8	102	14	39	23	70	25	82	172	1758	6 831	70 758	
Darna	1 749	13 930	1 024	2 566	19	48	256	574	118	228	138	318	36	731	3 340	18 395	
Djebel Lakhdhar	4 818	26 765	800	2 526	12	35	86	244	295	939	1 184	4 797	262	1 442	7 457	36 748	
Marj	5 312	126 236	385	4 410	3	42	7	20	12	75	90	546	289	5 720	6 098	137 049	
Benghazi	759	8 785	343	2 045	9	48	0	0	28	67	23	48	91	450	1 253	11 443	
Ouahatt	634	2 599	3 365	10 397	10	18	16	71	88	592	5	19	621	1 768	4 739	15 464	
kouffra	19	56	1 826	5 067	3	5	1	2	353	21 318	10	18	338	614	2 550	27 080	
Syrt	1 966	10 147	1 333	46 019	11	44	3	9	144	818	1 302	5 531	393	1 736	5 152	64 304	
Jufra	31	140	1 751	5 414	6	21	13	49	446	1 407	9	34	378	1 216	2 634	8 281	
Misrata	14 180	43 521	7 871	17 324	35	85	279	330	225	493	63	101	309	820	22 962	62 674	
Marguab	38 779	88 697	11 251	13 902	124	206	16	24	119	186	416	702	3 419	12 652	54 124	116 369	
Tripoli	1 479	2 845	5 676	7 601	13	27	6	12	2	2	17	16	812	1 224	8 005	11 727	
Jeffara	7 008	14 643	35 033	51 220	61	107	21	34	109	252	428	567	3 321	6 540	45 981	73 363	
Zawiya	688	1 635	24 216	36 308	43	58	16	22	23	3 062	40	308	1 015	2 066	26 041	43 459	
Zouwara	10 839	25 505	12 015	19 063	31	38	7	14	12	4 169	38	49	1 309	2 912	24 251	51 750	
Djebel Gharbi	24 507	63 889	1 576	6 270	22	118	43	44	128	1 171	7	32	575	1 829	26 858	73 353	
Nalut	4 500	12 923	1 382	4 425	7	47	78	85	105	91	7	7	397	1 934	6 476	19 512	
Sebha	12	27	5 219	12 393	8	20	1	1	128	495	5	21	282	1 102	5 655	14 059	
Oued Chott	50	212	3 703	6 954	6	15	305	396	585	1 307	8	3	189	377	4 846	9 264	
Murzak	15	25	8 784	15 902	7	15	7	162	566	6 473	2	2	130	890	9 511	23 469	
Oued Hayet	13	15	6 497	8 694	12	15	1	3	114	195	9	14	744	1 498	7 390	10 434	
Ghat	7	15	771	1 066	14	21	15	10	431	1 320	9	11	131	184	1 378	2 627	
Total de la répub.	123 560	509 662	135 215	281 221	464	1 135	1 191	2 145	4 054	44 730	3 835	13 226	15 213	49 463	283 532	901 582	

Tableau 4.1. Répartition des exploitations et de leurs superficies selon la source d'irrigation par shaabia dans tout le pays.

Shaabia	Irrig. puits privé		Irriguée barrage		Irriguée source		Irriguée puits public		Irriguée autres sources		Non indiqué		Total irrigué et non irrigué		Tot irrigué	
	nb	superf.	nb	superf.	nb	superf.	nb	superf.	nb	superf.	nb	superf.	nb	superf.	nb	superf.
Marguab	11 251	13 902	124	206	16	24	119	186	416	702	3 419	12 652	54 124	116 369	11 926	15 020
Tripoli	5 676	7 601	13	27	6	12	2	2	17	16	812	1 224	8 005	11 727	5 714	7 658
Jeffara	35 033	51 220	61	107	21	34	109	252	428	567	3 321	6 540	45 981	73 363	35 652	52 180
Zawiya	24 216	36 308	43	58	16	22	23	3 062	40	308	1 015	2 066	26 041	43 459	24 338	39 758
Zouwara	12 015	19 063	31	38	7	14	12	4 169	38	49	1 309	2 912	24 251	51 750	12 103	23 333
Tot Jeffara	88 191	128 094	272	436	66	106	265	7 671	939	1 642	9 876	25 394	158 402	296 668	89 733	137 949
Djebel Gharbi	1 576	6 270	22	118	43	44	128	1 171	7	32	575	1 829	26 858	73 353	1 776	7 635
Nalut	1 382	4 425	7	47	78	85	105	91	7	7	397	1 934	6 476	19 512	1 579	4 655
Juffra	1 751	5 414	6	21	13	49	446	1 407	9	34	378	1 216	2 634	8 281	2 225	6 925
Misrata	7 871	17 324	35	85	279	330	225	493	63	101	309	820	22 962	62 674	8 473	18 333
Tot Zone centrale	12 580	33 433	70	271	413	508	904	3 162	86	174	1 659	5 799	58 930	163 820	14 053	37 548
Total SASS	100 771	161 527	342	707	479	614	1 169	10 833	1 025	1 816	11 535	31 193	217 332	460 488	103 786	175 497
Total Libye sans SASS	34 444	119 694	122	428	712	1 531	2 885	33 897	2 810	11 410	3 678	18 270	66 200	441 094	40 973	166 960
Total Libye	135 215	281 221	464	1 135	1 191	2 145	4 054	44 730	3 835	13 226	15 213	49 463	283 532	901 582	144 759	342 457

Tableau 42. Répartition des exploitations et des superficies irriguées de la zone SASS par Shaabia selon la source d'irrigation.

Shaabia	Puits privé (ha)	%	Autres sources	%	Tot.	%
Marguab	13 902	92,5	1 118	7,4	15 020	100
Tripoli	7 601	99,2	57	0,7	7 658	100
Jeffara	51 220	98,2	960	1,8	52 180	100
Zawiya	36 308	91,3	3 450	8,7	39 758	100
Zouwara	19 063	81,7	4 270	18,3	23 333	100
Tot Jeffara	128 094	92,9	9 855	7,1	137 949	100
Djbel Gharbi	6 270	82,1	1 365	17,9	7 635	100
Nalut	4 425	95,1	230	4,9	4 655	100
Juffra	5 414	78,2	1 511	21,8	6 925	100
Misrata	17 324	94,5	1 009	5,5	18 333	100
Tot Zone centrale	33 433	89,0	4 115	11,0	37 548	100
Total SASS	161 527	92,0	13 970	8,0	175 497	100
Total Libye sans SASS	119 694	71,7	47 266	28,3	166 960	100
Total Libye	281 221	82,1	61 236	17,9	342 457	100

Tableau 43. Répartition des superficies irriguées par *Shaabia* selon la source d'irrigation (Jeffara et zone centrale).

III.2. Construction de l'échantillon

La construction de l'échantillon qui a été menée selon la même méthodologie que pour l'échantillon d'Algérie a été établie sur la base de trois critères:

- la superficie irriguée ;
- la taille de l'exploitation ;
- la source d'irrigation.

Le nombre d'exploitations à enquêter est de 500 répartis sur 5 *shabias*.

Shaabia	Superficie irriguée en ha	%	Taille de l'échantillon
Marguab	15 020	10,9	54
Tripoli	7 658	5,6	28
Jeffara	52 180	37,8	189
Zawiya	39 758	28,8	144
Zouwara	23 333	16,9	85
Tot Jeffara	137 949	100	500

Tableau 44. Répartition de l'échantillon global à enquêter dans la Jeffara selon la taille des exploitations irriguées.

Shaabia	Nombre d'exploitants	%	Taille de l'échantillon
Marguab	11 926	13,3	67,0
Tripoli	5 714	6,4	32,0
Jeffara	35 652	39,7	198,0
Zawiya	24 338	27,1	136,0
Zouwara	12 103	13,5	67,0
Tot Jeffara	89 733	100	500

Tableau 45. Répartition de l'échantillon global par Shaabia (Jeffara) selon le nombre d'exploitants.

Shaabia	Irrigation par puits privé	Irrigation à partir d'autres sources	Total de l'échantillon
Marguab	50	4	54
Tripoli	27	1	28
Jeffara	185	4	189
Zawiya	131	13	144
Zouwara	69	16	85
Tot. Jeffara	464	36	500

Tableau 46. Répartition de l'échantillon global par Shaabia (Jeffara) selon la taille des exploitations et la source d'irrigation.

Shaabia	Irrigation par puits privé	Irrigation à partir d'autres sources	Total de l'échantillon
Marguab	63	4,0	67,0
Tripoli	30	2,0	32,0
Jeffara	194	4,0	198,0
Zawiya	135	1,0	136,0
Zouwara	65	2,0	67,0
Tot. Jeffara	487	13	500

Tableau 47. Répartition de l'échantillon global par Shaabia (Jeffara) selon le nombre d'exploitants et la source d'irrigation.



VALIDATION DES QUESTIONNAIRES

- 65** DESCRIPTION DE L'OPÉRATION DE VALIDATION
- 66** DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION DE VALIDATION
- 66** ESTIMATION SOMMAIRE DU TEMPS NÉCESSAIRE À LA VALIDATION

Les questionnaires remplis par les enquêteurs sur le terrain ont été rassemblés à Gabès en Tunisie, à Tripoli en Libye et à Ouargla en Algérie, puis ramenés au siège de l'OSS à Tunis.

Le consultant régional a ensuite procédé à l'identification et surtout à la vérification minutieuse de chacun des questionnaires réalisés.

La validation de chacun de ces questionnaires est une opération fastidieuse, répétitive et surtout prenante. Cependant tout l'édifice de l'analyse quantitative des données récoltées, afin de parvenir à la construction de recommandations opérationnelles, dépend intimement de la bonne conduite de cette opération de validation. ***En effet, tout questionnaire mal rempli et non corrigé à temps aura un impact négatif non négligeable sur la suite des opérations, à savoir : la saisie numérique, l'analyse quantitative et surtout la formulation de propositions de recommandations opérationnelles.***

I. DESCRIPTION DE L'OPÉRATION DE VALIDATION

L'opération de validation de chacun des questionnaires doit passer par les étapes suivantes :

- la vérification que toutes les questions ont reçu une réponse : rappelons que le questionnaire comporte au moins 200 questions qui s'étalent sur 24 pages. La lourdeur du questionnaire s'explique tout simplement par la volonté de collecter une information exhaustive sur tous les aspects socio-économiques et environnementaux afin de saisir au mieux le comportement réel de l'utilisateur primaire de la ressource SASS.
- La cohérence des réponses reportées : dans la conception du questionnaire, plusieurs tests de cohérence ont été introduits afin d'amener le répondant à fournir l'information requise. En effet, plusieurs questions qui visent à obtenir une information importante, ont été formulées de manières différentes et placées à des endroits différents de l'enquête. Ces tests, qui permettent ainsi de vérifier la validité de la réponse obtenue, concernent surtout les variables jugées clés telles que la consommation d'eau, le facteur travail, les cultures pratiquées, la production, le prix unitaire, le revenu brut, l'autoconsommation de chaque spéculation, etc.
- La vérification de la validation des réponses quantitatives : pour chacun des questionnaires, le consultant régional doit procéder à une estimation manuelle approximative du revenu et du coût bruts. Notons que l'estimation du revenu total requiert le calcul du revenu de chaque culture pratiquée ainsi que du revenu du bétail et du revenu extra-agricole. L'estimation du coût total passe par un calcul préliminaire du coût du travail permanent et temporaire, du coût de l'eau, du coût de tous les intrants et du coût de l'alimentation du bétail. Si cette estimation montre que le coût dépasse le revenu, le questionnaire est renvoyé à l'enquêteur de base. En outre, la variable consommation d'eau par hectare et par culture est aussi vérifiée afin de la comparer aux normes de consommation dans la zone concernée.

Tout questionnaire qui ne remplit pas les conditions sus-décrites est renvoyé à l'enquêteur concerné afin qu'il procède à la correction des anomalies constatées ; celles-ci nécessitent souvent un retour à l'exploitation.

II. DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION DE VALIDATION

L'opération de validation de chacun des questionnaires a débuté dès la fin du mois d'août. Sur les 773 questionnaires réceptionnés pour les cinq zones tunisiennes, 83 ont été renvoyés aux équipes d'enquêteurs pour vérification et complément d'information. Plusieurs problèmes ont été relevés pour les questionnaires de quelques zones en Algérie, en particulier ceux des wilayas d'Adrar et de Ghardaïa. Le taux de rejet, suite à la première validation, a été de 40 % en Algérie.

III. ESTIMATION SOMMAIRE DU TEMPS NÉCESSAIRE À LA VALIDATION

Le tableau 48 illustre le nombre de questionnaires prévus par pays durant la première campagne d'enquêtes, le taux de rejet suite à l'opération de validation, ainsi que le nombre total de questionnaires à vérifier et à valider dans les trois pays concernés.

L'opération de validation nécessite en moyenne au moins 15 minutes par questionnaire rempli. Le tableau 49 illustre le volume horaire total consacré à l'opération de validation de l'ensemble des questionnaires de la première campagne d'enquêtes socio-économiques et environnementales.

Si le Consultant régional consacre 5 heures continues de travail de validation par jour et 5 jours par semaine, l'opération de validation des questionnaires de la première campagne nécessiterait au moins 8 mois et 15 jours.

Malheureusement cette opération de validation a été sous-évaluée au départ. Ceci, ainsi que les difficultés rencontrées sur le terrain, suite aux événements exceptionnels survenus durant l'année 2011 dans la région, ont provoqué un léger retard dans la réalisation de la première campagne d'enquêtes socio-économiques et environnementales.

	Taille de l'échantil. (Nb d'exploitations à enquêter)	Taux de rejet	Nb d'enquêtes rejetées	Nb total de questionnaires à vérifier
Algérie	1 616	40	647	2 263
Libye	500	10	50	550
Tunisie	823	10	83	906
Total	2 939	26,5	780	3 719

Tableau 48. Répartition des questionnaires à valider par pays.

Nb total de questionnaires à vérifier	Temps nécessaire à la validation d'un questionnaire en mn	Nb de questionnaires validés par heure	Volume horaire global à consacrer à l'opération de validation
3719	15	4	930

Tableau 49. Volume horaire nécessaire à l'opération de validation.



SAISIE NUMÉRIQUE DES DONNÉES RÉCOLTÉES

- 71 CLASSEMENT, IDENTIFICATION ET PHOTOCOPIE DES QUESTIONNAIRES DÉJÀ VALIDÉS
- 71 CONSTITUTION DE L'ÉQUIPE DE SAISIE ET DE VÉRIFICATION DES DONNÉES DÉJÀ RÉCOLTÉES ET VALIDÉES
- 72 OPÉRATION DE SAISIE NUMÉRIQUE PROPREMENT DITE

Cette opération, aussi délicate et aussi fastidieuse que celle de la validation, comporte plusieurs étapes, à savoir :

- le classement, l'identification et la photocopie des questionnaires déjà validés ;
- la constitution de l'équipe de saisie et de vérification ;
- l'opération de saisie proprement dite ;
- l'opération de vérification des données saisies.

I. CLASSEMENT, IDENTIFICATION ET PHOTOCOPIE DES QUESTIONNAIRES DÉJÀ VALIDÉS

Une fois les questionnaires rassemblés à l'OSS et validés par le consultant régional, l'équipe de saisie procède à la photocopie de tous les questionnaires, puis à leur classement avant de passer à la saisie systématique. L'identification du questionnaire permet de reconnaître la localité exacte de chaque enquête et facilite les opérations de saisie, de vérification et surtout d'analyse aussi bien descriptive qu'analytique. En effet, sur chaque questionnaire figure un identifiant prenant la forme par exemple de : TGABMET01 (T pour Tunisie, GAB pour Gouvernorat de Gabès, MET pour la zone de Méthouia et 01 le numéro du questionnaire dans la zone concernée).

II. CONSTITUTION DE L'ÉQUIPE DE SAISIE ET DE VÉRIFICATION DES DONNÉES DÉJÀ RÉCOLTÉES ET VALIDÉES

Un consultant responsable de la saisie et de la vérification des données de l'enquête socio-économique et environnementale dans la zone SASS a été recruté et chargé :

- de la confection du fichier de saisie globale ;
- de la formation des opérateurs de saisie ;
- de la supervision et du contrôle de toute l'opération de saisie ;
- du traitement de statistique descriptive pour une première analyse des données ;
- de la préparation des données pour des traitements avec d'autres logiciels (SPSS, STATA, etc.) ; et
- de l'élaboration d'une base de données

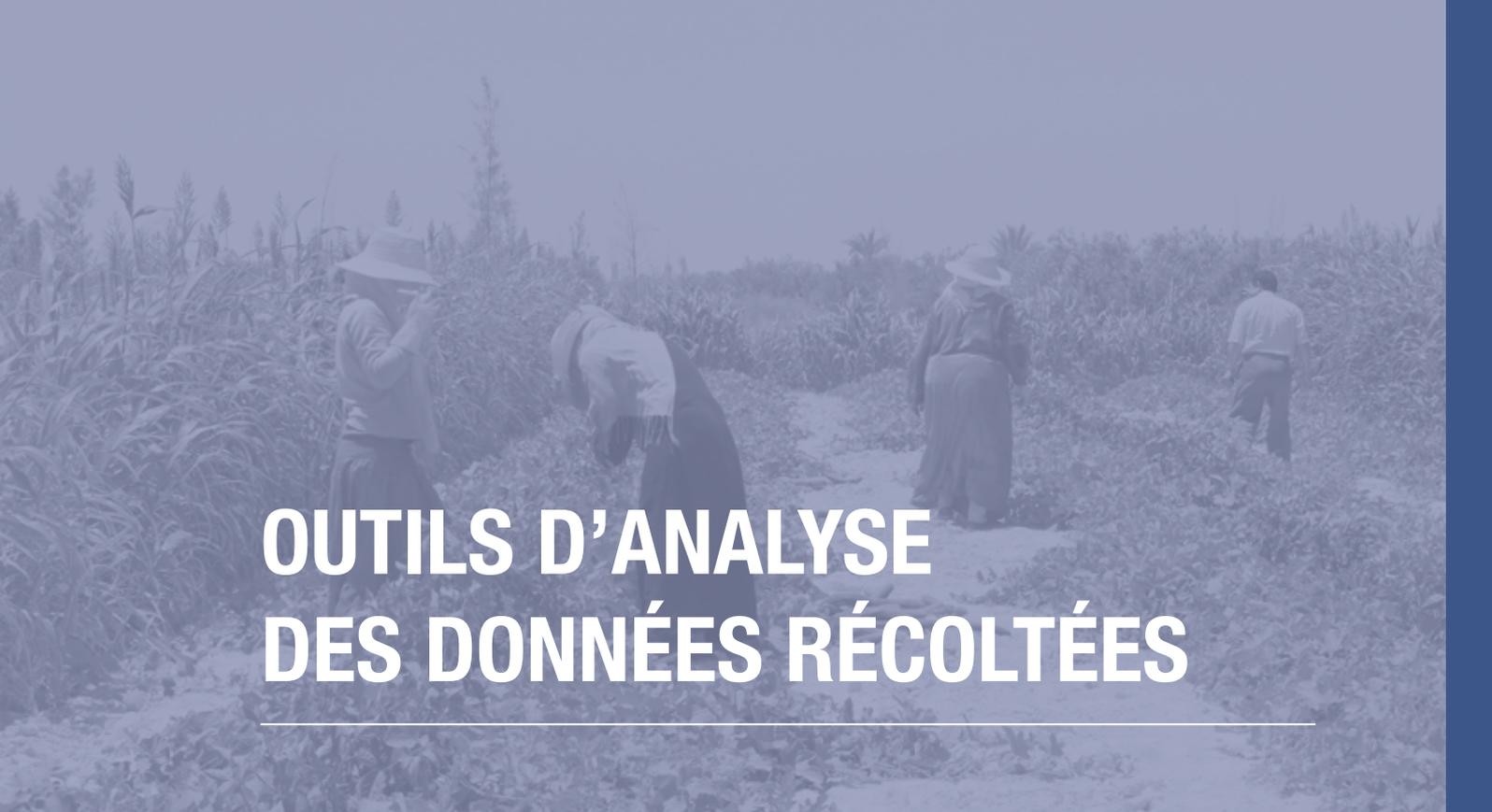
L'équipe chargée de la saisie matérielle des données est constituée :

- d'une opératrice de saisie au siège de l'OSS,
- d'une équipe d'étudiants, qui effectuent à domicile l'opération de saisie, sous la supervision directe du consultant chargé de la saisie.

III. OPÉRATION DE SAISIE NUMÉRIQUE PROPREMENT DITE

Cette opération est organisée en plusieurs temps :

- la saisie matérielle proprement dite par les opérateurs recrutés à cette fin ;
- la vérification préliminaire aussi bien par le consultant chargé de la saisie que par le consultant régional. Pour ce premier contrôle, un tirage de quelques questionnaires est fait au hasard pour chaque zone des trois pays concernés afin de les vérifier. Ce contrôle permet de s'assurer que la saisie se déroule correctement.
- La vérification systématique : cette opération est faite lors de l'analyse descriptive des données. Sa démarche est décrite en détail dans la section consacrée à cette analyse.



OUTILS D'ANALYSE DES DONNÉES RÉCOLTÉES

75 DÉFINITION DES VARIABLES RETENUES

75 CONCEPTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE BASE

- 76 Le coût
- 76 Le coût marginal (CM)
- 77 Le coût d'opportunité
- 77 La tarification au coût marginal (marginal-cost pricing)
- 78 La marge brute
- 78 La productivité économique de l'eau
- 79 La disposition à payer
- 81 Le taux d'Intensification
- 81 Le concept d'élasticité
- 82 La distinction entre les définitions de la demande en eau agricole
- 84 La médiane
- 84 La nature des données disponibles

85 PRÉSENTATION DES MODÈLES ÉCONOMÉTRIQUES UTILISÉS DANS L'ESTIMATION

- 85 Estimation de la demande en eau
- 86 Estimation de la productivité économique de l'eau
- 86 Estimation des déterminants de la production totale/ha

I. DÉFINITION DES VARIABLES RETENUES DANS LE CADRE DE NOTRE ANALYSE

Le nombre total de variables aussi bien de nature quantitative que qualitative que l'on peut dégager de l'enquête socio-économique et environnementale se compte par centaines. N'ont été retenues dans le cadre de cette analyse préliminaire que celles jugées les plus pertinentes détaillées dans le tableau 50.

Variables retenues	Définition de la Variable
WHA	Consommation d'eau par hectare
WCMC	Coût du m ³ d'eau utilisée
RTHA	Recette Totale par hectare
NIV	Niveau d'instruction
SEI	Superficie effectivement irriguée (ha)
SALI	Salinité de l'eau d'irrigation utilisée
WP	Productivité de l'eau exprimée en termes physiques (<i>Water Productivity</i>)
EWP	Productivité économique de l'eau exprimées en termes monétaires
BHA	Bénéfice net par hectare
FLHA	Family Labor par hectare (en hommes par année)
HLHA	Hired labor par hectare (Le coût de la main d'œuvre salariale)
WCHA	Le coût de l'eau par hectare
INTHA	Les intrants par hectare (Engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.)
ALIM	Le coût de l'alimentation du bétail
ANCI	Ancienneté dans la pratique de l'irrigation par année
RHE	RHE1 = 0, si l'exploitant a une activité secondaire et 1 sinon
WOR	WOR = 0 si eau gratuite, 1 si réseau public et 2 réseau privé
ASE	% de la recette totale de l'exploitation sans l'élevage

Tableau 50. Liste et définition des variables principales.

II. 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. Le coût

La notion de coût est hautement complexe et surtout d'une importance capitale pour toute gestion durable d'une ressource très peu renouvelable telle que la ressource en eau du SASS. Pour le 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, seuls les coûts variables du réseau public¹ ont pu être récoltés. Par contre, pour les exploitants privés, des informations fines sur les coûts variables ainsi que sur les coûts fixes ont pu être collectées. Dans le cadre de cette analyse préliminaire, n'ont été retenus pour les exploitants privés que les coûts variables afin de pouvoir comparer les deux catégories d'exploitants privés et publics dans les mêmes conditions.

2. Le coût marginal (CM)

Le CM est le coût induit par la production d'une unité additionnelle d'un bien ou d'un service. 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 Une enquête « point d'eau » complémentaire a porté sur l'évaluation de l'ensemble des coûts variables et fixes relatifs aux réseaux d'irrigation public ou collectif.

3. Le coût d'opportunité

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

Définition : d'une manière 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 :

- celle où l'exploitation des nappes souterraines renouvelables dépasse largement le taux de recharge naturelle ;
- celle d'une exploitation minière de nappes souterraines profondes dont le stock a été accumulé depuis des millénaires, et dont le taux de recharge est actuellement négligeable.

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

Étant 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 cette non-disponibilité de l'eau pour ces usagers futurs. Nous appellerons ce coût « un **coût d'opportunité intertemporel 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**.

4. La 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.

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 ;
- un coût supplémentaire pour les dégâts infligés 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 production (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 issus des changements climatiques attendus.

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. 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.

Note : Ce sont les quatre types de coûts variables que nous retiendrons dans le cadre de cette analyse.

6. La productivité économique de l'eau (*Economic Water Productivity, EWP*)

La productivité économique 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 utilisé dans la production d'une culture irriguée dans la zone SASS.

Les expressions de « plus de nourritures par goutte d'eau » (more nutrition per drop) ou encore « plus de travail par goutte » (more job per drop) sont courantes dans la littérature spécialisée. Dans le cadre de notre analyse, nous utilisons **EWP** pour désigner la productivité économique de l'eau.

Calcul de la productivité économique brute de l'eau (GEWP) :

$$GEWP \text{ par } m^3 = \frac{\text{marge brute}}{\text{volume total de l'eau utilisée}}$$

Dans le calcul de cette productivité, on suppose que toute la marge brute réalisée par l'exploitant provient uniquement 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 obéit à la règle de substitution classique, qui stipule que tout facteur peut être substitué à (remplacé par) un autre, cette définition est biaisée. En revanche, dans un contexte où l'eau est un facteur déterminant (sans laquelle aucune production n'est possible), comme c'est le cas dans la zone SASS, cette définition est acceptable.

Remarque importante : Pour calculer la productivité économique 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.

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 payés + coûts des intrants + coûts de l'alimentation et de l'entretien du bétail).

$$DAP \text{ par } m^3 = \frac{DAP \text{ totale de l'eau}}{\text{volume total de l'eau utilisée}}$$

Remarque : dans ce calcul, ont été retenus tous les coûts à l'exception de celui de l'eau.
Remarque : les définitions de la productivité de l'eau (Water Productivity) et de la DAP sont très proches. 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, toutes les distorsions provoquées par une intervention massive de l'Etat dans la gestion et l'allocation de la ressource en eau ont été ignorées.

Les distorsions dans le calcul de la marge brute, la productivité économique 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 complexe².

² Afin d'estimer la valeur des subventions, il faut recourir au PSE (Producer Subsidy Equivalent), qui est donnée par l'expression suivante :

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

Où V_m est l'output évalué aux 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 :

$$TNM_t = \frac{NM}{Y} - PSE_t \quad (6)$$

8. Le 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.

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

9. Le 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).

$$\epsilon_p^w = \frac{\% \text{ de variation de la quantité d'un bien (ici l'eau)}}{\% \text{ d'évolution du prix du bien en question}}$$

Où TNM_i est la marge nette réelle par tonnes, NM est la marge nette, PSE_i 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 :

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

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 surutilisée 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 décroîtrait très vraisemblablement pour toutes les cultures pratiquées. En outre, les exploitants passeraient à des techniques d'irrigation plus performantes et à des cultures plus valorisantes de la ressource.

$$\text{Elasticite prix de la demande} = \frac{(q_1 - q_0) / q_1}{(p_1 - p_0) / p_1}$$

Où

- 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.

10. La 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 géoclimatique donnée. On parle dans ce cas du **besoin en eau**. Nous aurons affaire à des données normatives.
- L'économiste, quand à lui, parle de la **demande en eau** par l'utilisateur. Il s'agit ici du volume d'eau demandé par un usager pour conduire une exploitation agricole irriguée.
- Pour l'utilisateur de la ressource, ce qui compte c'est essentiellement le volume en eau qui parvient réellement à la parcelle. Plus important encore, 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 l'analyse quantitative.

Afin de préciser exactement la définition adoptée dans notre démarche, il faut préalablement donner un aperçu sur la nature des données collectées lors des enquêtes de 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	Nb Total d'irrigation / an	Nb d'heures/ Irrigation	Débit L/S	Volume consommé en m ³
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 ;
- mode d'irrigation pratiqué : 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 :

$$(3600 \text{ secondes}) \times (3 \text{ L/S}) \times (10 \text{ heures}) \times (52) = 5616 \text{ m}^3.$$

Évaluation 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 de 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, il est possible de calculer le volume d'eau réellement utilisé par l'exploitant.

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

11. La médiane

La médiane d'un ensemble de valeurs est un paramètre statistique ; c'est une valeur m qui se situe au milieu de la série, de sorte que le nombre de valeurs de la série supérieures ou égale à m est exactement égal au nombre de valeurs inférieures 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.

12. La nature des données disponibles

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

Trois grandes catégories de données sont généralement possibles :

- **les données temporelles (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.
- **Les données de panel** : 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.

III. 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 cette analyse, à savoir :

- l'estimation des déterminants de la demande en eau par les exploitants de la zone SASS ;
- l'estimation des déterminants de la productivité de l'eau utilisée ;
- l'estimation des déterminants de la fonction de production des exploitants de la zone SASS.

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 :

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

Où :

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_9$ 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 de 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.

2. Estimation de la productivité économique de l'eau (EWP)

La spécification pour l'estimation des déterminants de la productivité économique de l'eau est la suivante :

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

Où :

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_8$ 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.

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 :

$$(3) \quad lrtha = \beta_0 + \beta_1 lflha + \beta_2 lhlha + \beta_3 lwcha + \beta_4 Lintha + \beta_5 Lalim + \beta_6 Lsei + \beta_7 Lsalin \\ + \beta_9 Lanci + \beta_{10} Wor + \beta_{11} Re$$

Où :

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

Les variables explicatives sont :

- Lflha : log de l'effectif de la main-d'œuvre familiale ;
- Lhlha : log du coût total de la main-d'œuvre salariale ;
- Lwcha : coût de l'eau par ha ;
- Lintha : coût des intrants (fumiers, engrais, insecticides, herbicides, etc.) ;
- Alim : coût de l'alimentation du bétail.
- Le reste des variables est déjà défini plus haut.

Remarque : ces différentes spécifications 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 d'obtenir le résultat le plus proche de la réalité.



ANALYSE DES DONNÉES SOCIO-ÉCONOMIQUES

91

TUNISIE

91 Analyse descriptive

96 Analyse quantitative et commentaire des résultats

118 Synthèse et quelques éléments de recommandations

119

ALGÉRIE

119 Analyse descriptive

128 Analyse quantitative et commentaire des résultats

144 Synthèse et quelques éléments de recommandations

148

LIBYE

148 Analyse descriptive

150 Analyse quantitative et commentaire des résultats

156 Synthèse et quelques éléments de recommandations

157

ANALYSE GLOBALE

157 Aperçu sur la base des données récoltées

158 Analyse descriptive

161 Analyse quantitative

168

PERSPECTIVES

Cette analyse sera conduite en deux étapes :

- d'abord, pour chacun des pays concernés, à savoir la Tunisie, l'Algérie et la Libye ;
- dans un deuxième temps, sur l'ensemble des données collectées des trois pays.

I. TUNISIE

Deux types d'analyses seront faites sur les données :

- une analyse descriptive, grâce à des statistiques simples, permettra de dégager les caractéristiques les plus usuelles ;
- une analyse quantitative, grâce aux outils économétriques les plus récents, permettra de révéler les caractéristiques les plus importantes et les plus utiles pour la conception de politiques économiques les plus appropriées.

1. 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.

Le tableau 51, qui retient l'optique mode de paiement du coût de l'eau, donne la moyenne, le minimum, le maximum et l'écart type des variables clefs de cette analyse préliminaire pour l'ensemble du pays et les trois catégories retenues. Le tableau 53 mettra l'accent sur les caractéristiques les plus importantes à tirer, mais auparavant quelques remarques s'imposent :

- la moyenne des superficies irriguées par les exploitants privés est plus élevée que celle des exploitants des périmètres publics et surtout des exploitants bénéficiant d'une source d'eau gratuite (*4 hectares pour les privés, 1,5 hectare pour les exploitations alimentées par un réseau d'irrigation public et moins d'un hectare pour les gratuits*) ;
- s'agissant de l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation, l'exploitation privée est un phénomène beaucoup plus récent que les deux autres types (*17 ans en moyenne pour les privés et entre 28 et 33 ans pour les deux autres catégories*).

Le tableau 52, qui retient le critère de l'homogénéité spatiale, donne la moyenne, le minimum, le maximum et l'écart type des variables clefs de cette analyse préliminaire pour l'ensemble du pays et les trois régions retenues. Le tableau 54 mettra l'accent sur les caractéristiques les plus importantes à tirer de ce tableau, mais auparavant quelques remarques s'imposent :

Tunisie	SEI/ha	WCHA (DT/ha)	WCMC (DT/m ³)	WHA/ha	MB (DT/ha)	WP (DT/m ³)	DAPMC	SALIN	ANCI
Moyenne	2,148	545,484	0,068	11170,325	6149,343	0,691	0,759	2,920	25,297
Min	0,030	0,000	0,000	260,000	-1890,000	-1,275	-1,175	0,300	0,000
Max	45,000	3192,593	1,019	33572,571	38581,250	10,343	10,413	9,000	151,000
E.T	3,683	468,581	0,069	7423,504	5533,511	0,799	0,819	1,085	17,560
Gratuits									
Moyenne	0,830	28,846	0,003	15871,170	7805,631	0,479	0,482	2,350	33,800
Min	0,090	0,000	0,000	2592,000	-1760,000	-0,127	-0,127	1,600	2,000
Max	2,500	576,923	0,058	25920,000	21333,333	1,317	1,317	3,500	62,000
E.T	0,700	129,004	0,013	6064,888	6772,524	0,413	0,413	0,707	24,039
Public									
Moyenne	1,493	609,162	0,062	12531,808	6133,387	0,557	0,619	2,902	27,896
Min	0,030	1,200	0,000	480,000	-1530,000	-1,275	-1,175	0,300	0,000
Max	22,600	3192,593	0,617	33572,571	38581,250	4,553	5,142	7,500	151,000
E.T	1,944	470,582	0,054	7183,514	5378,308	0,547	0,557	1,021	17,962
Privé									
Moyenne	3,977	421,395	0,088	7171,095	5922,437	1,050	1,138	3,013	17,379
Min	0,090	34,286	0,004	260,000	-1890,000	-0,517	-0,482	0,600	1,000
Max	45,000	2777,778	1,019	31104,000	35773,333	10,343	10,413	9,000	61,000
E.T	5,975	429,626	0,095	6531,749	5829,095	1,181	1,210	1,248	12,770

Tableau 51. Répartition selon le statut juridique de l'origine de l'eau d'irrigation.

- la moyenne des superficies irriguées par les exploitants de la zone de Gabès est plus élevée que celle des exploitants de la zone Médenine-Tataouine et surtout des exploitants de la zone des oasis sahariennes (*4,2 hectares pour Gabès, 2,9 hectares pour la zone de la Jeffara et à peine un hectare pour les oasis sahariennes*) ;
- s'agissant de l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation, la zone des oasis sahariennes, avec 32 ans d'ancienneté moyenne, se distingue par les pratiques les plus anciennes alors que l'irrigation dans la zone Médenine-Tataouine, avec une moyenne de 16 ans, est un phénomène beaucoup plus récent ;
- l'importance de l'élevage dans le revenu des exploitants est illustré par la colonne « TCB ». L'élevage, avec 36 % des recettes totales, constitue une source de revenu très importante pour les exploitants de la zone de Jeffara, par contre pour la zone des oasis sahariennes, avec à peine 16 % des recettes totales, il est un complément modeste.

Les tableaux 53 et 54 retiennent quelques variables clefs, d'importance primordiale pour l'analyse quantitative, calculées selon les deux optiques spatiales et mode de paiement du coût de l'eau.

Tunisie	SEI	WCHA	WCMC	WHA	BHA	WP	DAPMC	ANCI	TCB
Moy.	2,148	545,484	0,068	11170,325	6149,343	0,691	0,759	25,297	0,234
Min	0,030	0,000	0,000	260,000	-1890,000	-1,275	-1,175	0,000	-2,733
Max	45,000	3192,593	1,019	33572,571	38581,250	10,343	10,413	151,000	33,000
E.T	3,683	468,581	0,069	7423,504	5533,511	0,799	0,819	17,560	1,348
Médenine-Tataouine									
Moy.	2,886	301,029	0,096	3632,981*	3934,831	1,014	1,110	16,000	0,362
Min	0,250	0,000	0,000	432,000	-1530,000	-1,275	-1,175	0,000	0,000
Max	34,000	2000,000	0,405	31104,000	35773,333	10,343	10,413	62,000	13,481
E.T	3,458	265,544	0,069	2867,081	4654,990	1,109	1,117	12,706	0,989
Gabès									
Moy.	4,181	405,977	0,079	7038,004	4194,345	0,746	0,825	21,667	0,239
Min	0,060	0,000	0,000	260,000	-3,125	-0,001	0,004	0,000	0,000
Max	45,000	2500,000	1,019	19008,000	38581,250	5,655	5,794	61,000	3,906
E.T	6,496	334,835	0,106	4159,085	5041,923	0,876	0,922	15,263	0,530
Kébili-Tozeur									
Moy.	1,007	730,470	0,048	16812,869	8075,217	0,494	0,542	31,726	0,161
Min	0,030	0,000	0,000	1335,484	-1890,000	-0,137	-0,079	1,000	-2,733
Max	6,000	3192,593	0,284	33572,571	22396,000	4,553	4,620	151,000	33,000
E.T	1,050	516,621	0,038	5030,000	5454,515	0,416	0,419	17,995	1,682

* La faiblesse de la Wha s'explique par la prédominance de l'arboriculture qui ne bénéficie que d'une irrigation de complément.

Tableau 52. Répartition selon les 3 zones considérées.

Quelques résultats préliminaires pourraient être déjà dégagés du tableau 53 qui retient l'optique mode de paiement du coût de l'eau d'irrigation :

- La consommation (ou demande) de l'eau par hectare et par exploitant :
 - ... les exploitants privés, qui supportent l'essentiel du coût de la mobilisation de l'eau, utilisent cette ressource avec parcimonie avec en moyenne 7 171 m³ par hectare ;
 - ... ceux qui sont reliés à un réseau public et qui payent uniquement une faible part du coût réel, utilisent davantage de ressource, avec 12 532 m³ (soit 75 % 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 15 871 m³ en moyenne par hectare, ils consomment plus que le double de l'exploitant privé.

Ce résultat démontre à lui seul, sans aucune ambiguïté, l'importance du coût de la mobilisation 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 par l'exploitant s'élève à 62 millimes/m³ (0,028 €) pour l'exploitant relié à un réseau public, tandis que le privé débourse au moins 88 millimes/m³ (0,04€), soit environ 1,5 fois la charge de l'irrigant public. 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 public et par ceux du secteur privé dans la conservation de la ressource rare démontrée par l'analyse quantitative, qui sera exposée en détail dans la section 4.

- Productivité de l'eau :

Le tableau 53 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 valorisent le moins cette ressource précieuse avec seulement 478 millimes/m³ (0,217 €) ;
- Les exploitants qui sont alimentés par un réseau public fortement subventionné, valorisent cette ressource à raison de 556 millimes/m³ (0,252 €), soit légèrement plus que les précédents ;
- 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 1 050 millimes/m³ (0,477 €).

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. L'exploitant, qui bénéficie d'une ressource gratuite, obtient paradoxalement les résultats les plus médiocres avec uniquement 478 millimes/m³ (base de conversion : 1 € = 2,2DT = 2200 millimes).

- La disposition à payer par m³ : comme les définitions de Productivité de l'eau et celle de la DAP sont assez proches (la seule différence réside dans le fait que le coût de l'eau a été retranché de WP et non de la DAP), leur interprétation est aussi assez similaire dans ce contexte. En effet, le privé qui assume la charge la plus importante pour la mobilisation de son eau d'irrigation, est le plus disposé à la payer à un prix fort (1,138 DT) ; il est suivi par l'exploitant bénéficiant d'un réseau public largement subventionné par la collectivité (0,619 DT). L'exploitant disposant actuellement d'une ressource d'eau quasi gratuite est quant à lui disposé à la payer à seulement 0,478 DT/m³.

- Taux d'intensification :

Les TI sont respectivement de 0,98 en moyenne pour l'exploitant ayant une ressource

gratuite, de 0,94 pour l'exploitant public et enfin de 0,76 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.

	Tunisie	Réseau Gratuit	Réseau public	Réseau privé
Nombre d'exploitants	761	22	538	206
Consommation d'eau par hectare et par exploitant (m³/ha)	11 170	15 871	12 532	7 171
Coût de l'eau (DT/m³)	0,068	0	0,062	0,088
Productivité de (DT/m³)	0,691	0,478	0,556	1,050
DAP (DT/m³)	0,759	0,585	0,619	1,138
Taux d'Intensification (super. irriguée/ sup. Irrigable)	0,90	0,98	0,94	0,76

Tableau 53. Répartition selon le type de réseau de pompage de l'eau (public, privé, gratuit).

Quelques résultats préliminaires pourraient aussi être déjà dégagés du tableau 54 qui retient l'optique du découpage spatial de la zone SASS tunisienne en trois sous-régions homogènes.

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

La consommation d'eau par hectare est très différente selon les zones. En effet, elle passe de 3 633 m³/ha dans la zone de la Jeffara (gouvernorats de Médenine et de Tataouine) à 16 813 m³/ha dans la zone des oasis sahariennes (gouvernorats de Kébili et de Tozeur), soit presque 5 fois plus. Cette différence s'explique tout simplement par le fait que dans les oasis sahariennes, où règnent la culture à étage et surtout celle du palmier dattier, la consommation d'eau est énorme. Cette consommation exorbitante par hectare s'expliquerait aussi par les techniques anciennes d'irrigation encore largement utilisées dans ces oasis, à savoir la submersion. Tandis que dans la Jeffara, où l'irrigation est surtout de complément et pratiquée plutôt d'une manière semi-intensive, la consommation est plutôt faible. La zone de Gabès avec 7 038 m³/ha se situe dans une plage intermédiaire. En effet, cette zone se distingue par les deux types d'agriculture oasisienne, comme le Jérid, et semi-intensive comme dans la Jeffara.

- Coût de l'eau par m³

Le coût de l'eau payé par l'exploitant est plus important dans les deux zones Médenine-Tataouine et Gabès avec respectivement 96 et 79 millimes/m³ que dans le Jérid (48 millimes/m³). Cette différence, assez significative, s'explique par le fait que dans les deux premières zones, il y a beaucoup d'exploitants privés alors que dans le Jérid où

prédominent les périmètres publics, l'eau est largement subventionnée.

- Productivité de l'eau

La valorisation de la ressource passe de 494 millimes/m³ dans le Jérid à 1 014 millimes/m³ dans la région Médenine-Tataouine, soit du simple au double. Cette forte différence s'explique par la spécificité des systèmes de culture pratiqués dans les deux régions et par la différence des coûts des réseaux d'irrigation. La région de Gabès, qui rassemble les deux systèmes de culture, à savoir le système oasien et les cultures semi-intensives de plein champ, se distingue par une valorisation intermédiaire (0,746 DT).

- DAP par m³ : le même commentaire est aussi valable pour la DAP.
- Taux d'intensification : la région Kébili-Tozeur qui se caractérise par un système oasien pur où les exploitants pratiquent une agriculture hautement intensive, se distingue par un TI assez élevé (0,98). La région Médenine-Tataouine, qui se caractérise par une agriculture irriguée plutôt semi-intensive dans un milieu assez steppique, n'a qu'un TI assez faible (0,76). La région de Gabès, avec un TI de 0,89, se situe à l'intermédiaire des deux zones distinctes.

	Tunisie	Médenine-Tataouine	Gabès	Kébili-Tozeur
Nombre d'exploitants	761	219	144	383
Consommation d'eau par hectare et par exploitant (m³/ha)	11 170	3633	7038	16813
Coût de l'eau (DT/m³)	0,068	0,096	0,079	0,048
Productivité de l'eau (DT/m³)	0,691	1,014	0,746	0,494
DAP (DT/m³)	0,759	1,110	0,825	0,542
Taux d'Intensification (super. irriguée/ sup. Irrigable)	0,90	0,77	0,89	0,98

Tableau 54. Répartition selon les zones géographiques

2. Analyse quantitative de l'information collectée et commentaire des résultats obtenus

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

- le premier niveau s'appuiera sur la base de *l'échantillon global* de toute la Tunisie ;
- 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 en eau gratuite ;
- ... « Bloc public » : les exploitations alimentées par un réseau public ;
- ... « Bloc privé » : les exploitations irriguées par un réseau privé ;
- le troisième niveau tiendra compte explicitement du *découpage spatial* qui donnera un éclairage particulier sur les spécificités régionales :
 - ... la Jeffara (Médenine-Tataouine) ;
 - ... les oasis maritimes (Gabès) ;
 - ... Les oasis sahariennes ou continentales (Kébili-Tozeur).

Pour chacun de ces niveaux, on retiendra les critères d'analyse qui 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 nette par hectare ou le bénéfice dégagé par un m³ d'eau utilisé ;
- la production totale par hectare.

2.1. Analyse quantitative globale à l'échelle du SASS tunisien

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

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).

$$(1) \quad lwha = \alpha_0 + \alpha_1 lwcmc + \alpha_2 lrtha + \alpha_3 lsei + \alpha_4 rhe1 + \alpha_5 lhlha + \alpha_6 lniv + \alpha_7 Ase + \alpha_8 Wor$$

Où :

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

- Lwha : log de la demande en eau d'irrigation par l'exploitant i ;
- Lwcmc : log du coût d'un m³ supporté par l'exploitant ;
- Lrtha : log de la production totale par hectare de l'exploitant i ;
- Lsei : log de la superficie effectivement irriguée en hectare ;

- Rhe1 : cette variable prend la valeur 0 si l'exploitant à une activité en dehors de l'agriculture et 1 sinon ;
- Lhalha : log du montant salarial payé aux ouvriers aussi bien permanents que temporaires ;
- Lniv : log du niveau d'instruction du chef de l'exploitation ;
- Ase : % de la recette totale sans l'élevage ;
- 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.

Le tableau 55 synthétise les résultats relatifs à l'ensemble des exploitants de l'échantillon tunisien, donnés par l'output de l'ordinateur qui concerne tous les irrigants retenus. Ce tableau illustre les mêmes résultats avec l'échantillon global sans les irrigants bénéficiant d'une eau gratuite (colonne 3) :

- Les variables retenues, à savoir le prix de l'eau, la recette totale par hectare, la superficie effectivement irriguée, le revenu hors exploitation, la salinité de l'eau utilisée, la main d'œuvre salariale, le niveau d'instruction, l'agriculture sans élevage, l'origine de la source d'eau et l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation, expliquent au moins 52 % de la variabilité 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.

Nous adopterons pour l'estimation de ce paramètre clef deux critères : le premier consiste à approximer la variable prix par le coût payé directement par l'exploitant. Le deuxième, que nous donnerons 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) double dans la zone SASS tunisienne, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse de 16 %. Lorsqu'on élimine de l'échantillon les exploitants qui ne payent pas l'eau (colonne 3), cette élasticité passe à 33 %, c.-à-d. pour une variation de 100 % du prix de la ressource, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse de 33 %. **Ce résultat est très important.** En effet 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 maîtriser significativement la demande et inciter ainsi les irrigants à mieux allouer la ressource rare et surtout à la conserver.
- Prix de la ressource en eau approximé par la DAP de l'exploitant : l'élasticité prix de la demande en eau pour l'ensemble de la Tunisie passe de 0,16 à 0,42 lorsqu'on retient la DAP comme approximation du prix au lieu du coût de mobilisation. Ce

	Echantillon global	Echantillon global (sans les exploitants bénéficiant d'une source d'eau gratuite)
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)	
Variables explicatives		
Lwcmc	- 0,16 (0,000) ***	- 0,33***
Lrtha	0,13 (0,000) ***	0,12***
Lsei	- 0,27 (0,000) ***	-0,27***
Rhe1	0,24 (0,000) ***	0,21***
Lsali	- 0,39 (0,000) ***	-0,30***
Lhlha	0,03 (0,000) ***	0,03***
Lniv	0,10 (0,015) ***	0,11***
Ase	0,20 (0,000) ***	0,23***
Wor	- 0,18 (0,002) ***	-0,10***
Lanci	7,62(0,000) ***	6,90***
Cte	7,62 (0,000) ***	-
N	761	744
Adj R-squared	0,52	0,57
F	92,88	109,57

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

Tableau 55. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).

résultat, qui est illustré par le tableau 56, appuie davantage le rôle joué par le prix de l'eau dans la gestion de cette ressource rare et précieuse dans ce contexte fragile.

- 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 dû à une amélioration des techniques d'irrigation.
- L'effet du revenu hors exploitation : ce résultat montre clairement que lorsque l'exploitant n'a pas d'activité secondaire, il intensifie davantage son irrigation et demande plus d'eau par hectare.

Le tableau 57 retient le coût de l'eau comme unique variable explicative de la variation de la demande en eau d'irrigation. Ce résultat illustre d'une manière claire et sans aucune ambiguïté l'importance primordiale de la variable coût de l'eau dans l'allocation de cette

Variable expliquée	Tunisie	
	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (LWHA)	
Variables explicatives		
Lwcmc	- 0,16 (0,000) ***	
Ldapmc		-0,42 (0,000) ***
Lrtha	0,13 (0,000) ***	0,14 (0,000) ***
Lsei	- 0,27 (0,000) ***	-0,22 (0,000) ***
Rhe1	0,24 (0,000) ***	0,22 (0,000) ***
Lsali	- 0,39 (0,000) ***	-0,81(0,000) ***
Lhlha	0,03 (0,000) ***	0,02 (0,000) ***
Lniv	0,10 (0,015) ***	0,09 (0,012) ***
Ase	0,20 (0,000) ***	0,83 (0,060) **
Wor	- 0,18 (0,002) ***	-0,12 (0,014) ***
Lanci	7,62(0,000) ***	0,08 (0,000) ***
Cte	7,62 (0,000) ***	7,78 (0,000) ***
N	761	761
Adj R-squared	0,52	0,61
F	92,88	118,82

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

Tableau 56. La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA). remplacer LWCMC par LDAPMC)

Variable expliquée	Tunisie	Tunisie (sans gratuit)
	La consommation d'eau par hectare et par exploitant	
Variable explicative		
Lwcmc	-0,28***	- 0,47***
Cte	8,11***	7,56***
N	761	744
Adj R-squared	0,15	0,20
F	130,41	188,74

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

Tableau 57. La consommation d'eau par hectare et par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau uniquement.

ressource. En effet, lorsqu'on considère l'échantillon global sans les exploitants bénéficiant d'une eau gratuite, la demande en eau baisse très sensiblement à raison de 47 % pour une augmentation de prix de 100 % (colonne 3). Il est aussi important de constater que la seule variable coût de l'eau expliquerait au moins 20 % de la variabilité de la demande totale en eau dans la région SASS tunisienne.

Productivité économique de l'eau (WP)

Nous présentons préalablement les outputs bruts des estimations par le logiciel STATA sur l'échantillon Tunisie global sans irrigants bénéficiant d'une eau gratuite.

La spécification estimée est la suivante :

$$(2) \quad lwp1 = \alpha_0 + \alpha_1 lwcha + \alpha_2 lrtha + \alpha_3 lsali + \alpha_4 lflha + \alpha_5 lsei + \alpha_6 Wor$$

Où :

- Lwp1 : log de la productivité économique de l'eau d'irrigation par l'exploitant i ;
- Lflha : log du nombre de membres de la famille qui travaillent à plein temps dans l'exploitation;
- Le reste des variables retenues sont déjà définies précédemment.

Le tableau 58 récapitulera les résultats de l'output de l'ordinateur d'une manière synthétique.

- Les variables indépendantes (les déterminants) retenues expliquent 55 % de la variabilité de la productivité de la ressource en eau (variable indépendante ou explicative). Le test F est largement significatif pour la spécification retenue.
- L'élasticité prix de la ressource (ici, le coût par hectare de l'eau supporté par l'exploitant) est hautement significative et se distingue par le signe négatif. Lorsque le coût de l'eau par hectare supporté par l'exploitant augmente de 100 %, la productivité par unité de ressource utilisée (ici le m³) diminue de 30 % pour l'ensemble de la zone SASS tunisienne. Ce résultat est assez difficile à expliquer intuitivement par ce qu'il est le produit combiné de deux effets qui agissent en sens contraire et donc se compensent :
 - normalement lorsque le coût de la ressource augmente, sa demande baisse. Cet effet se traduirait par une baisse du volume alloué par hectare et ainsi une diminution des dépenses par hectare et aurait normalement un impact positif sur la productivité de la ressource allouée.
 - La baisse du volume alloué par hectare engendre une baisse de la production par hectare, ce qui induirait une diminution de la recette par hectare (toute chose égale par ailleurs). La baisse de la recette par hectare engendrerait à son tour une dégradation de la productivité par m³ alloué. Cet effet aurait de toute évidence un impact négatif sur la productivité du m³ alloué.

	Tunisie globale (sans les irrigants bénéficiant d'une eau gratuite)
Variable expliquée	Log de la production de l'eau (LWP1)
Variables explicatives	
Lwcha	- 0,30 (0,000) ***
Lrtha	0,51(0,000) ***
Lsali	- 0,35 (0,000) **
Wor	0,30 (0,003) ***
LFLHA	0,04 (0,000) ***
LSEI	0,10 (0,004) ***
Ct	- 3,86 (0,000) ***
N	744
Adj R-squared	0,55
F	150,66

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

Tableau 58. Productivité de l'eau (échantillon global).

- Le résultat final, que le modèle estime, dépend donc de l'importance relative de ces deux effets. Dans ce contexte, le deuxième effet est donc plus important et domine largement le premier ; c'est pourquoi le résultat est négatif. Nous verrons lors de l'estimation des déterminants de la marge nette par hectare (bénéfice net par hectare), l'importance de l'effet de l'augmentation de la consommation d'eau par hectare sur l'amélioration significative de la marge nette par hectare.
- 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 35 %.
- L'élasticité de la production totale est hautement significative et se distingue par le signe adéquat. Lorsque la production par hectare augmente de 100 %, la productivité de l'eau s'accroît de 51 % à l'échelle globale de la Tunisie.
- L'élasticité de l'impact de l'origine de l'eau (privée ou publique). A l'échelle de la Tunisie, cette variable est significative et possède le signe approprié. En effet, lorsque nous passons d'une eau gratuite à une eau hautement subventionnée (secteur public) et de là, à une source d'eau légèrement subventionnée (secteur privé), la productivité de l'eau augmente de 30 %.
- L'élasticité de l'impact de la main-d'œuvre familiale. Cette variable a un impact positif et significatif sur la productivité de l'eau. Cependant, cet impact est quand même assez faible.

- L'élasticité superficie effectivement irriguée. L'élasticité de cette variable très importante se distingue par un impact significatif et positif sur la productivité. En effet, lorsque la superficie effectivement irriguée augmente de 100 %, la productivité de l'eau augmente de 10 %. Ce résultat est très important et mérite d'être explicité davantage. Nous savons qu'il y a un large débat sur le rôle de la taille des exploitations agricoles sur leur performance productive. La question, qui est encore débattue dans la littérature de l'économie de développement, pourrait être synthétisée très brièvement ainsi : dans les pays en développement, où l'agriculture joue encore un rôle moteur dans l'emploi et dans l'amélioration de la nutrition et surtout l'allègement du fléau de la pauvreté, faut-il opter pour des exploitations de petites tailles qui retiennent une main-d'œuvre familiale abondante ou plutôt promouvoir des exploitations de grande taille grâce à une réforme agraire volontariste ? Cette question est en effet d'une importance cruciale pour les preneurs de décision en la matière. Cependant, pour pouvoir répondre à cette interrogation, il est indispensable de résoudre une autre question sous-jacente qui pourrait être posée ainsi : la croissance de la taille de l'exploitation agricole a-t-elle un impact positif ou négatif sur sa performance productive ? Notre étude empirique nous donne déjà quelques éléments de réponses forts intéressants pour répondre à cette question cruciale.

La marge brute par hectare ou le bénéfice dégagé par un m³ d'eau utilisé pour l'irrigation

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

$$(3) \quad lbha1 = \alpha_0 + \alpha_1 lwha + \alpha_2 lsali + \alpha_3 lflha + \alpha_4 lsei + \alpha_5 Ase$$

Où :

- Lbha1 : log du bénéfice par m³ et par hectare ;
- Ase : agriculture sans élevage.

Le tableau 59 récapitule ces résultats d'une manière synthétique.

Le résultat le plus important à dégager de cette estimation est celui donné par l'élasticité salinité. En effet, selon les résultats illustrés par le tableau 59, lorsque le taux de salinité augmente de 100 %, le bénéfice dégagé par un hectare irrigué baisserait d'au moins de 150 %. Cette forte sensibilité de la valorisation de l'eau à la salinité devrait être considérée très sérieusement par les preneurs de décision. La lutte contre ce fléau dans ces régions hautement fragiles est à mettre dans la priorité des priorités.

Production totale par hectare

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

Variable expliquée	log de la marge brute par hectare (lbha1)
Variables explicatives	
Lwha	0,92 (0,000) ***
Lsali	-1,51 (0,000) ***
LFLHA	0,04 (0,000) ***
LSEI	0,12 (0,106) *
ASE	-0,86 (0,000) ***
Cte	1,06 (0,292)
N	744
Adj R-squared	0,23
F	45,40

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

Tableau 59. La marge brute par hectare.

Variable expliquée	La production totale par hectare (RTHA)
Variables explicatives	
FLHA	186,7 (0,000) ***
HLHA	1,5 (0,000) ***
WCHA	1,4 (0,000) ***
INTHA	1,8 (0,000) ***
ALIM	0,6 (0,000) ***
SEI	-246,0 (0,000) ***
SALI	-5352,4 (0,000) ***
NIV	167,7 (0,113) *
ANCI	24,0 (0,015) ***
ASE	-1095,3 (0,000) ***
RHE1	780,4 (0,002) ***
CTE	14021 (0,000) ***
N	761
Adj R-squared	0,62
F	112,6

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

Tableau 60. La production totale par hectare (RTHA).

hectare est :

$$(4) \quad rtha = \beta_0 + \beta_1 flha + \beta_2 hlha + \beta_3 wcha + \beta_4 intha + \beta_5 alim + \beta_6 sei + \beta_7 sali \\ + \beta_8 niv + \beta_9 anci + \beta_{10} ase + \beta_{11} RheI$$

Où :

- INTHA : le coût de intrants (fumiers, engrais, insecticides, herbicides, etc.) ;
- ALIM : le coût de l'alimentation du bétail ;
- NIV : le niveau d'instruction.

Le reste des variables est déjà définies plus haut.

Le tableau 60 donne les résultats de l'estimation des déterminants de la production totale par hectare pour l'ensemble de la Tunisie.

Tous les résultats obtenus sont pertinents :

- l'ensemble des variables retenues expliquent les 2/3 de la variabilité de la production totale ;
- le test F est hautement significatif ;
- L'effet de tous les inputs sur la production [coût de la main-d'œuvre familiale par hectare (en hommes par année), coût de la main-d'œuvre salariale par hectare, coût de l'eau par hectare, intrants par hectare (engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.) et 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.
- L'effet de la salinité sur la production est négatif et hautement significatif : lorsque la salinité de l'eau d'irrigation augmente, la production par hectare diminue très sensiblement. **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 niveau d'instruction de l'exploitant sur la production est positif et significatif à l'échelle de l'échantillon global. Lorsque le niveau d'instruction de l'exploitant principal s'élève, la production totale par hectare augmente sensiblement.
- L'effet de l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation est aussi positif sur la production et significatif à l'échelle de toute la Tunisie.
- 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 agriculture, sa production par hectare baisse sensiblement.

- L'effet de l'élevage sur la production totale est significatif et se distingue par le signe approprié pour l'échantillon global. Les exploitants qui ne pratiquent pas l'élevage comme complément à leurs activités agricoles, leur production par hectare baisse sensiblement.

2.2. 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 nette et la production totale.

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

La spécification (1) est maintenant estimée grâce aux échantillons des irrigants publics et privés.

Le tableau 61 donne l'estimation des déterminants de la consommation d'eau par hectare et par exploitant respectivement pour :

- l'échantillon global de la Tunisie (colonne 2) ;
- l'échantillon global de la Tunisie sans les exploitants qui bénéficient d'une eau gratuite (colonne 3) ;
- l'échantillon des exploitants qui disposent d'un équipement de pompage privé (colonne 4) ;
- l'échantillon des exploitants qui sont connectés à un réseau public de distribution d'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 Tunisie. 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 privés, cette élasticité (colonne 4) grimpe à 45 %, alors que celle des exploitants bénéficiant d'un réseau public (colonne 5) descend à 26 %. Ce résultat confirme et quantifie l'intuition de tous les experts en la matière, à savoir que le comportement des irrigants bénéficiant d'une ressource largement subventionnée sont moins sensibles au prix que les irrigants privés qui assument le coût réel de la ressource. On constate que l'élasticité de la demande des irrigants privés est largement supérieure à celle des irrigants publics ($45/26 = 1,73$).

Le tableau 62, qui met l'accent uniquement sur le prix de l'eau comme facteur explicatif de la variation de la demande eau, illustre davantage cette dimension. En effet les résultats des colonnes 4 et 5 montrent très clairement la différence significative entre les élasticités prix sur la demande en eau des exploitants privés et de ceux qui bénéficient d'un réseau public

	Tunisie	Tunisie (sans gratuit)	Privé	Public
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (LWHA)			
Variables explicatives				
Lwcmc	- 0,16 (0,000) ***	- 0,33***	-0,45***	-0,26***
Lrtha	0,13 (0,000) ***	0,12***	0,07***	0,14***
Lsei	- 0,27 (0,000) ***	-0,27***	-0,36***	-0,19***
Rhe1	0,24 (0,000) ***	0,21***	0,20***	0,24***
Lsali	- 0,39 (0,000) ***	-0,30***	-0,42***	-0,34***
Lhlha	0,03 (0,000) ***	0,03***	0,13***	0,31***
Lniv	0,10 (0,015) ***	0,11***	0,12**	0,10***
Ase	0,20 (0,000) ***	0,23***	0,46	0,25***
Wor	- 0,18 (0,002) ***	-	-	-
Lanci	7,62(0,000) ***	0,10***	0,031	0,09***
Cte	7,62 (0,000) ***	6,90***	6,85***	6,59***
N	761	744	206	538
Adj R-squared	0,52	0,57	0,63	0,52
F	92,88	109,57	40,28	65,42

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

Tableau 61. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).

	Tunisie	Tunisie (sans gratuit)	Privé	Public
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant			
Variable explicative				
Lwcmc	-0,28***	- 0,47***	-0,61***	-0,38***
Cte	8,11***	7,56***	6,79***	8,06***
N	761	744	206	538
Adj R-squared	0,15	0,20	0,35	0,13
F	130,41	188,74	111,86	79,48

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

Tableau 62. Consommation d'eau par hectare et par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau.

hautement subventionné par l'Etat. L'élasticité prix de l'exploitant privé est très significative et assez élevée avec -0.61 (1.6 fois plus importante que celle de l'exploitant public avec -0.38). Notons aussi que la variable prix de l'eau, dans le cas des exploitants privés, explique à elle seule 35 % de la variabilité de la demande en eau de tous les irrigants privés de la zone tunisienne du SASS.

Productivité économique de l'eau (WP)

La spécification (2) est estimée sur la base des échantillons des exploitants du PPI et ceux du PIP.

Les tableaux 61 et 62 donnent les estimations telles qu'elles sont produites par le logiciel pour les deux catégories d'exploitants retenues. Le tableau 63 récapitule ces résultats d'une manière synthétique.

- Les variables indépendantes (les déterminants) retenues expliquent entre 42% et 63 % la variabilité de la productivité de la ressource en eau (variable dépendante ou explicative) selon l'échantillon considéré. Le test F est largement significatif pour les trois spécifications retenues.
- L'élasticité prix de la ressource (ici le coût par hectare de l'eau supporté par l'exploitant), estimée sur la base de l'échantillon des exploitants du PPI est très similaire à celle obtenue pour l'échantillon global. Cependant, pour l'échantillon des exploitants des périmètres privés, cette élasticité, même si elle conserve le signe négatif, n'est pas significative. Ce résultat pour les irrigants privés pourrait s'expliquer ainsi : l'estimation obtenue est le résultat de deux effets combinés et de signes contraires. Pour cet échantillon, les deux effets pourraient être du même poids et s'annuleraient donc, c'est pourquoi l'estimation obtenue est non significative.
- L'élasticité de la salinité est hautement significative et se distingue par le signe approprié pour l'échantillon des exploitants publics. Cette élasticité est même plus importante que celle obtenue pour l'échantillon global. L'impact négatif de la salinité sur la productivité de l'eau est plus néfaste pour les irrigants alimentés par un réseau public. S'agissant des irrigants privés, cette élasticité n'est pas significative. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ces derniers bénéficient d'une eau relativement de meilleure qualité et surtout, comme ils rationalisent davantage l'utilisation de cette ressource et appliquent moins d'eau par hectare, ils réduisent ainsi ses impacts négatifs.
- L'élasticité de la production totale est hautement significative et se distingue par le signe adéquat pour les exploitants aussi bien publics que privés. Ce résultat confirme et appuie le résultat déjà obtenu sur l'échantillon global.
- L'élasticité de l'impact de l'origine de l'eau (privée ou publique). Cette variable n'est pertinente que pour l'échantillon global.

	Tunisie	Public	Privé
Variable expliquée	Log de la production de l'eau (LWP1)		
Variables explicatives			
Lwcha	- 0,30 (0,000) ***	- 0,33 (0,000) ***	-0,11 (0,406)
Lrtha	0,51(0,000) ***	0,49 (0,000) ***	0,55 (0,000) ***
Lsali	- 0,35 (0,000) **	-0,48 (0,000) ***	0,1 (0,774)
Wor	0,30 (0,003) ***	-	-
LFLHA	0,04 (0,000) ***	0,04 (0,000) ***	0,06 (0,01) ***
LSEI	0,10 (0,004) ***	0,06 (0,046) **	0,24 (0,01) ***
Cte	- 3,86 (0,000) ***	-2,9 (0,000) ***	- 4,7 (0,000) ***
N	744	538	206
Adj R-squared	0,55	0,63	0,42
F	150,66	181,39	30,12

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

Tableau 63. Productivité de l'eau (selon l'optique nature de la source d'eau).

- L'élasticité de l'impact de la main-d'œuvre familiale. Cette variable a un impact positif et significatif sur la productivité de l'eau aussi bien pour les irrigants publics que privés. Cependant, cet impact reste quand même assez faible comme ce fut le cas pour l'échantillon global.
- L'élasticité de la superficie effectivement irriguée. L'élasticité de cette variable très importante se distingue par un impact significatif et positif sur la productivité de l'eau dans les deux catégories d'irrigants aussi bien privés que publics. Ce résultat appuierait l'argumentation déjà développée pour l'échantillon global. Il faudrait ajouter que l'estimation désagrégée permet de montrer l'importance de la dimension superficie dans le contexte des périmètres irrigués privés. En effet, lorsque la superficie effectivement irriguée augmente de 100 %, la productivité de l'eau augmenterait uniquement de 6 % pour les irrigants publics et grimperait à 24 % pour les irrigants du secteur privé. Cette différence significative entre les deux catégories d'irrigants pourrait s'expliquer ainsi : la SEI de l'échantillon des exploitants privés a un CV (coefficient de variation) de 1,5, alors que celle des exploitants publics n'a que 1,3. La plus grande variabilité des SEI des privés a permis d'obtenir une estimation plus adéquate du phénomène étudié.

	Tunisie	Gratuits	Publics	Privés
Coefficient de variation	1,72	0,84	1,30	1,50

Tableau 64. Coefficient de variation des SEI.

Marge brute par hectare ou bénéfice dégagé par m³ d'eau utilisé pour l'irrigation

La spécification (3) est estimée sur la base des échantillons des exploitants du PPI et ceux du PIP.

Nous présentons préalablement les outputs bruts des estimations par le logiciel STATA selon la décomposition Tunisie globale sans irrigants bénéficiant d'une eau gratuite, irrigants du périmètre public et ceux du secteur privé.

Le tableau 65 récapitule ces résultats d'une manière synthétique.

	Tunisie	Public	Privé
Variable expliquée	Log de la marge brute par hectare (lbha1)		
Variables explicatives			
Lwha	0,92 (0,000) ***	1,06 (0,000) ***	0,40 (0,186)
Lsali	-1,51 (0,000) ***	-1,28 (0,000) ***	-2,72 (0,000) ***
LFLHA	0,04 (0,000) ***	0,05 (0,003) ***	0,04 (0,495)
LSEI	0,12 (0,106) *	0,73 (0,328)	0,22 (0,273)
ASE	-0,86 (0,000) ***	-0,54 (0,001)	-1,97 (0,000) ***
Cte	1,06 (0,292)	-0,52 (0,604)	6,44 (0,024)**
N	744	538	206
Adj R—squared	0,23	0,30	0,18
F	45,40	47,50	9,90

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

Tableau 65. Marge brute par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau)..

Les estimations des déterminants de la marge brute par hectare selon la désagrégation public/privé 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. On constate qu'une augmentation du taux de salinité de l'eau de 100 % provoquerait une diminution importante de 128 % du bénéfice net par hectare dans les périmètres publics irrigués et conduirait même à une baisse catastrophique de 272 % dans les périmètres irrigués privés.

Production totale par hectare

La spécification (4) est estimée sur la base des échantillons des exploitants du PPI et ceux du PIP.

Le tableau 66 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 public (colonne 3) et pour ceux du secteur privé (colonne 4).

	Tunisie	Public	Privé
Variable expliquée	La production totale par hectare (RTHA)		
Variables explicatives			
FLHA	186,7 (0,000) ***	153,3 (0,000) ***	286,2 (0,000) ***
HLHA	1,5 (0,000) ***	1,2 (0,000) ***	2,2 (0,000) ** *
WCHA	1,4 (0,000) ***	1,02 (0,012) ***	2,4 (0,000) ***
INTHA	1,8 (0,000) ***	1,8 (0,000) ***	1,8 (0,000) ***
ALIM	0,6 (0,000) ***	1,5 (0,000) ***	0,3 (0,000) ***
SEI	-246,0 (0,000) ***	-449,4 (0,000) ***	-148,6 (0,000) ***
SALI	-5352,4 (0,000) ***	-5505,3 (0,000) ***	-551,2 (0,000) ***
NIV	167,7 (0,113) *	2,1 (0,985)	508,6 (0,000) ***
ANCI	24,0 (0,015) ***	19,3 (0,062) *	62,5 (0,000) ***
ASE	-1095,3 (0,000) ***	348, (0,373)	-2235,3 (0,000) ***
RHE1	780,4 (0,002) ***	444,6 (0,221)	294,3 ()
CTE	14021,0 (0,000) ***	14800 (0,000) ***	115003 (0,000) ***
N	761	538	206
Adj R—squared	0,62	0,68	0,66
F	112,6	106,9	36,9

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

Tableau 66. La production totale par hectare (RTHA) (selon l'optique nature de la source d'eau).

Tous les résultats obtenus sont pertinents :

- l'ensemble des variables retenues expliquent les 2/3 de la variabilité de la production totale pour les trois catégories d'exploitants (ensemble de la Tunisie 0,62 %, publics 0,68 % et privés 0,66 %) ;
- Le test F est hautement significatif pour les trois catégories d'exploitants ;
- L'effet de tous les inputs de la production, [coût de la main-d'œuvre familiale par hectare (en hommes par année), coût de la main-d'œuvre salariale par hectare, coût de l'eau par hectare, intrants par hectare (engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.) et coût de l'alimentation du bétail], est **positif et hautement significatif**.

- La taille des exploitations (SEI) a le signe et l'effet attendus. 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 à 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, 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 niveau d'instruction de l'exploitant sur la production est positif et significatif à l'échelle de l'échantillon global. Lorsque le niveau d'instruction de l'exploitant principal s'élève, la production totale par hectare augmente sensiblement. Lorsqu'on passe aux échantillons plus réduits des exploitants publics et privés, cet effet devient non significatif.
- L'effet de l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation est aussi positif sur la production et significatif à l'échelle de toute la Tunisie et pour les exploitants privés. Cet effet est non significatif pour les exploitants bénéficiant d'un réseau d'irrigation public.
- 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 agriculture, sa production par hectare baisse sensiblement. Cet effet est non significatif lorsque nous retenons les échantillons réduits des exploitants publics et privés.
- L'effet de l'élevage sur la production totale est significatif et se distingue par le signe approprié pour l'échantillon global et pour les exploitants privés. Les exploitants qui ne pratiquent pas l'élevage comme complément à leurs activités agricoles, voient leur production par hectare baisser sensiblement.

Tous les résultats importants obtenus à l'échelle de toute la zone SASS tunisienne sont confirmés par les deux composantes de l'échantillon, à savoir l'ensemble des exploitants publics et privés. L'ensemble des variables déterminantes retenues par la spécification (1) explique encore mieux la variabilité de la production totale lorsqu'on désagrège l'échantillon global en deux composantes privée et publique. En effet, le R^2 ajustée passe de 0,62 dans le cas global à 0,66 pour les exploitants privés et monte même à 0,68 pour les irrigants du secteur public. Ces scores sont exceptionnels dans la modélisation qui utilise des données d'enquêtes où l'effet de la dynamique temporelle est absent.

2.3. Analyse quantitative selon l'optique spatiale

L'analyse précédente a retenu le critère du mode de paiement des coûts de mobilisation de la ressource en eau à l'échelle de l'exploitation ainsi que le type de réseau d'irrigation utilisé par l'exploitant. En effet, ce critère met essentiellement l'accent sur le coût de l'eau d'irrigation supporté directement par l'exploitant. Passons maintenant à un autre critère aussi important que le premier et qui met un éclairage particulier sur les spécificités régionales de la grande zone SASS tunisienne.

Le Sud tunisien (la partie intégrée dans la zone SASS) pourrait être subdivisé en trois grandes régions assez homogènes :

- la **Jeffara** qui concernera dans ce contexte les deux gouvernorats de Médenine et de Tataouine. Cette région est de nature steppique et les parcours y prédominent. L'essentiel de l'agriculture est plutôt extensive et l'arboriculture en sec, s'appuyant sur l'olivier, y est la règle. L'agriculture irriguée est une activité récente sur des superficies encore très modestes ne dépassant pas dans les deux gouvernorats les 10 000 hectares. Par contre, l'élevage est une activité importante et assez ancienne.
- La **zone des oasis maritimes** (essentiellement le gouvernorat de Gabès). Cette région, très dynamique, connaît des changements structurels importants. L'agriculture, qui était essentiellement basée sur l'arboriculture (le palmier et le grenadier) pratiquée dans des oasis à étages assez anciennes, subit actuellement des mutations profondes avec la croissance d'une agriculture intensive et semi-intensive en dehors des oasis traditionnelles. Ces oasis traditionnelles, qui étaient le pilier principal de l'activité agricole, sont aujourd'hui en perte de vitesse au profit de l'agriculture moderne hors oasis.
- La **zone des oasis sahariennes ou continentales** (gouvernorats de Kébili et de Tozeur). Nous appellerons cette zone oasis continentales. Elle s'appuie essentiellement sur l'agriculture oasisienne où le palmier (surtout la variété Deglet Nour) est roi. Cette région doit son existence à l'irrigation intensive totalement dépendante des eaux souterraines très peu renouvelables du SASS. Elle est actuellement la plus menacée par la surexploitation et donc la dégradation continue de cet aquifère vital.

Les mêmes critères d'analyse que dans la section précédente sont retenus, à savoir :

- la consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA) ;
- la productivité économique de l'eau par m³ (WP) ;
- la marge brute par hectare ou le bénéfice dégagé par m³ d'eau utilisé.

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

La spécification (1) est estimée sur la base des échantillons des exploitants des trois zones retenues, à savoir Médenine-Tozeur, Gabès et Kébili-Tozeur.

	TUNISIE (sans les gratuits)	Médenine-Tataouine (Jeffara)	Gabès (Oasis maritimes)	Kébili-Tozeur (Oasis continentales)
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare par exploitant (LWHA)			
Variables explicatives				
Lwcmc	- 0,33***	- 0,19 (0,000) ***	-0,76 (0,000) ***	-0,16 ***
Lrtha	0,12***	0,06 (0,000) ***	0,22 (0,003)***	0,06 **
Lsei	-0,27***	- 0,23 (0,000) ***	-0,26 (0,025)**	0,02
RHE1	0,21 ***	0,19 (0,000) ***	0,54 (0,021) **	0,02
Lsali	-0,30***	- 0,73 (0,000) ***	0,35 (0,920)	-0,22 ***
Lhlha	0,03***	0,01 (0,000) ***	0,03 (0,10) *	0,01 ***
Lniv	0,11***	-	-	0,01
ASE	0,23***	-	-	0,04
WOR	-	0,20 (0,000) ***	-0,11 (0,691)	-0,005
Lanci	0,10***	-	-	0,02
Cte	6,90***	7,1 (0,000) ***	4,3 ***	8,61 ***
N	744	219	144	383
R-squared	0,57	0,32	0,40	0,25
F	109,57	15,73	14,74	13,55

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

Tableau 67. La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA).

Le tableau 67 récapitule d'une manière synthétique, l'essentiel des résultats obtenus par une estimation économétrique appropriée et illustrée par les outputs ci-dessus :

- **L'élasticité prix** : cette élasticité est significative et négative pour les trois zones. Même si l'on retient le critère régional, le prix de l'eau a un impact significatif sur la demande. Cependant cet impact est assez important dans la région de Gabès. En effet, si le coût de l'eau varie de 100 %, la demande accuse une baisse significative de 76 %. Par contre, dans les deux autres régions cet impact, même s'il reste significatif, est plutôt assez faible. Dans la Jeffara, il est de 19 % et dans le Jérid, il est de l'ordre de 16 %.

Cette différence très significative entre les trois régions s'expliquerait au moins partiellement par le différentiel entre la variabilité du coût payé directement par l'exploitant, comme illustré par le CV (tableau 68).

	Tunisie	Médenine-Tataouine	Kébili-Tozeur	Gabès
Coefficient de variation	1,02	0,72	0,79	1,34

Tableau 68. Coefficient de variation du coût par m³ d'eau payé directement par l'exploitant par région.

- L'impact de la production sur la demande en eau : comme attendu, cet impact est positif et significatif pour toutes les zones. Lorsque la production par hectare augmente, la demande en eau par hectare augmente aussi d'une manière significative dans les trois zones.
- L'élasticité superficie : cette élasticité est significative et négative pour les deux zones de la Jeffara et de Gabès. Par contre, elle n'est pas significative pour la zone du Jérid. Lorsque la superficie de l'exploitation augmente, la demande en eau par hectare baisse sensiblement dans la Jeffara et dans la région de Gabès. Ceci s'expliquerait par le fait que lorsque l'exploitant étend la superficie irriguée, il baisse l'intensité de ses cultures. Dans la zone du Jérid, comme les exploitations sont déjà relativement de petite taille, l'intensification est déjà assez élevée. *Notons que dans cette zone l'analyse devrait être conduite plutôt par palmier et non selon le critère de la superficie, vu l'état avancé du morcellement et l'intensification de la culture oasisienne dans cette zone.*

Productivité économique de l'eau (EWP)

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 trois zones (Kébili-Tozeur, Médenine-Tataouine et Gabès) sont présentés ci-dessous :

Le tableau 69 récapitule d'une manière synthétique, l'essentiel des résultats obtenus par une estimation économétrique appropriée et illustrée par les outputs ci-dessus :

- L'élasticité superficie : cette élasticité, lorsque nous retenons le critère de la décomposition régionale, est d'une importance capitale dans cette analyse. Grâce à cette estimation, s'appuyant sur une base de données aussi bien riche qu'originale, il est possible 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-il promouvoir des exploitations de grande taille grâce à une réforme agraire volontariste ou opter pour des exploitations de taille réduite afin d'occuper le maximum de gens à la campagne ?

Selon les résultats illustrés par la première ligne du tableau ci-dessus, l'élasticité superficie est hautement significative et positive pour les deux zones de la Jeffara

	Médenine-Tataouine (Jeffara)	Gabès (Oasis Maritimes)	Kébili-Tozeur (Oasis continentales)
Variable expliquée	Productivité de l'eau (LWP1)		
Variables explicatives			
LSEI	0,36 (0,008) ***	0,22 (0,013) ***	-0,12 (0,009) ***
LSALI	- 2,03 (0,000) ***	-1,13 (0,003) ***	-1,33 (0,000) ***
LFLHA	0,08 (0,002) ***	0,071 (0,003) ***	0,003 (0,730) ***
ASE	-1,25 (0,000) ***	-0,74 (0,001) ***	-0,10(0,314) ***
TI	-0,80 (0,086) *	-0,08 (0,862)	-0,69 (0,156) ***
Cte	1,74 (0,000) ***	0,32 (0,519)	0,21 (0,659)
N	219	144	398
R-squared	0,23	0,30	0,25
F	14,09	13,14	27,91

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

Tableau 69. Productivité de l'eau.

et de Gabès ; par contre, elle est négative pour la zone du Jérid. Dans les zones de la Jeffara et de Gabès, la productivité de l'eau augmente lorsque la superficie de l'exploitation s'accroît. En effet, si la superficie irriguée d'une exploitation irriguée double, sa productivité s'accroît de 36 % dans la zone de Jeffara et de 22 % dans la zone de Gabès. Dans ces deux zones, les résultats obtenus militent en faveur d'une réforme agraire volontariste qui mette fin au morcellement qui caractérise les propriétés terriennes en Tunisie. Par contre, le résultat obtenu pour la zone du Jérid paraît au premier abord paradoxal. Cependant, si l'on examine minutieusement la situation dans cette zone, le résultat obtenu pourrait être justifié. Dans la zone du Jérid, où l'unité de comptage est plutôt le pied de palmier, la superficie n'est pas pertinente dans l'analyse de la productivité de la ressource. Cette dernière, devrait plutôt être conduite sur la base du palmier que sur la superficie. Nous reviendrons plus tard sur ce point dans une analyse plus fine de nos données.

- **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 dans les trois zones. Si la salinité de l'eau augmente de 100 %, sa productivité baisse à raison de 203 % dans la zone de la Jeffara, de 113 % dans le gouvernorat de Gabès et de 133 % dans le Nefzaoua et le Jérid. Ce résultat est d'une importance capitale puisqu'il démontre l'urgente nécessité de combattre ce fléau afin d'assurer la durabilité de toute agriculture irriguée dans cette région stratégique pour les trois pays concernés.

- L'élasticité main-d'œuvre familiale : cette élasticité positive et significative pour les trois zones montre l'importance de la main-d'œuvre familiale dans la gestion de la ressource en eau. Lorsque la main-d'œuvre familiale par hectare irrigué augmente, la productivité de la ressource en eau augmente aussi.
- L'élasticité élevage : cette élasticité aussi significative que positive montre l'importance de l'élevage dans le revenu de l'agriculteur et surtout de la valorisation de la ressource rare dans les trois zones. Cependant, il faut noter que l'importance de cette activité est nette pour la zone de la Jeffara où l'élevage constitue une composante essentielle dans le revenu de l'exploitant. Par contre, dans le Jérid et le Nefzaoua, où l'irrigation oasienne est hautement intensive, l'élevage devient beaucoup moins important tout en restant d'un apport non négligeable.

Marge brute par hectare dégagée par un m³ d'eau utilisé

Les outputs de l'estimation des déterminants de la marge nette d'un hectare irrigué, grâce à la spécification (3), par STATA 11 pour les trois zones (Kébili-Tozeur, Médenine-Tataouine et Gabès), sont présentés ci-dessous :

	Tunisie (sans gratuits)	Médenine-Tataouine (Jeffara)	Gabès (Oasis maritimes)	Kébili-Tozeur (Oasis continentales)
Variable expliquée	marge brute par hectare (Lbha1)			
Variables explicatives				
LWHA	0,92 (0,000) ***	1,47 (0,000) ***	0,92 (0,000) ***	0,56 (0,19)
LSEI	0,12 (0,106) *	0,57 (0,018) ***	0,16 (0,184)	-1,31 (0,192)
LSALI	-1,51 (0,000) ***	-2,46 (0,014) ***	-1,15(0,028) **	-1,68 (0,028) **
LFHA	0,04 (0,000) ***	0,12 (0,012) ***	0,08 (0,010)***	-
ASE	-0,86 (0,000) ***	-2,04 (0,000) *	-0,76 (0,008)	-0,19 (0,250)
Cte	1,06 (0,292)	-2,43 (0,426) ***	1,03 (0,207)	3,92 (0,095)
N	744	219	144	398
R-squared	0,23	0,28	0,45	0,18
F	45,40	17,51	24,79	23,4

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

Tableau 70. Marge brute par hectare ou bénéfice dégagé par m³ d'eau utilisé pour l'irrigation.

Les estimations des déterminants de la marge nette par hectare selon la désagrégation spatiale de l'échantillon global en trois zones (Médenine-Tataouine, Gabès et Kébili-Tozeur) 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. On constate qu'une augmentation du taux de salinité de l'eau de 100 % provoquerait une diminution importante de 115 % du bénéfice net par hectare dans le gouvernorat de Gabès, de 168 % dans le Jérid et conduirait même à une baisse catastrophique de 246 % dans les périmètres irrigués de la Jeffara.

3. Synthèse des résultats et quelques éléments de recommandations

Les résultats préliminaires obtenus, grâce à une analyse quantitative s'appuyant sur l'échantillon d'exploitants tunisiens, sont très encourageants et confirment la pertinence de l'optique adoptée dans ce projet. En effet, l'effort gigantesque déployé pour collecter des données réelles à l'échelle de l'utilisateur primaire de la ressource s'avère utile et concluant. En outre, le recours aux logiciels les plus récents, conçus spécialement pour traiter des données d'enquêtes individuelles, ainsi qu'aux outils économétriques les plus appropriés, ont permis d'obtenir des résultats 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 par l'analyse de l'information récoltée dans la zone SASS tunisienne.

- **Le coût de l'eau à la charge de l'exploitant** : tous les résultats obtenus, quel que soit le critère de découpage retenu (type de réseau utilisé, mode de paiement du coût de la ressource utilisée, dimension spatiale), montrent que lorsque le coût payé directement par l'irrigant augmente, la demande en eau baisse substantiellement. L'élasticité prix de la demande en eau varie, selon la catégorie d'exploitants retenue (public, privé), la zone géographique considérée (Jeffara, oasis maritimes, oasis continentales) et la spécification choisie, de 0,16 à 0,75 (*lorsque le prix de l'eau augmente de 100 %, sa demande baisse de 16 à 75 %*). Ce résultat démontre l'importance majeure de la dimension « **tarification** » de la ressource dans la maîtrise de sa demande. Cette maîtrise induirait la conservation de la ressource et permettrait ainsi d'assurer sa durabilité et sa pérennité pour les générations futures et surtout pour la survie d'une région vitale à l'ensemble du pays.
- **La salinité de la ressource** : les résultats obtenus, qui démontrent et surtout quantifient l'impact hautement négatif de la salinisation de la ressource sur la production de l'agriculture irriguée ainsi que sur la productivité de l'intrant le plus limitant à savoir l'eau, confirment et appuient les résultats obtenus par les agronomes. *Rappelons que selon nos estimations, la production d'un hectare irrigué baisserait de 150 % pour une augmentation de la salinité de l'eau utilisée de 100 %*. Tous nos résultats démontrent, sans aucune ambiguïté, que la salinisation de la ressource suite à sa surexploitation est un fléau qu'il faut combattre par tous les moyens possibles.
- **Le morcellement** : les résultats obtenus montrent que lorsque la superficie de l'exploitation irriguée augmente, sa rentabilité s'améliore et surtout la productivité de

l'eau, s'accroît sensiblement. Ce résultat est net à l'échelle de l'échantillon global, des secteurs public et privé ainsi dans les régions de la Jeffara et de Gabès.

- **L'origine de la ressource** (privée ou publique). A l'échelle de la Tunisie, cette variable est significative et possède le signe approprié. En effet, lorsque nous passons d'une eau gratuite à une eau hautement subventionnée (secteur public) et de là à une source d'eau légèrement subventionnée (secteur privé), la productivité de l'eau augmente de 30 %. Ce résultat est assez important dans le débat sur le choix entre une gestion centralisée par l'Etat (gestion publique de l'eau d'irrigation) et une gestion décentralisée soit par le marché, soit par le recours à une gestion participative.
- **L'ancienneté de la pratique de l'irrigation** : selon les estimations effectuées, il semblerait que plus la pratique de l'irrigation est ancienne, meilleure est la rentabilité et la productivité de la ressource en eau utilisée.
- **Le niveau d'instruction** : lorsque le niveau d'instruction du chef de l'exploitation augmente, sa valorisation de la ressource en eau s'améliore.
- **Le rôle de l'élevage** : dans la Jeffara et la région de Gabès, l'élevage joue un rôle positif et significatif dans l'amélioration de la valorisation de la ressource en eau utilisée par les exploitations irriguées.
- **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.

II. ALGÉRIE

Deux types d'analyses seront faites sur les données :

- une analyse descriptive, grâce à des statistiques simples, permettra de dégager les caractéristiques les plus usuelles ;
- une analyse quantitative, grâce aux outils économétriques les plus récents, permettra de révéler les caractéristiques les plus importantes et les plus utiles pour la conception de politiques économiques les plus appropriées.

1. Analyse descriptive

L'analyse descriptive 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.

1.1. Taille de l'échantillon retenu dans l'analyse

Le tableau 71 décrit l'échantillon prévu, ainsi que l'échantillon réalisé sur le terrain.

Malgré toutes les difficultés rencontrées, dues essentiellement à l'étendue du territoire couvert et aux distances séparant les exploitations enquêtées, le taux de réalisation de 96 % est plus qu'honorable.

Ainsi, sur un échantillon prévu de 1 605 exploitations, la première campagne d'enquêtes en a réalisé effectivement 1 535, soit un taux de couverture de 96 %.

Dans le processus de validation, qui a consisté à vérifier la qualité de l'information collectée par l'enquête réalisée sur le terrain, 220 enquêtes ont été rejetées. Ce taux de rejet d'environ de 14 % s'explique en partie par le rejet important dans la wilaya de Ghardaïa. En effet, si l'on fait abstraction de la wilaya de Ghardaïa, ce taux tombe à 3 %, ce qui est un excellent résultat. Le taux de rejet de l'ordre de 50 % dans la wilaya de Ghardaïa est dû à la mauvaise performance des enquêteurs chargés de la réalisation de la campagne sur le terrain.

Sur les 1 315 enquêtes validées, seules 1 213 ont été retenues pour l'analyse aussi bien descriptive que quantitative, soit un pourcentage de 92 %. En effet, l'échantillon de Ghardaïa, qui n'est formé que de 100 exploitations après validation, n'est plus représentatif de l'ensemble des exploitations de la Wilaya selon les critères préétablis. Retenir cet échantillon tronqué introduit un biais dans toute l'analyse ; c'est pourquoi il est plus judicieux de l'écarter. Heureusement, cette wilaya ne représente que 7 % de l'ensemble des superficies irriguées du SASS algérien (16 431 ha sur un total de 234 834 ha effectivement irrigués des 5 wilayas).

En résumé, sur les 1 605 enquêtes prévues, 1 213 ont été réalisées correctement sur le terrain et ainsi retenues dans le cadre de cette analyse, soit un taux de couverture de l'ordre 78,2 %. Etant donné que l'échantillon prévu était surdimensionné, 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.

1.2. Découpage approprié

L'analyse des données collectées dans les 5 zones algériennes du 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 :

Wilaya	Echantillon prévu	Echantillon réalisé	% de réalisation
Biskra	460	460	100
El Oued	400	400	100
Ouargla	270	220	81
Adrar	255	255	100
Ghardaïa	220	200	91
Total	1605	1535	96

Tableau 71. Echantillon prévu et échantillon réalisé.

Wilaya	Echantillon réalisé	Echantillon validé	% de rejet	Echantillon retenu dans l'analyse		Enquêtes non retenues	
				Taille	%	Taille	%
Biskra	460	410	11	410	100	0	0
El Oued	400	390	2.5	390	100	0	0
Ouargla	220	166	24	166	100	0	0
Adrar	255	247	3	247	100	0	0
Ghardaïa	200	102	49	0	0	100	100
Total	1535	1315	14	1213	92	100	8

Tableau 72. Taille de l'échantillon retenu dans l'analyse.

- | | | |
|--|------------|---------------|
| (1) Forage privé individuel | Profondeur | débit (l/s) : |
| (2) Forage privé collectif | Profondeur | débit (l/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, Ghout) 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 d'une source, d'un forage artésien, d'une foggara ou bien offerte gratuitement par l'Etat. Cette modalité retient les types d'irrigation opérée selon les modes d'irrigation (6) et (7).

- ... « Collectif » : l'exploitant est branché à un réseau d'irrigation collectif. La collectivité publique supporte tous les coûts fixes d'investissement et n'impute à l'exploitant qu'une fraction des coûts variables d'opération et de maintenance de l'équipement de mobilisation. Cette modalité retient les types d'irrigation opérée selon les modes d'irrigation (2), (3) et (5).
- ... « Privé » : 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, seuls les coûts de l'énergie et de l'entretien sont retenus. Cette modalité retient les types d'irrigation opérée selon les modes d'irrigation (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 partie SASS algérienne est subdivisée en 4 régions homogènes :
 - ... la région de Biskra ;
 - ... la région de l'Oued Souf ;
 - ... la région de l'Oued Righ ;
 - ... la région d'Adrar.

Ces quatre régions produisent l'essentiel de la production agricole irriguée de tout le Sahara algérien et fournissent plus de 85 % de la production agricole en irrigué du Sahara. Elles consomment aussi l'essentiel des eaux du SASS en Algérie. Voilà pourquoi nous privilégions ces régions dans cette analyse préliminaire.

1.3. Analyse proprement dite

Le tableau 73, qui retient l'optique mode de paiement du coût de l'eau, donne la moyenne, le minimum, le maximum, l'écart type et la médiane des variables clefs de cette analyse préliminaire pour l'ensemble du pays et les trois catégories retenues.

Le tableau 75 mettra l'accent sur les caractéristiques les plus importantes à tirer de ce tableau, mais auparavant quelques remarques s'imposent :

- 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 que celle des exploitants bénéficiant d'une source d'eau gratuite (*6,4 hectares pour les premiers, 4 hectares pour les seconds et 1,7 hectare pour les derniers*).
- S'agissant de l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation, l'exploitation privée est un phénomène plus récent que les deux autres types (*20 ans en moyenne pour les*

	SEI	MBHA	ASE	WP	DAPMC	TI	WHA	WCMC	WCHA
Global sans Ghout									
Moy	5,02917157	436525,425	0,84803714	29,395807	31,8845086	0,83696735	13431,6825	2,48870155	26512,687
Min	0,05	822,999975	0	0,15875771	1,46407091	0,015	1166,4	3,6075E-10	0,00001
Max	254	12317560	1	633,619342	634,619342	2	39398,4	13,744213	101333,333
Med	2	283866,667	1	25,6397891	28,5952381	1	12960	2	25439,3305
ET	10,8910713	616529,009	0,23340999	28,212917	28,2050864	0,2477283	6506,08987	1,74454538	13843,6139
Global sans gratuits									
Moy	5,32524457	437207,859	0,86450053	30,2747487	32,9252604	0,83242442	12748,7638	2,65051178	27898,241
Min	0,05	822,999975	0	0,15875771	1,46407091	0,015	1166,4	0,36168981	3110,4
Max	254	12317560	1	633,619342	634,619342	2	39398,4	13,744213	100000
Med	2,5	274546,4	1	26,5078742	29,5552249	1	12441,6	2,08917601	26939,9385
ET	11,2425296	631994,25	0,22002199	28,8767856	28,7894837	0,24980895	6100,18477	1,70082679	12911,5858
Individuel									
Moy	5,86462324	501526,234	0,84093347	35,4032107	38,4835768	0,80489118	11870,7094	3,08036607	29868,0817
Min	0,06	822,999975	0	0,15875771	3,12945157	0,03888889	1166,4	0,40154951	3110,4
Max	90	12317560	1	633,619342	634,619342	2	39398,4	13,744213	73333,3333
Med	3	323893,333	1	30,462963	33,3777591	1	11108,5714	2,72633745	28853,3333
ET	9,26862949	720894,273	0,23642296	31,8591265	31,4745101	0,2633327	6088,99925	1,79186419	12598,1625
Collectif									
Moy	4,00956386	280319,113	0,92198656	17,7651357	19,3671244	0,89958493	14890,56	1,60198869	23093,3026
Min	0,05	3200	0,08235725	0,47483381	1,46407091	0,015	1658,88	0,36168981	3666,66667
Max	254	1896000	1	68,5763889	69,3721065	1	31104	7,2337963	100000
Med	2,00	186140,00	1,00	13,74	15,43	1,00	15552,00	1,63	20000,00
ET	14,94	268211,27	0,16	13,13	13,27	0,20	5583,33	0,75	12414,29
Gratuit									
Moy	1,18	427661,81	0,63	17,98	18,37	0,90	22301,59	0,39	8516,78
Min	0,06	30250,00	0,00	3,38	3,44	0,15	7488,00	0,00	0,00
Max	10,00	1980000,00	1,00	68,75	70,14	1,00	32400,00	3,52	101333,33
Med	0,80	336200,00	0,66	15,10	15,45	1,00	23040,00	0,24	5000,00
ET	1,33	361947,10	0,29	12,87	12,98	0,21	4927,69	0,49	12978,03

Tableau 73. Répartition selon le type de réseau d'irrigation.

privés, 25 et 22 ans respectivement pour les collectifs et gratuits).

Le tableau 74, qui retient le critère de l'homogénéité spatiale, donne la moyenne, le minimum, le maximum, l'écart type et la médiane des variables clefs de cette analyse préliminaire pour l'ensemble du pays et les quatre régions retenues. Le tableau 75 mettra l'accent sur les caractéristiques les plus importantes à tirer de ce tableau, mais auparavant quelques remarques s'imposent :

- la moyenne des superficies irriguées par les exploitants de la région de Biskra est

	SEI	MBHA	ASE	WP	DAPMC	TI	WHA	WCMC	WCHA
Biskra									
Moy	7,25	513447,95	0,93	36,85	39,37	0,80	12383,40	2,52	24121,60
Min	0,20	823,00	0,00	0,16	2,61	0,04	1166,40	0,06	1428,57
Max	254,00	4408461,60	1,00	282,88	289,39	1,00	39398,40	8,96	56164,38
Med	4,00	411527,50	1,00	35,19	37,52	1,00	11722,77	2,02	22308,78
ET	14,39	482770,18	0,18	21,90	21,67	0,26	6747,49	1,58	10403,13
O. Souf									
Moy	4,70	606422,83	0,85	37,44	41,05	0,80	13023,02	3,61	36571,24
Min	0,06	2000,00	0,00	0,39	5,12	0,04	2114,26	0,08	1666,67
Max	58,00	12317560,00	1,00	633,62	634,62	2,00	33696,00	13,74	73333,33
Med	2,00	332125,00	1,00	28,00	31,79	1,00	12960,00	3,20	35714,29
ET	8,55	1102206,49	0,28	48,25	47,68	0,29	6455,15	2,14	12494,34
O. Righ									
Moy	3,24	191918,66	0,92	13,52	15,32	0,88	14217,88	1,80	22760,71
Min	0,05	3200,00	0,07	0,47	1,46	0,02	3110,40	0,12	2272,73
Max	30,00	945239,47	1,00	44,11	45,21	1,00	31104,00	10,68	100000,00
Med	2,00	151173,64	1,00	10,95	12,58	1,00	14052,96	1,68	20000,00
ET	4,55	155105,79	0,15	9,06	9,37	0,21	5541,84	1,31	12268,17
Adrar									
Moy	3,09	406066,39	0,64	26,69	28,87	0,89	14517,71	2,18	25945,91
Min	0,06	9111,11	0,05	3,44	3,44	0,17	2620,80	0,00	0,00
Max	90,00	1980000,00	1,00	103,49	106,59	1,00	32400,00	8,83	101333,33
Med	1,06	318241,03	0,67	24,28	26,01	1,00	12830,40	2,24	24434,72
ET	9,25	353263,30	0,20	15,74	16,14	0,20	6564,65	1,35	16339,27
Adrar sans gratuits									
Moy	3,74	379933,73	0,66	28,48	31,16	0,87	11948,08	2,67	30542,55
Min	0,20	9111,11	0,05	3,48	7,38	0,17	2620,80	0,61	4964,29
Max	90,00	1924750,00	1,00	103,49	106,59	1,00	29433,60	8,83	68000,00
Med	1,50	289833,33	0,69	26,04	28,82	1,00	11232,00	2,59	29117,65
ET	10,34	337844,25	0,19	15,82	16,00	0,21	4402,29	1,04	13294,31

Tableau 74. Répartition selon les 4 régions considérées.

plus élevée que celle des exploitants des trois autres régions (7,2 hectares pour Biskra, 4,7 pour O. Souf, 3,2 pour O. Righ et 3,7 pour Adra). La médiane des superficies irriguées par les exploitants de la région de Biskra est aussi plus élevée que celles des exploitants des deux autres régions (4 hectares pour Biskra et seulement 2 ha pour les trois autres régions).

- S'agissant de l'ancienneté dans la pratique de l'irrigation, la zone d'O. Righ avec 25 ans d'ancienneté moyenne, se distingue par les pratiques les plus anciennes.

Les tableaux 75 et 76 retiennent quelques variables clefs, d'importance primordiale pour

notre analyse quantitative, calculées selon les deux optiques spatiale et mode de paiement du coût de l'eau.

Quelques résultats préliminaires pourraient être déjà dégagés du tableau 73 qui retient l'optique du type de réseau d'irrigation :

- La consommation (ou demande) de l'eau par hectare et par exploitant :
 - ... les exploitants privés, qui supportent l'essentiel du coût de la mobilisation de l'eau, utilisent cette ressource avec modération, avec en moyenne 11 871 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 14 891 m³ (soit 25 % 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 22 301 m³ en moyenne par hectare, ils utilisent environ le double de l'exploitant privé.

Ce résultat démontre à lui seul, sans aucune ambiguïté, 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.

- Coût de l'eau par m³ :

Le coût du m³ d'eau payé directement s'élève à 1,60 DA/m³ (0,016 €*) pour l'exploitant relié à un réseau collectif tandis que le privé débourse au moins 3 DA/m³ (0,03 €), soit environ le double de la charge de l'irrigant collectif. Notons au passage que le coût réellement supporté par le privé est largement supérieur à ce montant si on intègre les coûts fixes. (* Base de conversion : 1 € = 100 DA).

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 (exposée en détail dans la section 4).

- Productivité de l'eau :

Le tableau 75 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 18 DA/m³ ;
- ... par contre, les exploitants qui assument l'essentiel du coût de la mobilisation de la ressource, à savoir les privés, valorisent beaucoup mieux l'eau utilisée, avec 35 DA/m³.

Ce résultat sur la productivité du m³ alloué à la production agricole est diamétralement

	Algérie (sans ghout)	Algérie (sans gratuits)	Réseau individuel	Réseau collectif	Gratuits (foggaras, forage artésien)
Nombre d'exploitants	1189	1104	783	321	85
Consommation d'eau par hectare et par exploitant (m³/ha)	13 432	12 749	11 871	14 891	22 302
Coût de l'eau (DA/m³)	2,49	2,65	3,08	1,60	0,39
Productivité de l'eau (DA/m³)	29,40	30,27	35,40	17,77	17,98
DAP (DA/m³)	31,88	32,93	38,48	19,37	18,37
Taux d'intensification (super. irriguée/ sup. irrigable)	0,84	0,83	0,80	0,90	0,90

Tableau 75. Répartition selon le type de réseau de pompage de l'eau (collectif, privé, gratuit).

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.

- DAP par m³ :

Comme les définitions de la productivité de l'eau et celle de la DAP sont assez proches (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 aussi assez similaires dans ce contexte. En effet, le privé qui assume la charge la plus importante pour la mobilisation de son eau d'irrigation, est le plus disposé à la payer à un prix fort (38 DA/m³), suivi par l'exploitant bénéficiant d'un réseau collectif largement subventionné par la collectivité (19 DA/m³) et enfin par l'exploitant disposant actuellement d'une ressource d'eau quasi gratuite qui n'est disposé à la payer qu'à uniquement 17 DA/m³.

- Taux d'intensification :

Les TI sont respectivement de 0,9 en moyenne pour l'exploitant ayant une ressource gratuite et celui relié à un réseau collectif et de 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.

Quelques résultats préliminaires pourraient aussi être dégagés du tableau 76 qui retient l'optique du découpage spatiale de la zone SASS algérienne en trois régions homogènes.

- Consommation (ou demande) d'eau par hectare, par exploitant et par zone :

La consommation d'eau par hectare est différente selon les zones. En effet, elle passe de 12 383 m³/ha dans la zone de Biskra à 14 218 m³/ha dans la zone de l'Oued Righ. Cette différence s'explique tout simplement par l'importance du réseau collectif dans chaque région. En effet, l'Oued Righ, qui se caractérise par la consommation la plus élevée, est la région où le réseau collectif est prédominant. L'importance du réseau collectif est plutôt

	Algérie	Biskra	O. Souf	O. Righ	Adrar
Nombre d'exploitants	1189	410	239	244	246
Consommation d'eau par hectare et par exploitant (m³/ha)	13 432	12 383	13 023	14 218	14 518
Coût de l'eau (DA/m³)	2,49	2,52	3,6	1,8	2,18
Productivité de l'eau (DA/m³)	29,40	36,8	37,4	13,5	26,7
DAP (DA/m³)	31,88	39,4	41,1	15,3	29,4
Taux d'intensification (super. irriguée/ sup. irrigable)	0,84	0,80	0,80	0,88	0,84

Tableau 76. Répartition selon les zones géographiques.

faible dans les deux zones de Biskra et d'Oued Souf. La consommation très élevée de la wilaya d'Adrar, qui s'élève à 14 515 m³/ha, est certainement due à l'aridité extrême de cette région.

- Coût de l'eau par m³ :

Le coût de l'eau payé par l'exploitant est plus important dans les deux zones de Biskra et d'Oued Souf avec respectivement 2,52 et 3,6 DA/m³ que dans l'Oued Righ (1,8 DA/m³). Cette différence, assez significative, s'explique par le fait que dans les deux premières zones, il y a beaucoup d'exploitants privés alors que dans l'Oued Righ, où prédominent les périmètres publics, l'eau est largement subventionnée. La faiblesse relative du coût moyen de l'eau à Adrar est certainement due à la présence d'une proportion importante d'irrigants bénéficiant de foggaras.

- Productivité de l'eau :

La valorisation de la ressource passe de 13,5 DA/m³ dans l'Oued Righ à environ 37 DA/m³ dans les deux régions de Biskra et d'Oued Souf, soit une augmentation de 274 %. Cette forte différence s'explique par les problèmes complexes que vit actuellement l'immense palmeraie de l'Oued Righ. En effet, la baisse sensible de productivité de cette région s'explique, au moins partiellement, par la remontée de la salinité, en raison d'une irrigation excessive suite à la dominance de réseau d'irrigation collective hautement subventionné.

- DAP par m³ : le même commentaire est aussi valable pour la DAP.

2. Analyse quantitative et commentaire des résultats obtenus

Cette analyse quantitative, qui a pour objet principal de formuler des propositions de recommandations opérationnelles pour les preneurs de décision, sera menée en trois niveaux :

- le premier niveau 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 en eau gratuite ;
 - ... « Bloc collectif » : les exploitations alimentées par un réseau collectif ;
 - ... « Bloc privé » : les exploitations irriguées par un réseau privé ;
- le troisième niveau tiendra compte explicitement du découpage spatial qui donnera un éclairage particulier sur les spécificités régionales :
 - ... la wilaya de Biskra ;
 - ... les oasis de l'Oued Righ ;
 - ... les exploitants de la région d'Oued Souf ; et
 - ... la wilaya d'Adrar.

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 ;
- la production totale par hectare.

2.1. Analyse quantitative globale à l'échelle du SASS algérien

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.

Remarque : l'échantillon global algérien retenu dans cette analyse comprend 1 213 exploitations. Sur l'ensemble, 26 sont irriguées selon le système traditionnel du Ghout. Ce système qui recourt à une irrigation naturelle directement de la nappe pourrait être assimilé au système de production alimenté par l'eau pluviale « Rainfed » et ainsi exclu de notre échantillon d'exploitations alimentées par une irrigation classique. Ainsi, une

fois ces exploitations Ghout écartées, l'échantillon algérien final sera donc composé de **1 187 exploitations**.

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 77 synthétise les résultats relatifs à l'ensemble des exploitants de l'échantillon algérien, 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).

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 (6 %) à une élasticité non négligeable de l'ordre de 45 %.

Les variables retenues, à savoir le prix de l'eau, la superficie effectivement irriguée, la salinité de l'eau utilisée, les mains-d'œuvre familiale et salariale, l'origine de la source d'eau et la

	Echantillon global (Sans Ghout)	Echantillon global (Sans gratuits)
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)	
Variables explicatives		
Lwcmc	- 0,06 (0,000) ***	- 0,45 ***
Lsei	- 0,12 (0,000) ***	- 0,12***
Rhe	0,02 (0,496)	0,02
Lsalin	- 0,68 (0,000) ***	-0,38***
Lflha	0,02 (0,000) ***	0,02***
Lhlha	0,01 (0,000) ***	0,01***
Wor	0,01 (0,565)	0,05***
Re	-0,06 (0,000)***	-0,04 ***
Cte	10,0 (0,000)***	10,03 ***
N	1187	1104
Adj R-squared	0,46	0,57
F	129,82	180,19

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

Tableau 77. La consommation d'eau par hectare par exploitant (WHA)

région considérée, expliquent au moins 57 % 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 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) varie de 100 % d'un exploitant à l'autre, dans la zone SASS algérienne, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse uniquement de 6 %. 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 maîtrise 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 sujet très important, 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 45 %, c.-à-d. pour une augmentation de 100 % du prix de la ressource, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse de 45 %. Ce résultat est très important puisqu'il montre que le prix de l'eau a réellement un impact significatif sur la demande en eau d'irrigation. Une tarification appropriée de l'eau agricole contribuerait ainsi à maîtriser significativement la demande et à conduire 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.

- Prix de la ressource en eau approximé par la DAP de l'exploitant :

L'élasticité prix de la demande en eau pour l'ensemble de l'Algérie passe de 0,45 à 0,83 lorsqu'on retient la DAP comme approximation du prix au lieu du coût de mobilisation. Ce résultat renforce davantage le rôle joué par le prix de l'eau dans la gestion de cette ressource rare et précieuse dans ce contexte fragile.

- L'effet de la 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 dû à une amélioration des techniques d'irrigation.

- L'effet du type de réseau d'irrigation (Wor) et de la région (Re) :

Ces deux variables sont très significatives. Le résultat qui montre l'importance du type de réseau d'irrigation et de la dimension régionale dans la détermination de la demande en eau agricole, 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.

Productivité économique de l'eau (WP)

La spécification (2) est retenue pour l'estimation des déterminants de la productivité économique de l'eau.

Le tableau 78 récapitulera ces résultats d'une manière synthétique.

- Les variables indépendantes (les déterminants) retenues expliquent 25 % de la variabilité de la productivité de la ressource en eau (variable dépendante ou expliquée). Le test F est largement significatif pour la spécification retenue.
- 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 53 %.
- L'élasticité de la taille : lorsque la taille de l'exploitation augmente, la productivité de

	Echantillon global de l'Algérie (sans les irrigants bénéficiant d'une eau gratuite)
Variable expliquée	Log de la productivité de l'eau (LWP)
Variabiles explicatives	
Lsali	- 0,53 (0,000) ***
Lsei	- 0,05(0,000) ***
Ase	- 0,32 (0,002) ***
LFLHA	0,006 (0,231)
Lhlha	0,013 (0,000) ***
Re	0,20 (0,004) ***
Rhe	0,22 (0,000) ***
Cte	2,97 0,000) ***
N	1104
Adj R-squared	0,25
F	51,09

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

Tableau 78. Productivité de l'eau (échantillon global).

l'eau diminue. Ce résultat très important justifie une réforme agraire au profit des petites exploitations dans ce contexte de rareté extrême de la ressource vitale, à savoir l'eau.

- **L'élasticité de l'impact de la main-d'œuvre familiale** : cette variable a un impact positif et significatif sur la productivité de l'eau. Cependant cet impact est quand même assez faible.
- **L'élasticité de l'agriculture sans élevage (ASE)** : le résultat obtenu indique que lorsque l'exploitant exclut l'élevage de son exploitation, la productivité de l'eau allouée baisse de l'ordre de 33 %. Ce résultat important illustre parfaitement la dimension de l'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 22 %.

Conclusion importante : les dimensions qui ont un impact significatif et non négligeable sur la productivité économique de l'eau sont :

- la salinité ;
- la taille de l'exploitation ;
- la main-d'œuvre familiale ;
- la disponibilité du chef de l'exploitation ;
- l'importance de l'élevage dans le revenu de l'exploitation.

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.

La marge brute par hectare ou le bénéfice dégagé par m³ d'eau utilisé pour l'irrigation

La spécification (3) est retenue pour l'estimation des déterminants de la marge brute.

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 79, lorsque le taux de salinité augmente de 100 %, la marge brute dégagée par un hectare irrigué baisse au moins de 97 %. Cette forte sensibilité de la valorisation de l'eau à la salinité devrait être considérée très sérieusement par les preneurs de décisions.
- **L'importance de la variable prix de la ressource**. Cette estimation montre très clairement que cette variable a un impact direct sur la marge brute de l'exploitation. En effet, lorsque le prix de l'eau augmente de 100 %, la marge brute de l'exploitant baisse d'au moins 37 %, ce qui est loin d'être négligeable.

Variable expliquée	Log de la marge brute par hectare (lmbha)
Variables explicatives	
Lwcmc	-0,37 (0,000) ***
Lsali	-0,97 (0,000) ***
Wor	-0,002 (0,678)
Lflha	0,01 (0,121) *
Lsei	-0,11 (0,000) ***
Re	0,1 (0,000) ***
Ase	-0,37 (0,004) ***
Cte	13,4 (0,000) ***
N	1104
Adj R-squared	0,33
F	79,61

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

Tableau 79. Marge brute par hectare.

Variable expliquée	Le Log de la production totale par hectare (LRTHA)
Variables explicatives	
Lflha	0,012 (0,014) **
Lhlha	0,03 (0,000) ***
Lwcha	0,54 (0,000) ***
Linth	0,32 (0,000) ***
Lalim	0,12 (0,000) ***
Wor	-0,007 (0,060) *
Re	0,13 (0,000) ***
Lsalin	-0,65 (0,000) ***
Lsei	-0,15 (0,000) ***
Cte	7,09 (0,000) ***
N	1104
Adj R-squared	0,48
F	111,75

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

Tableau 80. Production totale par hectare (LRTHA).

La production totale par hectare

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

Le tableau 80 donne les résultats de l'estimation des déterminants de la production totale par hectare pour l'ensemble de l'Algérie.

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

- l'ensemble des variables retenues explique presque la moitié de la variabilité de la production totale.
- Le test F est hautement significatif.
- Les élasticités de tous les inputs [coût de la main-d'œuvre familiale par hectare (en hommes par année), coût de la main-d'œuvre salariale par hectare, coût de l'eau par hectare, intrants par hectare (engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.), et coût de l'alimentation du bétail] sont positifs et hautement significatifs.
- L'élasticité de la salinité sur la production est négative et hautement significative. Lorsque la salinité de l'eau d'irrigation augmente de 100 %, la production par hectare diminue très sensiblement de 103 %. **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 de la 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, il est possible de donner quelques éléments de réponse à une question cruciale :

pour améliorer la balance alimentaire dans les pays pauvres, faut-il promouvoir des exploitations de grande taille grâce à une réforme agraire volontariste, ou plutôt opter pour des exploitations de taille réduite afin d'occuper le maximum de gens à la campagne ?

L'élasticité de la 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 baisse 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 eau** avec une élasticité de l'ordre de 0,54, ce qui veut dire que pour une augmentation de 100 % dans les dépenses en eau par ha, l'output global augmenterait de 54 % ;
- la **Salinité** avec une élasticité de l'ordre de -0,65 ; ce qui indique que pour une augmentation du taux de salinité de la ressource en eau de 100 %, l'output global décroîtrait de 65 %.

2.2. 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.

Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)

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

Le tableau 81 donne l'estimation des déterminants de la consommation d'eau par hectare et par exploitant respectivement pour l'échantillon global de l'Algérie (colonne 2), l'échantillon global de l'Algérie 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 du prix de la demande en eau.** Cette estimation confirme l'essentiel des résultats obtenus à l'échelle globale de toute l'Algérie. Cependant, l'éclairage sous l'angle du mode de paiement de l'eau d'irrigation apporte des éléments nouveaux pour l'analyse. En effet, pour les exploitants individuels, cette élasticité (colonne 4) passe à 57 %, alors que celle des exploitants bénéficiant d'un réseau collectif (colonne 5) baisse à 20 %. Ce résultat confirme que le comportement des irrigants bénéficiant d'une ressource à des prix très réduits, grâce à une subvention publique importante, sont moins sensibles que les 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 ($57/20 = 2,85$).

Le tableau 82, qui met l'accent uniquement sur le prix de l'eau comme facteur explicatif de la variation de sa demande, illustre davantage cette dimension. En effet, les résultats

	Algérie (sans Ghout)	Algérie (sans gratuit)	Individuel	Collectif
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (LWHA)			
Variables explicatives				
Lwcmc	- 0,06 (0,000) ***	- 0,45 ***	-0,57 ***	-0,20 ***
Lsei	- 0,12 (0,000) ***	- 0,12***	-0,14***	-0,06 ***
Rhe	0,02 (0,496)	0,02	0,02)	-0,01
Lsali	- 0,68 (0,000) ***	-0,38***	-0,30 ***	-0,58 ***
Lflha	0,02 (0,000) ***	0,02***	0,012 ***	0,017 ***
Lhlha	0,01 (0,000) ***	0,01***	0,007 ***	0,01 ***
Wor	0,01 (0,565)	0,05***	-	--
Re	-0,06 (0,000)***	-0,04 ***	-0,06 ***	-0,05 ***
Cte	10,0 (0,000)***	10,03 ***	10,2 ***	10,1 ***
N	1187	1104	783	321
Adj R-squared	0,46	0,57	0,63	0,34
F	129,82	180,19	166,90	23,99

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

Tableau 81. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).

des colonnes 4 et 5 montrent très clairement la différence significative entre les élasticités prix sur la demande en eau des exploitants subventionnés par l'Etat et les élasticités prix de l'exploitant individuel (-0,17 et -0,65 respectivement, soit une différence de 1 à 4 environ). La variable prix de l'eau, dans le cas des exploitants individuels, explique à elle seule 43 % de la variabilité de la demande en eau de tous les irrigants individuels de la zone algérienne du SASS, alors que le pouvoir explicatif de la variable prix dans la variation totale de la demande d'eau des exploitants reliés à un réseau collectif est quasi négligeable avec à peine 3 %.

Productivité économique de l'eau (WP)

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

Le tableau 83 donnent les estimations telles qu'elles sont produites par le logiciel pour les deux catégories d'exploitants retenues.

- Les variables indépendantes (les déterminants) retenues expliquent entre 15 % et 43 % 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 spécifications retenues.

	Algérie	Algérie (sans gratuits)	Individuel	Collectif
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant			
Variable explicative				
Lwcmc	-0,08***	- 0,53***	-0,65***	-0,17***
Cte	9,4***	9,8***	9,9***	9,6***
N	1189	1104	783	321
Adj R-squared	0,11	0,35	0,43	0,03
F	153,70	604,58	596,00	10,56

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

Tableau 82. Consommation d'eau par hectare et par exploitant mettant l'accent sur le prix de l'eau uniquement.

- 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 caractérise 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 pour ceux disposant d'un réseau individuel.
- L'élasticité de la superficie effectivement irriguée. L'élasticité de cette variable très importante se distingue par un impact significatif et positif sur la productivité de l'eau dans les deux catégories d'irrigants aussi bien privés que collectifs. Ce résultat appuierait l'argumentation déjà développée pour l'échantillon global.
- La disponibilité de l'exploitant : lorsque l'exploitant se consacre totalement à son exploitation agricole, la productivité de la ressource en eau augmente de 16 % dans le cas d'un réseau d'irrigation individuel et de 24 % pour un réseau collectif.

Marge brute par hectare ou bénéfice dégagé par un m³ d'eau utilisé pour l'irrigation

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. On remarque aussi l'importance de la variable prix dans le contexte d'un réseau privé et sa non-pertinence même pour le réseau collectif.

Production totale par hectare

Le tableau 85 donne les résultats de l'estimation des déterminants de la production totale

	Algérie	Individuel	Collectif
Variable expliquée	Log de la productivité de l'eau (LWP)		
Variables explicatives			
Lsali	- 0,53 (0,000) ***	- 0,34 (0,000) ***	-1,04 (0,000) ***
Lsei	- 0,05(0,000) ***	-0,10 (0,000) ***	-0,49 (0,156) *
Ase	- 0,32 (0,002) ***	-0,34 (0,001) ***	0,36 (0,107) *
Lflha	0,006 (0,231)	0,006 (0,281)	0,005 (0,567)
Lhlha	0,013 (0,000) ***	0,01(0,000) ***	0,009 (0,047) **
Re	0,20 (0,004) ***	-0,007 (0,817)	0,17 (0,000) ***
Rhe	0,22 (0,000) ***	0,16 (0,001) ***	0,24 (0,002) ***
Cte	2,97 0,000) ***	3,75 (0,000) ***	2,3 (0,00) ***
N	1104	783	321
Adj R-squared	0,25	0,15	0,43
F	51,09	21,13	35,69

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

Tableau 83. Productivité de l'eau (selon l'optique nature de la source d'eau).

	Algérie	Réseau individuel	Réseau collectif
Variable expliquée	Log de la marge brute par hectare (lmbha)		
Variables explicatives			
Lwcmc	-0,37 (0,000) ***	-0,97 (0,000) ***	0,15 (0,094)
Lsali	-0,97 (0,000) ***	-0,53 (0,000) ***	-1,64 (0,000) ***
Wor	-0,002 (0,678)	-	-
Lflha	0,01 (0,121) *	0,005 (0,458)	0,02 (0,097)
Lsei	-0,11 (0,000) ***	-0,2 (0,000) ***	-0,05 (0,140)
Re	0,1 (0,000) ***	-0,19 (0,000) ***	0,11 (0,001) ***
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 P-values sont entre parenthèses. ***, **, *: statistiquement significatif respectivement aux niveaux 1, 5 et 10 %.

Tableau 84. Marge brute par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau).

par hectare pour l'ensemble de l'Algérie (colonne 2), pour les exploitants du secteur collectif (colonne 4) et pour ceux disposant d'un réseau d'irrigation privé (colonne 3).

Tous les résultats obtenus sont pertinents :

- L'ensemble des variables retenues expliquent entre 43 et 66 % 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 [coût de la main-d'œuvre familiale par hectare (en hommes par année), coût de la main-d'œuvre salariale par hectare, coût de l'eau par hectare, intrants par hectare (engrais, insecticide, herbicide, fumier, etc.), et 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

	Algérie	Réseau individuel	Réseau collectif
Variable expliquée	La production totale par hectare (LRTHA)		
Variables explicatives			
Lflha	0,012 (0,014) **	0,016 (0,000) ***	0,007(0,300)
Lhlha	0,03 (0,000) ***	0,03 (0,000) ***	0,17 (0,000)** *
Lwcha	0,54 (0,000) ***	0,38 (0,000) ***	0,51 (0,000) ***
Lintha	0,032 (0,000) ***	0,03 (0,000) ***	0,03 (0,000) ***
Lalim	0,12 (0,000) ***	0,014 (0,000) ***	0,007 (0,017) **
Wor	-0,007 (0,060) *	-0,005 (0,199)	-
Re	0,13 (0,000) ***	-0,022 (0,511)	0,15 (0,000) ***
Lsalin	-0,65 (0,000) ***	-0,58 (0,000) ***	-0,94 (0,000) ***
Lsei	-0,15 (0,000) ***	-0,22 (0,000) ***	-0,07 (0,006) ***
Cte	7,09 (0,000) ***	9,32 (0,000) ***	7,53 (0,000) ***
N	1104	783	321
Adj R—squared	0,48	0,43	0,66
F	111,75	66,66	77,14

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

Tableau 85. Production totale par hectare (LRTHA) (selon l'optique nature de la source d'eau).

résultat s'explique tout simplement par la rareté de la ressource. En effet, lorsque la superficie effectivement irriguée est élevée, l'exploitant est contraint à pratiquer plutôt une agriculture semi-intensive et donc à utiliser moins d'eau par hectare irrigué.

- L'effet de la salinité sur la production est négatif et hautement significatif. En effet, 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.**

NB : Lorsque le critère du type de réseau d'irrigation est retenu, 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 :

- Le coût de l'eau :

pour les exploitations disposant d'un réseau d'irrigation individuel, l'élasticité est de l'ordre de 0,38, ce qui signifie que pour une augmentation de 100 % dans les dépenses en eau par ha, l'output global augmenterait de 38 %. Tandis que pour les exploitations reliées à un réseau collectif, cette élasticité passe à 0,51 %.

- La salinité de la ressource en eau :

pour les exploitations disposant d'un réseau d'irrigation individuel, l'élasticité est de l'ordre de -0,58 ; ce qui implique que pour une augmentation du taux de salinité de la ressource en eau de 100, l'output global décroîtrait de 58 %. Alors que pour les exploitations reliées à un réseau collectif, cette élasticité passe même à -0.94 %.

2.3. Analyse quantitative selon l'optique spatiale

L'analyse précédente a retenu le critère du type de réseau d'irrigation utilisé par l'exploitant. Ce critère met essentiellement l'accent sur le coût de l'eau d'irrigation supporté directement par l'exploitant. Un autre critère est aussi important que le premier et met un éclairage particulier sur les spécificités régionales de la grande zone algérienne du SASS.

La partie algérienne du SASS est subdivisée en 4 régions homogènes :

- la région de Biskra ;
- la région de l'Oued Souf ;
- la région de l'Oued Righ ;
- la région d'Adrar.

Ces quatre régions produisent l'essentiel de la production agricole irriguée de tout le Sahara algérien. Voilà pourquoi, nous privilégions dans cette analyse préliminaire ces régions.

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 économique de l'eau par m³ (WP) ;
- la marge brute par hectare dégagé par un m³ d'eau utilisé ;
- la fonction de production.

Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)

La spécification (1) est estimée sur la base des échantillons des exploitants des quatre zones retenues, à savoir Biskra, Oued Souf, Oued Righ et Adrar.

Le tableau 86 récapitule d'une manière synthétique l'essentiel des résultats obtenus par une estimation économétrique appropriée.

- **L'élasticité du prix** : cette élasticité est significative et négative pour les quatre zones. Même si l'on retient le critère régional, le prix de l'eau a un impact significatif sur la demande. Cependant, cet impact est assez important dans les régions de Biskra et de l'Oued Souf et non négligeable dans la région d'Adrar. En effet, si le coût de l'eau augmente de 100 %, la demande accuse une baisse significative respectivement de 58 % dans la wilaya de Biskra, de 40 % dans la région d'Oued Souf et 33 % dans la wilaya d'Adrar. Par contre, dans la région d'Oued Righ, où domine essentiellement l'irrigation par des réseaux collectifs, cet impact devient quasi insignifiant avec uniquement une baisse de l'ordre d'à peine 10 %. Ceci s'explique tout simplement par le fait que dans cette zone, il n'y a pas d'incitation objective à la conservation de la ressource, vu le coût faible par m³ supporté réellement par l'exploitant.
- **L'élasticité de la superficie** : cette élasticité est significative et négative pour les quatre zones. Lorsque la superficie de l'exploitation augmente, la demande en eau par hectare baisse sensiblement.

Productivité économique de l'eau (WP)

Le tableau 87 récapitule d'une manière synthétique l'essentiel des résultats obtenus par une estimation économétrique appropriée.

- **L'élasticité de la 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 dans les quatre zones. Si la salinité de l'eau augmente de 100 %, sa productivité baisse à raison de 104 % dans la zone de l'Oued Righ, de 94 % dans la zone de l'Oued Souf, de 38 % dans la région de Biskra et de 12 % dans la wilaya d'Adrar. Ce résultat est d'une importance capitale puisqu'il démontre l'urgente nécessité de combattre ce fléau.

Marge brute par hectare

	Algérie (sans les gratuits)	Biskra	Oued Souf	Oued Righ	Adrar
Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare par exploitant (LWHA)				
Variables explicatives					
Lwcmc	- 0,45 ***	- 58 (0,000) ***	-0,40 (0,000) ***	-0,10 (0,033)**	-0,33 (0,000) ***
Lsei	- 0,12***	-15 (0,000) ***	-0,06 (0,003)***	-0,06 (0,015)**	-0,20 (0,000) ***
Rhe	0,02	0,09 (0,077) *	-0,006 (0,869)	0,03 (0,562)	0,05 (0,198)
Lsalin	-0,38***	- 0,41 (0,000) ***	-0,60 (0,021) ***	-0,56 (0,000)***	-0,18 (0,000) ***
Lflha	0,02***	0,02 (0,000) ***	0,002 (0,597)	0,014 (0,006)**	0,01 (0,650)
Lhlha	0,01***	0,01 (0,000) ***	0,08 (0,001)***	0,008 (0,013) **	0,012 (0,000)***
Wor	0,05***	-0,32 (0,533)	0,06 (0,337)	-0,16(0,029)**	0,000 (0,998)
Re	-0,04 ***	-	-	-	-
Cte	10,03 ***	9,9 (0,000) ***	9,81 (0,000)***	10,1 (0,000)***	9,9 (0,000) ***
N	1104	410	239	244	193
R-squared	0,57	0,62	0,78	0,36	0,49
F	180,19	96,29	115,69	20,91	27,83

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

Tableau 86. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)

	Algérie	Biskra	O. Souf	O. Righ	Adrar
Variable Expliquée	Productivité de l'eau (LWP)				
Variables explicatives					
Lsali	-0,53 (0,000) ***	-0,38 (0,000) ***	-0,94 (0,000) ***	-1,04 (0,000) ***	-0,12 (0,002) ***
Lsei	-0,053 (0,006) ***	-0,15 (0,000) ***	0,18 (0,543)	-0,05 (0,899)	-0,31 (0,000) ***
Ase	- 0,32 (0,000) ***	- 0,51 (0,000) ***	- 0,45 (0,002) ***	-0,12 (0,686)	- 0,2 (0,254)
Lflha	0,006 (0,231)	0,015 (0,026) **	0,0004 (0,965)	0,01 (0,275)	0,013 (0,705)
Lhlha	0,013 (0,000) ***	0,012 (0,004) ***	0,012 (0,019) **	-0,0002 (0,971)	0,012 (0,036) **
Re	0,20 (0,000)***	-	-	-	-
Rhe	0,22 (0,000) ***	0,01 (0,896)	0,26 (0,002) ***	0,08 (0,393)	0,005 (0,937)
Cte	2,97 (0,000)***	4,27 (0,000)***	3,77 (0,000)***	2,88 (0,000) ***	3,6 (0,000) ***
N	1104	410	239	244	193
R-squared	0,24	0,15	0,39	0,24	0,35
F	51,09	13,09	26,70	14,01	18,54

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

Tableau 87. Productivité de l'eau.

	Algérie	Biskra	O. Souf	O. Righ	Adrar
Variable expliquée	Log marge brute (LMBha)				
Variables explicatives					
Lwcmc	-0,37 (0,000) ***	-0,72 (0,000) ***	-0,79 (0,000) ***	-0,09 (0,298)	-0,13 (0,278)
Lsali	-0,97 (0,000) ***	-0,78 (0,000) ***	-1,31 (0,000) ***	-1,68 (0,000) ***	-0,33 (0,000) ***
Wor	-0,002 (0,678)	0,37 (0,000) ***	0,92 (0,000) ***	0,57 (0,000) ***	-0,0002 (0,967)
Lflha	0,01 (0,121) *	0,02 (0,037) **	-0,03 (0,752)	0,014(0,074)*	0,01 (0,822)
Lsei	-0,11 (0,000) ***	-0,28 (0,000) ***	-0,009 (0,776)	-0,14,(001) ***	-0,45 (0,000) ***
Ase	-0,37 (0,000) ***	-0,74 (0,001) ***	-0,38 (0,000)	0,06 (0,826)	-0,04 (0,854)
Re	0,1 (0,000) ***	-	-	-	-
Cte	13,4 (0,000) ***	13,71 (0,000)***	11,66(0,000)***	11,8 (0,000) ***	13,04 (0,000) ***
N	1104	410	239	244	193
R-squared	0,33	0,45	0,67	0,53	0,40
F	79,61	55,88	83,04	46,15	22,47

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

Tableau 88. Marge brute.

Le tableau 88 montre que les estimations des déterminants de la marge brute par hectare selon la désagrégation spatiale de l'échantillon global en quatre zones, 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. On constate qu'une augmentation du taux de salinité de l'eau de 100 % provoquerait une diminution importante de 168 % de la marge brute par hectare dans la zone d'Oued Righ, de 131 % dans celle d'Oued Souf, de 78 % dans la région de Biskra et de 33 % dans la wilaya d'Adrar.

Production totale par hectare

- **L'élasticité de la 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 celles de grande taille, est confirmé par les résultats illustrés par le tableau 89 concernant la décomposition spatiale. En effet, lorsque la taille de l'exploitation irriguée double, la production globale accuse une baisse sensible de l'ordre de 29 % dans la wilaya de Biskra, de 15 % dans l'Oued Souf, de 11 % dans l'Oued Righ et enfin de 22 % dans la wilaya d'Adrar.

- **L'élasticité de la 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 par les résultats illustrés dans le tableau 89. En effet, lorsque la salinité de la ressource en eau augmente de 100 %, la production globale des exploitations irriguées accuse une baisse très sensible, de l'ordre de 69 % dans la wilaya de Biskra, de 154 % dans l'Oued Souf, de 118 % dans l'Oued Righ et enfin de 17 % dans la wilaya d'Adrar.

Zoom particulier sur la wilaya d'Adrar

Un zoom particulier sur le pays des foggaras est assez instructif. Le tableau 90 présente une analyse détaillée sur quelques agrégats jugés importants.

- Le système d'irrigation grâce aux foggaras est encore important dans la wilaya d'Adrar. Cette technique d'irrigation séculaire et typique de la région est utilisée actuellement par 110 exploitants sur 247, soit un pourcentage non négligeable (45 %).
- Cependant, ces foggaras souffrent d'un tarissement continu. Selon cette enquête, plus de la moitié des usagers de foggara recourt à une irrigation complémentaire grâce au pompage (57 sur 110).
- La wilaya d'Adrar avec son climat extrême, se caractérise par la consommation d'eau par hectare la plus élevée de tout le SASS algérien.
- L'élevage constitue une composante importante du revenu de l'irrigant dans cette wilaya. Il constitue plus du tiers du revenu moyen (36 %), alors qu'à l'échelle globale du SASS algérien, il n'est que de l'ordre de 15 %.

3. Synthèse des résultats et quelques éléments de recommandations

Les résultats préliminaires obtenus, grâce à une analyse quantitative s'appuyant sur l'échantillon d'exploitants algériens, confirment et appuient les résultats déjà dégagés à partir de l'échantillon tunisien. L'effort déployé pour collecter des données réelles à l'échelle de l'utilisateur primaire de la ressource s'avère utile et concluant.

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

- **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'utilisateur primaire de la ressource rare, a permis d'obtenir des résultats d'importance primordiale pour la réussite de ce projet. En effet, le passage de données agrégées à des données désagrégées selon des critères appropriés permet de parvenir à des résultats originaux.

	Algérie	Biskra	O. Souf	O. Righ	Adrar
Variable expliquée	La production totale par hectare (LRTHA)				
Variables explicatives					
Lflha	0,012 (0,014) **	0,03 (0,000) ***	0,02 (0,848)	0,01 (0,862)	0,02 (0,552)
Lhlha	0,03 (0,000) ***	0,02 (0,000) ***	0,03 (0,000) ***	0,01 (0,003) ***	0,01 (0,022) **
Lwcha	0,54 (0,000) ***	0,55 (0,000) ***	-0,08 (0,477)	0,27 (0,000) ***	0,85 (0,000) ***
Lintha	0,32 (0,000) ***	0,05 (0,001) ***	0,01 (0,249)	0,03 (0,001) ***	0,008(0,177)
Lalim	0,12 (0,000) ***	0,02 (0,000) ***	0,03 (0,000) ***	0,008 (0,039) **	0,02 (0,000) ***
Wor	-0,007 (0,060) *	0,13 (0,93) *	0,08 (0,615)	0,24 (0,001) ***	0,003 (0,284)
Re	0,13 (0,000) ***	-	-	-	-
Lsalin	-0,65 (0,000) ***	-0,69 (0,000) ***	-1,54(0,000) ***	-1,18 (0,000) ***	-0,17 (0,000) ***
Lsei	-0,15 (0,000) ***	-0,29 (0,000) ***	-0,15 (0,000) ***	-0,11 (0,000) ***	-0,22 (0,000) ***
Cte	7,09 (0,000) ***	7,5 (0,000) ***	14,3 (0,000) ***	9,58 (0,000) ***	4,16 (0,000) ***
N	1104	410	239	244	193
Adj R-squared	0,48	0,51	0,62	0,63	0,63
F	111,75	53,65	46,54	47,40	42,59

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

Tableau 89. Production totale par hectare (selon l'optique nature de la source d'eau).

Type du réseau d'irrigation	Nb d'exploit.	SEI	WHA	WCMC	MBHA	WP	ASE
Foggara	53	0,69	23 875	0,38	551 229	2018	
Mixte (foggara + pompage privé)	57	1,57	11 646	2,85	365 200	28,9	
Réseau indiv.	124	4,6	11 556	2,7	389 730	29,2	
Tot. sans gratuit	194	3,7	11948	2,67	379 934	28,5	0,660
Total	247	3,1	14 518	2,18	406 066	26,7	0,64

Tableau 90. Wilaya d'Adrar.

- Le coût de l'eau à la charge de l'exploitant : l'estimation de l'élasticité du prix de l'eau grâce à l'échantillon global (démarche agrégée) a fourni un résultat justifiant la non-pertinence de cette variable. L'élasticité obtenue, qui était de l'ordre de 0,06, montre que lorsque le prix de l'eau varie d'un exploitant à l'autre de 100 %, la demande correspondante n'accuse qu'une baisse insignifiante de 6 %. Ce résultat démontre que toute politique tarifaire visant à mieux conserver la ressource par une augmentation substantielle des prix est vouée à l'échec puisqu'elle accumule les effets négatifs de la tarification sans parvenir à infléchir radicalement la courbe ascendante de la demande en eau. Par contre, l'adoption d'une démarche

microéconomique s'appuyant sur des données désagrégées conduit à des résultats diamétralement opposés. Toutes les estimations de l'élasticité du prix de la ressource, présentées en détail dans la section précédente, méritent une attention particulière. **En effet, tous les résultats obtenus, quel que soit le critère de découpage retenu (type de réseau utilisé, mode de paiement du coût de la ressource utilisée, dimension spatiale), montrent que lorsque le coût payé directement par l'irrigant augmente, sa demande en eau baisse substantiellement.**

- L'élasticité du prix de la demande en eau varie selon le type de réseau d'irrigation retenu (individuel ou collectif), la zone géographique considérée (Biskra, Oued Souf, Oued Righ, Adrar) et la spécification choisie, de 0,20 à 0,90 (*lorsque le prix de l'eau augmente de 100 %, sa demande baisse de 20 à 90 %*). Ce résultat démontre l'importance majeure de la dimension « tarification » de la ressource dans la maîtrise de sa demande. Cette maîtrise induirait sa conservation et permettrait ainsi d'assurer sa durabilité et sa pérennité pour les générations futures et surtout pour la survie d'une région stratégique pour les trois pays concernés. Ce résultat pourrait aider à vaincre le scepticisme de plusieurs preneurs de décision qui pensent que la variable prix de l'eau n'est pas appropriée pour maîtriser sa demande.
- La salinité de la ressource : les résultats obtenus, qui démontrent et surtout quantifient l'impact hautement négatif de la salinisation de la ressource sur la production de l'agriculture irriguée ainsi que sur la productivité de l'intrant le plus limitant, à savoir l'eau, confirment et appuient les résultats déjà obtenus par les agronomes. **Rappelons que selon nos estimations, la production d'un hectare irrigué baisserait de 150 % pour une augmentation de la salinité de l'eau utilisée de 100 %.** Toute l'analyse démontre ainsi, sans aucune ambiguïté, que la salinisation de la ressource doit être combattue par tous les moyens possibles.
- L'élasticité de la superficie : cette élasticité est d'une importance capitale dans cette analyse. Celle obtenue grâce à l'échantillon global est hautement significative et négative. En effet, si la superficie irriguée d'une exploitation double, sa production baisserait de 15 %. Ainsi, lorsque la taille de l'exploitation augmente, la productivité de l'eau diminue. Ce résultat très important justifie une réforme agraire au profit des petites exploitations dans ce contexte de rareté extrême de la ressource vitale, à savoir l'eau. Il serait donc judicieux d'opter pour une réforme axée sur ***des exploitations de taille réduite afin d'occuper le maximum de gens à la campagne et mieux valoriser ainsi la ressource la plus rare dans ce contexte, à savoir l'eau.***
- L'élasticité de l'agriculture sans élevage (ASE). Le résultat obtenu indique que lorsque l'irrigant exclut l'élevage de son exploitation, la productivité de l'eau allouée baisse de l'ordre de 33 %. Ce résultat illustre parfaitement l'importance de 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 22 %. Ce résultat justifie une politique visant à encourager le fermier à se consacrer entièrement à son exploitation afin de mieux valoriser son travail, le travail de sa famille et la ressource en eau utilisée.
- Les déterminants principaux de la production agricole irriguée dans la zone SASS algérienne sont :
 - ... l'input eau avec une élasticité de l'ordre de 0,54 (une augmentation de 100 % dans les dépenses en eau par ha induit un accroissement de la production 54 %) constitue une variable clef dans la gestion de la ressource dans ces régions démunies ;
 - ... la salinité avec une élasticité de l'ordre de -0,65 (une augmentation du taux de salinité de la ressource en eau de 100 % provoquerait une diminution de l'output global de 65 %) est aussi une dimension à considérer avec attention.
- Le type de réseau d'irrigation (gratuit, collectif, individuel) : à l'échelle de l'Algérie, cette variable est significative et possède le signe approprié. En effet, lorsque nous passons d'une eau gratuite à une eau hautement subventionnée (réseau collectif) et de là, à une source d'eau légèrement subventionnée (secteur privé), la productivité de l'eau augmente substantiellement. Ce résultat est assez important dans le débat sur le choix entre une gestion centralisée par l'Etat (gestion publique de l'eau d'irrigation) et une décentralisation soit par le marché, soit par le recours à une gestion participative.

Conclusion : les dimensions qui ont un impact significatif et non négligeable sur la productivité économique de l'eau sont :

- le prix de la ressource ;
- la salinité ;
- la taille de l'exploitation ;
- la main-d'œuvre familiale ;
- la disponibilité du chef de l'exploitation pour le travail agricole ;
- l'importance de l'élevage dans le revenu de l'exploitation.

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.

III. LIBYE

Deux types d'analyse sont faites sur les données :

- une analyse descriptive, grâce à des statistiques simples, permet de dégager les caractéristiques les plus usuelles, et
- une analyse quantitative, grâce aux outils économétriques les plus récents, permet de révéler les caractéristiques les plus importantes et les plus utiles pour la conception de politiques économiques les plus appropriées.

1. Analyse descriptive

Les caractéristiques distinctives principales de l'agriculture irriguée de la Jeffara libyenne par rapport aux autres régions de la zone SASS sont :

- **l'absence totale d'irrigation alimentée par des réseaux public et/ou collectif** : sur les 493 exploitations retenues dans le cadre de cette enquête sur le terrain, aucune d'entre elles ne recourt à un réseau d'irrigation public ou collectif. Tous les exploitants enquêtés, qui bénéficiaient d'un réseau public, ont déclaré n'utiliser que des puits et/ou forages individuels parce que les réseaux publics étaient tous hors de fonctionnement.
- **Une exploitation beaucoup moins intensive** : la consommation d'eau par hectare irrigué aussi bien selon le critère spatial, illustré par la ligne 2 du tableau 91, que selon le critère du système de culture, illustré par la ligne 2 du tableau 92, est largement inférieure à la consommation moyenne de toutes les autres régions de la zone SASS à l'exception de la Jeffara tunisienne. Cette consommation, qui varie autour de 9 000 m³/ha/an, est en moyenne de l'ordre de 2/3 de celle des autres régions.
- **L'arboriculture, qui valorise le moins la ressource en eau, est l'activité dominante** : l'arboriculture occupe à elle seule environ la moitié des exploitations enquêtées (251 exploitations sur les 493 retenues), bien que cette activité valorise le moins la ressource en eau. En effet, la productivité de l'eau de l'arboriculture, comme l'illustre la ligne 4 du tableau 92, ne dépasse pas 70 % (3,77/4,33) de la moyenne globale ; alors que le coût de mobilisation de cette ressource en eau allouée est supérieure à la moyenne de 20 % (0,043/0,036).
- **L'élevage occupe une place importante dans le revenu de l'exploitant** : la recette moyenne de chaque exploitant du cheptel est de l'ordre 44 % de la recette totale. En outre, plus du cinquième des exploitants enquêtés (108 sur 493) compte essentiellement sur l'élevage.
- **L'agriculture irriguée est relativement en déclin** : la superficie moyenne par exploitant réellement irriguée est actuellement de l'ordre de 6,1 ha alors qu'elle était de 7,2

	Echantillon global	Margueb	Tripoli	Jeffara	Zaouia	Zouara
Nombre d'exploitants	493	84	29	178	127	75
Consommation d'eau par hectare et par exploitants (m ³ /ha)	9 122	10 001	10 193	9 112	8 996	7 915
Coût de l'eau (DL/m ³)	0,036	0,027	0,34	0,039	0,041	0,029
Productivité de l'eau (DL/m ³)	0,433	0,471	0,412	0,449	0,442	0,342
DAP (DA/m ³)	0,469	0,499	0,445	0,487	0,483	0,371
Taux d'intensification (super. irriguée/sup. irrigable)	0,80	0,98	0,80	0,80	0,74	0,69
ASE (Agriculture sans élevage)	0,63	0,74	0,56	0,69	0,57	0,52

Tableau 91. Répartition selon la zone d'enquête retenue

	Echantillon global	Arboriculture	Plein champ	Élevage essentiellement	Intensif (Cultures maraîchères et sous serres)
Nombre d'exploitants	493 (100)*	276 (48)	80 (17)	57 (21)	80 (15)
Consommation d'eau par hectare et par exploitants (m ³ /ha)	9 122	7 982	8 800	10 066	11 821
Coût de l'eau (DL/m ³)	0,036	0,043	0,032	0,30	0,025
Productivité de l'eau (DL/m ³)	0,433	0,377	0,398	0,526	0,523
DAP (DL/m ³)	0,469	0,420	0,430	0,556	0,548
Taux d'intensification (super. irriguée/sup. irrigable)	0,80	0,78	0,83	0,79	0,85
ASE (Agriculture sans élevage)	0,63	0,75	0,67	0,15	0,86

* Le chiffre entre parenthèses indique le % d'exploitants pratiquant le système de culture retenu par rapport au nombre total d'exploitants.

Tableau 92. Répartition selon le système de cultures.

	% de la recette totale	Moyenne	Médiane	Ecart-type
Arboriculture	36,1	14 703	7 725	23 469
Cult. intercalaires	6,1	2 508	0	7 013
Cult. plein champs	13,3	5 440	0	14 641
Recette cheptels	44,5	18 142	6000	51 594
Recette totale	100,0	40 794	24 365	60 760

Tableau 93. Variabilités de la recette totale de l'exploitant selon les quatre rubriques importantes.

ha au début de l'activité ; ce qui représente une baisse de l'ordre de 18 %. Cette régression des superficies réellement irriguées, malgré tous les investissements publics réalisés en matière de mobilisation des ressources, est paradoxale et requiert une explication appropriée.

2. Analyse quantitative et commentaire des résultats obtenus

Cette analyse, qui a pour objectif principal d'élaborer et surtout de quantifier les propositions de recommandations opérationnelles à restituer aux preneurs de décisions, sera menée dans le contexte libyen uniquement sur un seul niveau, à savoir l'analyse globale. Deux raisons principales expliquent ce choix :

- l'enquête, pour des raisons évidentes de sécurité, n'a pu être menée sur le terrain que dans la région de la Jeffara ;
- tous les exploitants, qui avaient bénéficié d'un réseau d'irrigation public, ont été obligés de mobiliser une source d'eau par leurs propres moyens étant donné que les réseaux collectifs étaient tous hors d'usage.

Cette analyse sera conduite comme dans le cas de l'Algérie et la Tunisie selon les quatre critères suivants :

- la consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA) ;
- la productivité économique de l'eau (WP) ;
- la marge brute par hectare dégagée par un m³ d'eau utilisé ;
- la production totale par hectare.

2.1. 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 94 synthétise les résultats, relatifs à l'ensemble des exploitants de l'échantillon libyen, donnés par l'output de l'ordinateur qui concerne tous les irrigants retenus.

- Les variables retenues, à savoir le prix de l'eau, la superficie effectivement irriguée, la salinité de l'eau utilisée, la main-d'œuvre salariale, l'importance de l'agriculture sans élevage, le système de culture, expliquent au moins 43 % de la variabilité de la consommation d'eau par hectare et par exploitant. Selon les performances du modèle retenu pour des données spatiales, ce résultat est excellent.

Variable expliquée	La consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA)
Variables explicatives	
Lwcmc	- 0,25 (0,000) ***
Lsei	- 0,19 (0,000) ***
Lsalin	- 0,36 (0,000) ***
Lflha	-0,004 (0,917)
Lhlha	0,01 (0,000) ***
Ase	- 0,1 (0,026) **
Re	-0,04 (0,004)***
SC	0,1 (0,000) ***
Cte	8,6 (0,000) ***
N	493
Adj R-squared	0,43
F	50,49

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

Tableau 94. Consommation d'eau par hectare et par exploitant (WHA).

- L'élasticité du 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 à titre simplement indicatif, retiendra la DAP comme approximation du prix de la ressource.

L'analyse s'appuie, dans ce cadre, essentiellement sur la première à savoir le **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) varie de 100 % d'un exploitant à l'autre dans la Jeffara libyenne, la consommation (la demande d'eau) par hectare baisse de 25 %. Ce résultat est très important puisqu'il montre que le prix de l'eau a un impact significatif sur la demande en eau d'irrigation. Une tarification appropriée de l'eau agricole contribuerait ainsi à maîtriser significativement la demande et inciter ainsi les irrigants à mieux allouer la ressource rare et surtout à la conserver.

- L'effet de la 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 dû d'une part à la baisse de l'intensification suite à l'extension des surfaces irriguées et, d'autre part, à une amélioration des techniques d'irrigation.

- L'effet du système de culture (SC), de la main-d'œuvre salariale (HLHA) et de la zone (Re) : ces variables sont très significatives.

2.2. Productivité économique de l'eau (WP)

La spécification (2) est retenue pour l'estimation des déterminants de la productivité économique de l'eau.

- Les variables indépendantes (les déterminants) retenues expliquent 27 % de la variabilité de la productivité de la ressource en eau (variable dépendante ou expliquée). Le test F est largement significatif pour la spécification retenue.
- L'élasticité de la salinité est hautement significative. Lorsque la salinité augmente de 100 %, la productivité de l'eau baisse de 52 %.
- L'élasticité de la taille : lorsque la taille de l'exploitation augmente, la productivité de l'eau diminue. Ce résultat très important justifie une réforme agraire au profit des petites exploitations.

Conclusion importante : Les dimensions qui ont un impact significatif et non négligeable sur la productivité économique de l'eau sont :

- la salinité ;
- la taille de l'exploitation ;
- la main-d'œuvre salariale ;
- le système de culture.

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.

2.3. Marge brute par hectare ou bénéfice dégagé par un m³ d'eau utilisé pour l'irrigation

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

$$lmbha1 = \alpha_0 + \alpha_1 lwcmc + \alpha_2 lsalin + \alpha_3 SC + \alpha_4 lflha + \alpha_5 lsei + \alpha_6 Re + \alpha_7 Ase$$

Où :

- Lmbha : log de la marge brute par hectare ;
- Ase : agriculture sans élevage.

Variable expliquée	Log de la productivité de l'eau LWP
Variabes explicatives	
Lwcmc	- 0,18 (0,000) ***
Lsei	- 0,06(0,056) **
Ase	- 0,07 (0,343)
Lsali	-0,52 (0,000) ***
Lhlha	0,01(0,000) ***
Re	-0,05 (0,009) ***
SC	0,9 (0,000) ***
Ct	-1,2 0,000) ***
N	493
Adj R-squared	0,27
F	28,76

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

Tableau 95. Productivité de l'eau.

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 96, lorsque le taux de salinité augmente de 100 %, la marge brute dégagée par un hectare irrigué baisse d'au moins 88 %. Cette forte sensibilité de la valorisation de l'eau à la salinité devrait être considérée très sérieusement par les preneurs de décisions en la matière. La lutte contre ce fléau dans ces régions hautement fragiles 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 a un impact direct sur la marge brute de l'exploitation. En effet, lorsque le prix de l'eau augmente de 100 %, la marge brute de l'exploitant baisse d'au moins 43 %, ce qui est loin d'être négligeable.

2.4. Production totale par hectare

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

$$(4) \quad Lrtha = \beta_0 + \beta_1 Lflha + \beta_2 Lhlha + \beta_3 Lwcha + \beta_4 Lintha + \beta_5 Lalim + \beta_6 Lsei + \beta_7 Lsalin + \beta_{10} SC + \beta_{11} RE$$

Variable expliquée	Log de la marge brute par hectare (Imbha)
Variables explicatives	
Lwcmc	-0,43 (0,000) ***
Lsali	-0,88 (0,000) ***
Ase	-0,17 (0,093)*
Lhlha	0,02 (0,000) ***
Lsei	-0,27 (0,000) ***
Re	-0,9 (0,002) ***
SC	0,18 (0,000) ***
Cte	7,44 (0,000) ***
N	493
Adj R-squared	0,40
F	50,86

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

Tableau 96. Marge brute par hectare.

Où :

- Intha : le coût de intrants (fumiers, engrais, insecticides, herbicides, etc.) ;
- Alim : le coût de l'alimentation du bétail ;
- le reste des variables est déjà défini plus haut.

Le tableau 97 montre que tous les résultats obtenus sont pertinents, significatifs et de signe approprié :

- L'ensemble des variables retenues explique presque la moitié de la variabilité de la production totale.
- Le test F est hautement significatif.
- Les élasticités de tous les inputs à l'exception de la main-d'œuvre familiale par hectare (en hommes par année), à savoir la main-d'œuvre salariale par hectare, 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 de la salinité sur la production est négative et hautement significative. Lorsque la salinité de l'eau d'irrigation augmente de 100 %, la production par hectare diminue très sensiblement de 62 %. **Ce résultat est très important puisqu'il illustre les conséquences néfastes de la salinisation croissante de la ressource suite à sa surexploitation.**

Variable expliquée	Log de la production totale par hectare (LRTHA)
Variables explicatives	
Lflha	-0,008 (0,897)
Lhlha	0,02 (0,000) ***
Lwcha	0,3 (0,000) ***
Lintha	0,005 (0,398)
Lalim	0,02 (0,000) ***
Re	-0,03 (0,237)
Lsalin	-0,62 (0,000) ***
Lsei	-0,004 (0,949)
SC	0,24 (0,000) ***
Cte	6,71 (0,000) ***
N	493
Adj R-squared	0,47
F	53,17

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

Tableau 97. Production totale par hectare (LRTHA).

- Le système de culture (SC) a un impact important sur la production. Lorsque l'exploitant passe de l'arboriculture comme activité principale aux cultures maraîchères et sous serre, sa production totale connaît une augmentation significative de l'ordre de 24 %.
- La main-d'œuvre familiale semble ne pas avoir d'impact significatif sur la production dans la Jeffara libyenne.

NB : Les trois facteurs les plus importants dans la détermination de la variabilité totale de la fonction de production agricole irriguée dans la zone libyenne du SASS sont :

- l'input eau avec une élasticité de l'ordre de 0,3 ; ce qui signifie que pour une augmentation de 100 % dans les dépenses en eau par ha, la production totale augmenterait de 30 % ;
- la salinité avec une élasticité de l'ordre de -0,62 ; ce qui implique qu'une augmentation du taux de salinité de la ressource en eau de 100, l'output global décroîtrait de 62 % ;
- le système de cultures : le passage de l'arboriculture comme activité principale aux cultures plus intensives (cultures maraîchères et sous serre) améliorerait substantiellement la production totale.

3. Synthèse des résultats et éléments de recommandations

Les résultats préliminaires obtenus, grâce à une analyse quantitative s'appuyant sur l'échantillon d'exploitants libyens, confirment et appuient les résultats déjà dégagés à partir des échantillons tunisien et algérien.

L'objectif majeur de cette brève synthèse est de mettre l'accent sur les résultats essentiels obtenus.

- **Le coût de l'eau à la charge de l'exploitant** : l'estimation de l'élasticité du prix de l'eau grâce à l'échantillon libyen a fourni un résultat fort intéressant, justifiant ainsi la démarche adoptée. Ce résultat démontre en effet l'importance majeure de la dimension « tarification » de la ressource dans la maîtrise de sa demande. Cette maîtrise induirait sa conservation et permettrait ainsi d'assurer sa durabilité et sa pérennité pour les générations futures et surtout pour la survie d'une région stratégique pour la Libye entière. Ce résultat pourrait aider à vaincre le scepticisme de plusieurs preneurs de décisions qui pensent que la variable prix de l'eau n'est pas appropriée pour maîtriser sa demande.
- **La salinité de la ressource** : les résultats obtenus, qui démontrent et surtout quantifient l'impact hautement négatif de la salinisation de la ressource sur la production de l'agriculture irriguée ainsi que sur la productivité de l'intrant le plus limitant, à savoir l'eau, confirment et appuient les résultats déjà obtenus par les agronomes. **Rappelons que selon nos estimations, la production d'un hectare irrigué baisserait de 62 % pour une augmentation de la salinité de l'eau utilisée de 100 %.** Toute l'analyse démontre ainsi, sans aucune ambiguïté, que la salinisation de la ressource suite à sa surexploitation est un fléau qu'il faut combattre par tous les moyens. Ce résultat, qui paraît moins sévère que ceux obtenus pour l'Algérie et la Tunisie, s'expliquerait par le fait que dans la Jeffara libyenne les cultures les plus courantes ne sont pas intensives et ont été déjà adaptées à la réalité du pays, caractérisée par une qualité et une quantité insuffisantes.
- **L'importance de l'élevage dans l'agriculture irriguée** : le résultat obtenu indique que lorsque l'irrigant exclut l'élevage de son exploitation, la productivité de l'eau allouée baisse assez sensiblement. Cette élasticité mérite une attention particulière. En effet, ce résultat illustre parfaitement la dimension élevage dans ces régions. **En outre, l'élevage occupe une place importante dans le revenu de l'exploitant** : la recette moyenne du cheptel de chaque exploitant est de l'ordre de 44,5 % de la recette totale. Rappelons enfin que dans la Jeffara libyenne, plus du cinquième des exploitants enquêtés (108 sur 528) compte essentiellement sur l'élevage.
- **Le système de culture a un impact important sur la production.** Lorsque l'exploitant passe de l'arboriculture comme activité principale aux cultures maraîchères et sous serre, sa production totale connaît une augmentation significative de l'ordre de 24

%. Il est donc important de promouvoir une agriculture irriguée intensive sur des superficies plus limitées dans la Jeffara libyenne afin de mieux valoriser la ressource rare et mieux la conserver.

- L'agriculture irriguée est relativement en déclin : par exploitant, la superficie moyenne réellement irriguée est actuellement de l'ordre de 6,1 ha alors qu'elle était de 7,2 ha au début de l'activité ; ce qui représente une baisse de l'ordre de 18 %. Cette régression des superficies réellement irriguées, malgré tous les investissements publics réalisés en matière de mobilisation des ressources est paradoxale et requiert une explication appropriée.

Conclusion : Les dimensions qui ont un impact significatif et non négligeable sur la productivité économique de l'eau en Libye sont :

- le prix de la ressource en eau ;
- la salinité ;
- le système de cultures ;
- l'importance de l'élevage dans le revenu de l'exploitation.

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.

IV. ANALYSE GLOBALE

Les analyses précédentes ont été conduites sur la base des échantillons individuels pour chacun des trois pays concernés, tandis que celle-ci est conduite en s'appuyant sur l'échantillon global des trois pays d'une manière intégrée. Il faut noter que les résultats obtenus dans le cadre global sont plus pertinents puisqu'ils reposent sur un ensemble élevé d'exploitants et couvrent toutes les spécificités de la grande région du SASS.

1. Aperçu sur la base des données récoltées

Les données collectées durant les deux campagnes d'enquêtes socio-économiques et environnementales ont porté sur l'échantillon de base qui a été élaboré selon les critères scientifiques et techniques requis par la théorie statistique des enquêtes et sondages. Cet échantillon a été conçu sur la base de 3 000 exploitants représentatifs de toute la population des irrigants de la région SASS. Sur les 3 000 enquêtes réalisées sur le terrain durant la première campagne, 2 521 ont été validées et retenues dans l'analyse aussi bien descriptive que quantitative. La deuxième campagne n'a porté que sur la moitié de l'échantillon de la première campagne, à savoir 1 229. Il n'a été retenu dans le cadre de la deuxième campagne que les 2 521 enquêtes validées durant la première.

Le tableau 98 donne le détail de la répartition de l'échantillon global par pays et à l'intérieur de chaque pays par chaque zone retenue.

L'échantillon des exploitations enquêtées représente :

- plus de 90 % de l'ensemble des exploitants de la zone SASS ;
- l'essentiel de la production en irrigué de la zone SASS ;
- tous les systèmes de production en irrigué de la zone SASS.

2. Analyse descriptive

Le tableau 99 récapitule les résultats principaux concernant les variables clefs qui seront à la base de l'analyse quantitative. Les statistiques sur ces variables clef ont été calculées selon les trois critères utilisés tout au long des deux analyses aussi bien descriptive qu'analytique :

- Le premier critère est de nature spatiale qui consiste à détailler les résultats par pays.

Régions	1 ^{re} campagne 2011	2 ^e campagne 2011	Les 2 campagnes
Algérie	1 280	850	2 130
El Oued	257	200	457
(O. Righ)	248	183	431
Ouargla	50	-	50
Biskra	479	467	946
Adrar	246	-	246
Libye Jeffara	493	-	493
Tunisie	748	379	1 127
Médénine	83	-	84
Tataouine	128	-	128
Gabès	143	-	143
Tozeur	144	146	290
Kébili	250	233	483
Total SASS	2 521	1 229	3 750

Tableau 98. Répartition spatiale et temporelle des données récoltées

- Le deuxième met l'accent sur la nature de la source d'eau utilisée,
- Le troisième est centré sur la participation de l'exploitant dans le coût de mobilisation de la ressource en eau.

	WHA	SEI	FLHA	SALIN	WP	WCMC	N
GLOBAL	12 868	4,2	2,95	1,76	0,413	0,036	3750
Algérie	13 520	5,1	2,09	1,75	0,405	0,036	2130
Tunisie	13 266	1,8	5,6	1,71	0,458	0,04	1127
Libye	9 134	6	0,64	1,94	0,341	0,028	493
SELON LA NATURE DE LA RESSOURCE EN EAU							
Ghout	22 259	0,6	6,19	1,23	0,271	0,005	38
Gratuit Foggara)	21 215	1,1	5,76	1,4	0,277	0,004	154
R. Collectif	14 746	2,6	4,52	1,79	0,35	0,028	1498
R. Mixte	13 432	1,9	2,23	1,56	0,289	0,048	133
R. Privé	10 516	6	1,5	1,78	0,484	0,045	1927
SELON LA PARTICIPATION DE L'EXPLOITANT DANS LE COÛT DE L'EAU							
R. Mixte	15 354	2,3	4,49	1,73	0,338	0,027	1823
R. Privé	10 990	6	1,8	1,75	0,533	0,051	1434

Tableau 99. Récapitulatif des résultats principaux

Consommation (WHA) 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 10 516 m³ par hectare et 10 990 m³ si les exploitants libyens sont exclus) ;
- les exploitants reliés à un réseau collectif et qui payent uniquement une faible part du coût réel, utilisent davantage la ressource, avec 15 354 m³ (soit 40 % de plus que les privés) ;
- les exploitants qui ont la chance de disposer d'une eau gratuite, utilisent la ressource à volonté. En effet, avec 21 215 m³ en moyenne par hectare, ils utilisent environ le double du volume utilisé par l'exploitant privé.

Ce résultat démontre à lui seul, sans aucune ambiguïté, l'importance du coût de l'eau dans toute politique de rationalisation et surtout de conservation de la ressource dans cette région particulière.

La demande en eau moyenne par ha, qui est de l'ordre de 13 500 m³, est pratiquement la même en Algérie et en Tunisie. Par contre, elle n'est que de 9 134 m³/ha en Libye. Cette différence sensible s'explique tout simplement par le fait qu'en Libye, l'agriculture irriguée est plutôt semi-intensive alors qu'elle est assez intensive dans les deux autres pays en raison surtout de l'importance des palmeraies.

Coût de l'eau par m³ (WCMC) :

Le coût du m³ d'eau payé directement s'élève à 0,028 US\$/m³ pour l'exploitant relié à un réseau collectif tandis que le privé débourse au moins 0,045 \$US/m³, soit environ 61 % de plus. Ce différentiel devient beaucoup plus élevé si on exclut la partie libyenne de l'échantillon global (88 %). L'échantillon libyen introduit en effet un biais significatif parce qu'il ne comprend que des exploitants privés bénéficiant d'une énergie substantiellement subventionnée et qui supportent donc un coût par m³ relativement bas. Il est à remarquer que le coût réellement supporté par le privé est largement supérieur à ce montant si on intègre les coûts fixes.

L'importance de cette différence entre les coûts payés par les exploitants du secteur collectif et ceux du secteur privé dans la conservation de la ressource rare sera démontrée par l'analyse quantitative, exposée en détail dans la section suivante.

Productivité de l'eau (WP) :

Le tableau 99 fournit un résultat intéressant sur la valorisation de la ressource en eau par les différentes catégories d'irrigants :

- les exploitants bénéficiant d'une eau gratuite (*Ghout* ou *foggara*) et ceux reliés à un réseau collectif valorisent le moins cette ressource précieuse avec, respectivement, seulement 0,271, 0,277 et 0,350 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 0,484 US\$/m³ ; soit environ 78 % de plus, ce qui est loin d'être négligeable.

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.*

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 (*6,0 ha pour les privés, 2,3 ha pour les exploitations alimentées par un réseau d'irrigation collectif et 1,1 ha pour les gratuits*). Ce résultat s'expliquerait par le fait que ceux bénéficiant d'un réseau collectif ou gratuit sont contraints de n'irriguer qu'une superficie limitée d'avance par la collectivité alors que les privés ne subissent pas cette contrainte. En outre, les exploitants algériens et libyens bénéficient d'une taille d'exploitation relativement élevée avec respectivement 5,1 et 6 ha en moyenne, par contre les exploitations tunisiennes se caractérisent par des tailles plutôt réduites avec en moyenne 1,8 ha. Cette différence significative entre les tailles des exploitations selon le pays retenu

provoquera des impacts différents sur la valorisation de la ressource comme cela est expliqué dans la prochaine section.

Main-d'œuvre familiale (FLHA) :

Le nombre d'actifs familiaux par ha est respectivement de 2,1 en Algérie, 5,8 en Tunisie et de seulement 0,64 en Libye. Il est manifeste que les exploitations en Tunisie, qui sont généralement de taille réduite, sont surpeuplées alors que les exploitations libyennes, qui sont de taille plutôt importante souffre d'une insuffisance caractéristique de main-d'œuvre familiale.

3. Analyse quantitative

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

- l'analyse du comportement de la demande en eau par hectare irrigué suite à une variation spatiale des prix : l'étude a été menée selon des enquêtes ponctuelles où la variable temps est fixée à l'année de l'enquête et la seule variation disponible à ce niveau réside uniquement dans la variation des coûts de mobilisation entre exploitants ;
- l'analyse en termes de productivité économique de tout m³ alloué : cette analyse vise à étudier l'amélioration de la valorisation de la ressource suite à une augmentation des prix qui induit une réduction de la demande exprimée.

Deux campagnes d'enquêtes ont pu être menées sur le même échantillon d'exploitants retenu, et il a été possible de recourir à la technique économétrique des « données panel » qui permet de conduire une analyse plus fine et donc plus réaliste. Une présentation très succincte des avantages de cette technique s'impose.

3.1. Avantages des données panel

Les données panel, en combinant les différences interexploitations et la dynamique intra-exploitation, se distinguent par des avantages intrinsèques aussi bien sur les données spatiales que les données temporelles :

- une estimation plus précise et donc plus efficiente des paramètres du modèle utilisé ;
- une plus grande capacité à saisir la complexité du comportement humain (il s'agit ici du comportement des exploitants en matière de combinaison des facteurs de production) que par les données individuelles ou temporelles :
- les données panel permettent de construire et de tester des hypothèses de comportement plus complexes. Prenons à titre simplement illustratif, l'exemple

de l'évaluation de programmes d'investissement sociaux ou économiques : l'évaluation de l'efficacité de certains programmes d'investissement utilisant les données uniquement spatiales souffre du fait que ceux qui reçoivent le traitement sont différents de ceux qui n'en reçoivent pas. En d'autres termes, il est impossible d'observer le résultat simultanément à un individu lorsqu'il reçoit le traitement et lorsqu'il ne le reçoit pas.

... **Identification des relations dynamiques** : en effet, tout comportement économique est nécessairement dynamique, voilà pourquoi la plupart des relations économétriquement intéressantes devraient être plutôt de nature dynamique explicitement ou implicitement.

- Une simplification du calcul et de l'induction statistique.

3.2. Analyse de la consommation d'eau par ha et par exploitant

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 (WHA). Cette variable est ainsi exprimée en fonction de l'ensemble des variables explicatives retenues selon la spécification déjà établie et présentée dans les parties précédentes.

Le tableau 100 synthétise les résultats relatifs respectivement à l'ensemble des exploitants de l'échantillon global, de l'échantillon des exploitants bénéficiant du réseau subventionné et de l'échantillon des exploitants privés donnés par l'output de l'ordinateur.

Analyse de l'impact d'une variation du prix de l'eau sur sa demande (élasticité du prix)

Le même tableau révèle que 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 de 8 % à 27 %, si l'on retient l'échantillon global. Cette baisse atteint même 60 % lorsque l'on passe à la désagrégation de l'échantillon par zone de la région SASS.

Quelles sont les raisons fondamentales qui expliquent ce résultat, infirmant la croyance fortement répandue que la demande en eau agricole est insensible au prix ?

Lorsque le prix de l'eau augmente de 100 % dans la zone SASS, la consommation par hectare baisse uniquement de 12 % si l'on retient l'échantillon global et même de 8 % pour l'échantillon qui ne comprend que les exploitants bénéficiant d'une subvention substantielle de la collectivité. Cette faible élasticité, qui signifie que la demande en eau est insensible au prix, 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 maîtrise 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. En effet, dans l'échantillon global, l'agrégation des données du collectif et du privé produit un biais qui fausse les vrais résultats. Le passage à une analyse plus fine distinguant les deux catégories

Variable expliquée	Echantillon global	Réseau subventionné	Réseau privé
	Consommation d'eau par ha et par exploitant (LWHA)		
Variables explicatives			
LWCMC (Prix de l'eau)	- 0,12 (***)	- 0,08 (***)	- 0,27 (***)
LSEI (Superficie)	- 0,04 (**)	- 0,07 (**)	- 0,09 (***)
LMBHA (Revenu)	0,32 (***)	0,23 (***)	0,38 (***)
WOR (Réseau d'irrigation)	- 0,005 (***)	- 0,005 (***)	-
PAYS	-	-	- 0,25 (***)
SP1 (Système de production)	0,05 (***)	0,07 (**)	0,02 (***)
Constante	6,1 (***)	7,1 (***)	5,5 (***)
N (Nb d'observations)	3750	1823	1927
Adj-R²	0,58	0,43	0,76
F	198,4 (***)	47,42 (***)	574 (***)

Tableau 100. Résultat des estimations de la demande en eau.

montre la vraie pertinence de cette élasticité du prix. L'analyse quantitative montre ainsi, grâce à une modélisation économétrique appropriée, à une désagrégation fine des données et à l'introduction de la dimension spatiale, que l'élasticité du prix de la demande atteint même 60 % dans certaines zones du SASS comme le gouvernorat de Gabès par exemple. Cela signifie que lorsque le prix augmente de 100 %, la demande en eau baisse de 60 %, ce qui est loin d'être négligeable. Ce résultat est très important puisqu'il montre que le prix de l'eau a un impact significatif sur la demande en eau d'irrigation. Une tarification appropriée de l'eau agricole contribuerait ainsi à maîtriser significativement la demande et inciter ainsi les irrigants à mieux allouer la ressource rare et surtout à la conserver.

Dans la section suivante relative à l'analyse en termes de productivité, il sera démontré que la *participation active de l'exploitant dans le coût réel* de mobilisation des ressources en eau, améliore substantiellement sa productivité.

Recommandation 1 : Toute politique économique visant à conserver la ressource et ainsi promouvoir la durabilité de l'aquifère doit intégrer l'instrument prix par une tarification appropriée. Cet instrument doit accompagner et non remplacer les autres instruments de nature technique (lutte contre le gaspillage par un entretien du réseau, recours aux techniques d'irrigation modernes, recours aux eaux usées traitées, etc.).

Analyse en termes de productivité de la ressource

L'analyse précédente a démontré que lorsque le prix de l'eau augmente, la demande baisse sensiblement. Ce résultat ne pourrait en aucun cas constituer l'objectif principal d'une politique de gestion durable appropriée de la ressource. ***L'objectif majeur de tout preneur de décisions n'est donc pas uniquement la réduction de la demande en eau pour préserver l'aquifère, mais plutôt le maintien du niveau de bien-être de l'exploitant et même son amélioration par la réalisation d'une meilleure productivité du m³ alloué.***

Les résultats illustrés par le tableau 101 révèlent que lorsque le prix de la ressource augmente, outre le fait que sa demande baisse sensiblement (résultat précédent), sa valorisation connaît une croissance significative. Ce résultat qui montre que l'exploitant confronté à un volume d'eau de plus en plus réduit suite à la croissance de son prix, est fortement incité à mieux valoriser tout m³ alloué en améliorant sensiblement sa productivité. En effet, selon les résultats illustrés par la première ligne du tableau, nous constatons que lorsque le prix de la ressource augmente de 100 %, sa productivité connaît une croissance significative allant de 7 à 17 %, ce qui est loin d'être négligeable.

Tous les autres résultats illustrés par le tableau 101, qui quantifient l'impact d'un ensemble de déterminants importants de la productivité économique de l'eau, méritent une présentation détaillée :

L'impact négatif de la salinité sur la productivité de la ressource est logique mais alarmant. En effet, selon les résultats illustrés par la deuxième ligne du tableau, lorsque la salinité augmente de 100 %, (quand elle passe de 2 g/l à 4g/l par exemple), la productivité de la ressource baisse de 67 à 80 %. *Cette salinité est donc 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 de la salinité est constaté quel que soit le réseau d'irrigation retenu et le pays considéré.

Recommandation 2 : La conception et la promotion d'une politique de lutte efficace contre la salinité sont indispensables afin d'assurer la survie de tout l'édifice déjà fragilisé par une surexploitation excessive.

L'importance de la main-d'œuvre familiale dans la valorisation de la ressource. La quatrième ligne du tableau 101 montre que lorsque le nombre d'actifs familiaux par hectare double (passe par exemple d'un actif familial à deux actifs par hectare), la productivité de la ressource augmente significativement de 13 à 21 % selon le type d'échantillon retenu. En effet, la présence d'un actif familial dans l'exploitation, par le rôle de supervision qu'il joue sur les autres actifs salariés, améliore sensiblement la productivité de la ressource. Le rôle positif joué par la main-d'œuvre familiale sur la rentabilité de toute entreprise est largement confirmé par toutes les études de la discipline active en théorie économique, à savoir le marché du travail.

Recommandation 3 : Promouvoir une politique appropriée d'incitation des jeunes à rester dans la région et à opter pour le travail agricole afin de renforcer le rôle de la main-

Variable expliquée	Echantillon global	Réseau subventionné	Réseau individuel
	Productivité de l'eau (LWP)		
Variables explicatives			
1. LWCMC (Prix de l'eau)	0.17 (***)	0.13 (***)	0.07 (***)
2. LSALIN (Salinité)	- 0.75 (***)	- 0.80 (***)	- 0.67 (***)
3. LSEI (Superficie)	0.21 (***)	0.16 (***)	0.11 (***)
4. LFLHA (Main-d'œuvre familiale)	0.19 (***)	0.21 (***)	0.13 (***)
5. LAGE² (Age)	- 0.09 (***)	- 0.07 (**)	- 0.10 (***)
6. WOR (Réseau d'irrigation)	- 0.010 (***)	- 0.006 (***)	-
7. PAYS	0.05 (***)	0.08 (***)	0.12 (***)
8. CAMP (Campagne)	0.15 (***)	0.010 (***)	0.33 (***)
9. SP1 (Syst de production)	0.10 (***)	0.08 (***)	0.09 (***)
10. LEL (élevage)	0.08 (***)	0.007 (*)	0.004
11. Constante	- 0.07 (***)	- 0.41	- 0.53 (**)
N (Nombre d'obs)	3750	1823	1927
Adj-R²	0.31	0.34	0.28
Wald chi²	14.70 (***)	794 (***)	685 (***)

Tableau 101. Résultats de l'estimation de la fonction de productivité de l'eau.

d'œuvre familial.

Le vieillissement des chefs d'exploitation a un effet négatif significatif sur la valorisation de l'eau. Les résultats illustrés par la cinquième ligne du tableau montrent très clairement que lorsque le chef de l'exploitation vieillit, la productivité de la ressource qu'il gère accuse une baisse sensible.

Recommandation 4 : Mettre en œuvre une politique de rajeunissement des chefs d'exploitation.

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.

Recommandation 5 : Promouvoir une politique d'intégration de la composante élevage dans les exploitations irriguées.

L'importance de la taille de l'exploitation : les résultats obtenus des estimations de l'effet de la 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 Libye, où la taille moyenne des exploitations

irriguées est relativement élevée, l'élasticité de la 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 a 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.

Le choix du système de production adopté par l'exploitant a un impact hautement significatif sur la productivité de la ressource. Un accent particulier sera mis sur cette dimension dans la prochaine section.

Analyse en termes de système de production

La dernière optique porte sur le système de production retenu. Six systèmes de culture ont été identifiés, à savoir :

- cultures maraîchères et serriculture essentiellement ;
- système oasien classique dense ;
- plein champ (essentiellement céréaliculture) ;
- arboriculture essentiellement ;
- systèmes oasiens classiques épars ;
- système à dominance élevage.

Le tableau 102 nous révèle que les systèmes qui valorisent le mieux l'eau, sont :

- le système de cultures maraîchères et de serriculture essentiellement ;
- le système oasien classique dense ;
- le système à dominance élevage.

Tandis que les trois autres, à savoir le plein champ (essentiellement céréaliculture), l'arboriculture essentiellement et les systèmes oasiens classiques épars, se caractérisent par une productivité de l'eau par m³ très faible.

Les deux lignes du tableau 102, Water productivity et marge brute par ha, montrent très clairement la différence caractéristique entre de ces deux ensembles.

En effet, les systèmes de production (SP) oasis denses, cultures maraîchères et élevage valorisent tout m³ d'eau utilisé à raison de 0,558 ; 0,574 et 0,769 \$ US respectivement alors que les SP oasis éparses, plein champ et arboricultures ne valorisent cette ressource qu'à raison de 0,199 ; 0,344 et 0,456 \$ US par m³ respectivement. L'analyse en termes de marge brute fournit exactement les mêmes résultats.

	oasis éparse	Plein champs	Arbo	Oasis dense	Cultures maraîch.	Elevage	Système oasien*	Global
Nombre observ.	994	237	386	1409	459	164	2404	3750
Consommation d'eau (m ³ /ha)	10628	8371	7727	16869	11920	13872	14289	12868
Superficie irriguée (ha)	3,9	11,6	7727	16869	11920	13872	14289	12868
Ancienneté	28,3	28,3	26,6	32,1	20,28	26,8	30,6	28,3
Travail familial	1,63	0,88	2,52	5,03	1,37	2,66	3,62	2,96
Salinité	E	E	M	F	F	M	M	M
Water productivity (\$/m ³)	0,199	0,344	0,456	0,558	0,574	0,769	0,351	0,413
Coût de l'eau (\$/m ³)	0,036	0,044	0,046	0,029	0,044	0,035	0,032	0,036
Marge brute par ha (\$)	1827	3124	3271	7548	7285	11841	5181	4461
Elasticités des prix de la demande en eau et de la productivité								
Elasticité prix	-0,35	-0,32	-0,15	-0,11	-0,16	-0,10	-0,13	-0,12
Elasticité productivité	0,19	0,18	0,14	0,12	0,10	0,12	0,09	0,17

* Le système oasien comprend les oasis éparsees et les oasis denses.

Tableau 102. Récapitulatif des résultats principaux selon l'optique de système de production.

Lors de la simulation du modèle hydro-économique, afin de parvenir à la solution qui permettra de réaliser le revenu global optimal de l'agriculture irriguée du SASS, un accent particulier sera mis sur les systèmes les plus valorisants de la ressource.

Recommandation 6 : Concevoir et surtout mettre en oeuvre une politique de réforme agraire appropriée au secteur irrigué du SASS qui tienne compte explicitement des spécificités propres à chaque pays.

V. PERSPECTIVES

Cette analyse, qui a permis d'obtenir les résultats très intéressants qui viennent d'être passés en revue, est heureusement encore perfectible sur plusieurs niveaux :

- Premier niveau : continuer l'analyse sur l'information disponible :

- ... exploiter davantage la base de données ;
- ... recourir à des modèles plus sophistiqués.
- Deuxième niveau : étoffer davantage la base de données disponible :
 - ... une meilleure évaluation de la demande réelle en eau par exploitant basée sur les données du tableau 103.

Afin d'éliminer toutes les erreurs inhérentes à cette procédure, l'idéal serait d'installer des compteurs d'eau afin d'avoir une mesure précise.

- ... Etoffer davantage la dimension temporelle par de nouvelles campagnes d'enquêtes.

Cultures	Mode d'irrigation	Nombre d'irrigation	Nombre d'heures/irrigation	Débit L/S	Volume consommé en m ³

Tableau 103. Consommation en eau par culture.



ANNEXE : Brève présentation du modèle économétrique élémentaire

171 MODÈLE DE RÉGRESSION LINÉAIRE

172 MODÈLE LINÉAIRE SIMPLE À UNE VARIABLE

173 INTERPRÉTATION

177 EXEMPLE ILLUSTRATIF DE LA DÉMARCHE RETENUE

181 EXTENSIONS INTÉGRÉES DANS LA MODÉLISATION
ÉCONOMÉTRIQUE RETENUE DANS LE CADRE DE CETTE
ANALYSE

L'économétrie, 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.

I. MODÈLE DE RÉGRESSION LINÉAIRE

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

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

Où :

- y : est la variable à expliquer qui pourrait être la demande en eau par les exploitations agricoles.
- $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: 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 multivarié 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 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$, on peut être en mesure de déduire des modèles dans les données.

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

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

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

Où n est le nombre d'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 .

II. MODÈLE LINÉAIRE SIMPLE À UNE VARIABLE

Soit :

$$y = mx + b \quad (2)$$

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 :

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \quad (3)$$

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 X (le prix de l'eau) et de y (le volume

consommé) pour 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 :

$$\widehat{y} = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 X + \widehat{\varepsilon} \quad (4)$$

Où le $\widehat{}$ 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.

III. INTERPRÉTATION

Reprenons l'exemple précédent :

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

- Si le prix en question est nul, le volume consommé sera égal à $\widehat{\beta}_0$.
- L'interprétation de $\widehat{\beta}_1$ 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, $\widehat{\varepsilon}$, 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

$$\widehat{y}_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 + x_i + \widehat{\varepsilon}_i \quad (5)$$

Le terme résiduel est :

$$\widehat{\varepsilon}_i = y_i - \widehat{y}_i = y_i - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 X_i$$

L'objectif est maintenant celui de déterminer les deux coefficients $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$. 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 résidus¹.

$$\text{Min} \sum_i \varepsilon_i^2$$

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

3.1. Méthode des moindres carrés ordinaires (mco) et qualité de l'ajustement

La méthode mco consiste à estimer exactement la régression $\widehat{y}_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i + \widehat{\varepsilon}_i$.

Il s'agit de trouver la ligne qui définit 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 :

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

¹ 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.

Les propriétés à satisfaire par la méthode mco sont :

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

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 hypothèse impose donc que la somme totale des ces résidus soit nulle.

$$2. \quad \sum \widehat{\varepsilon}_i^2 x_i = 0$$

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

$$3. \quad Y = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 X$$

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 :

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

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

3.2. Procédure d'estimation des coefficients $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$ de la ligne d'ajustement

Les déviations qui représentent les résidus, 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 d'ajustement. Si ces résidus (ε) 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 $(\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1), \dots$ donneront des lignes d'ajustements différentes et ainsi différentes valeurs pour la somme des carrés des résidus autour de la ligne.

Ainsi nous aurons :

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

Le principe des **m.c.o** est que les valeurs de $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$ 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:

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

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

$$\beta_1 = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2}$$

$$\widehat{\beta}_0 = Y - \widehat{\beta}_1 X$$

Avant de définir la qualité de l'ajustement, qui est mesurée par R^2 , il est indispensable de définir deux quantités essentielles à savoir *SSM* (*Sum of Square du Modèle*) et *SST* (*Sum of Square Totale*).

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

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.

$$SST = \sum \varepsilon^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

SST donne la variation totale dans les y_i , alors que *SSM* donne tout simplement la variation expliquée 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 vraies valeurs dans la population.

On aura donc :

$$SST = SSR + SSM$$

(Somme des carrés totale en Y) Somme des carrés résiduels « non expliquée » par le modèle Somme des carrés « expliquée » par le modèle retenu

La qualité de l'ajustement retenue est donc mesurée par R^2 ainsi :

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

Cette mesure de la qualité de l'estimation varie entre 0 et 1. Plus la valeur de R^2 est élevée meilleur est l'ajustement.

IV. 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.

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 m^3 .
- **Lwha** : log de la consommation d'eau par hectare.

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

L'équation estimée par la méthode des **moindres carrés ordinaires** est donc :

$$Lwha_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 Lwcmc_i + \widehat{\epsilon}_i$$

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

Source	SS	df	MS	Number of obs = 732		
Model	125.824376	1	125.82	F(1, 730)	= 192.88 ⁽¹⁾	
Residual	476.212694	30	.652	Prob > F	= 0.0000 ⁽³⁾	
				R-squared	= 0.2090	
				Adj R-squared	= 0.2079	
Total	602.037069	731	.8235	Root MSE	= .80768	

lwha	Coef.	Std. Err.	t ⁽²⁾	P> t	[95% Conf. Interval]
lwcmc	-.4765187	.0343113	-13.89	0.000	-.5438792 -.4091582
_cons	7.34428	.1228789	59.77	0.000	7.103042 7.585518

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		
Lwcmc (prix de l'eau)	$\widehat{\beta}_1$	- 0.48 (0.000) ***
Cte	$\widehat{\beta}_0$	7.34 (0.000)***
N (nombre d'exploitants dans l'échantillon retenu)		732
Adj R-squared (R²)		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 :

$$Lwha_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 Lwcmc_i + \varepsilon_i = 7.344 - 0.476 Lwcmc$$

Interprétation de ces résultats :

$$\widehat{\beta}_0 = \text{constante} = 7.344$$

$$\widehat{\beta}_1 = \text{élasticité-prix} = - 0,476$$

- La constante signifie ici que lorsque le prix de la ressource est nul la consommation en eau s'élève à 1547 m^3 . Comme nos résultats sont en Log, pour revenir au chiffre réel il faut prendre l'exponentiel du résultat trouvé soit :

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

- 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 les différents irrigants. Il est tout à fait naturel que chaque exploitant adapte son comportement en fonction de sa propre situation. L'irrigant qui dispose d'une ressource en eau peu coûteuse, suite à l'existence dans sa zone de réseau public largement subventionné par l'Etat, sera moins disposé 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 %.*

Remarque : 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.

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 R^2
- Le test de Fisher (F)
- Le test de student (t) et
- La p-value.

Le coefficient de détermination R^2 , calculé à partir des informations données par l'output du logiciel est :

$$R^2 = \frac{SS(model)}{SS(total)} = \frac{125.824376}{602.037069} = 0.2090$$

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.

Le Test de Fisher (ou test F) 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 :

$$Lwha_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 Lwcmc_i + \widehat{\epsilon}_i$$

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 :

$H_0 : \rho_{lwha,lwcmc} = 0$ 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 eau (*LWHA*). On dit alors que les deux variables sont non corrélées ou indépendantes.

$H_1 : \rho_{lwha,lwcmc} \neq 0$ 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 :

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

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 :

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

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%.

Remarque : 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 l_{wcmc} et l_{wha} 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 *valeur de p-value*. 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.

V. EXTENSIONS INTÉGRÉES DANS LA MODÉLISATION ÉCONOMÉTRIQUE RETENUE DANS LE CADRE DE CETTE ANALYSE

L'exemple présenté 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 qui intégreront toutes les 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 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.

5.1. Les extensions du modèle économétrique utilisé

- 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 cette analyse est donc le modèle général *multidimensionnel* qui intégrera le maximum de variables explicatives pertinentes.
- Le modèle de l'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. inter-reliées avec le terme résiduel.
- 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 *erreurs de mesures* manifestes. Le modèle retenu intégrera cet aspect par le recours à la méthode des Moindres Carrées Généralisées.
- 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.
- 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 des variables qualitatives a connu d'énormes progrès.
- 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 finie*. 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'utilisateur 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 correspondantes, 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.

5.2. Spécificités de l'estimation de l'élasticité prix de l'eau grâce aux données d'enquêtes

Étant donné 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 données disponibles.

L'idéal aurait été de disposer d'une série temporelle de prix réel de l'eau, ainsi que de 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 m^3 et par exploitant. Si cette précieuse information est récupérée d'une manière utilisable ; il serait possible d'estimer la variation de la demande en eau suite à une variation des coûts/ m^3 . Toutes les estimations présentées dans le cadre de ce projet s'appuient donc sur des données spatiales c'est pourquoi les élasticités-prix reflèteront la variation de la demande en eau des exploitants suite à des coûts différents de la ressource mobilisée.

Le Système aquifère du Sahara septentrional (SASS) est un bassin de plus de 1 000 000 km² partagé par trois pays (Algérie, Libye, Tunisie), dont les réserves en eau sont considérables mais à caractère quasi fossile.

Les études antérieures sur le SASS s'étaient focalisées sur les caractéristiques et le fonctionnement de l'aquifère ainsi que sur l'évolution des prélèvements, mais rarement sur la valorisation de l'eau. La phase III du projet SASS vise à restaurer cet équilibre par la promotion d'une gestion durable de la ressource en eau, qui constitue le facteur le plus limitant à toute activité économique stable.

Cette étude relative aux aspects socio-économiques de l'irrigation, qui représente l'un des deux volets principaux du projet SASS III, vise à enrichir les acquis de la connaissance hydrogéologique de la ressource eau par des données socio-économiques et environnementales. Elle analyse le fonctionnement des exploitations agricoles et surtout le comportement réel de l'irrigant en mettant un accent particulier sur sa capacité à s'adapter aux défis qui menacent la durabilité du développement.

L'analyse des enquêtes réalisées auprès de 3 000 exploitants a permis d'identifier les principales contraintes à la productivité de l'eau, mais aussi de quantifier l'ampleur de leur impact économique et d'émettre des recommandations pour une meilleure valorisation de la ressource.

ANRH



DGRE



GWA



ISBN : 978-9973-856-82-1



Observatoire du Sahara et du Sahel

Bd du Leader Y. Arafat, BP 31, 1080 Tunis Carthage, Tunisie

Tél. : (+216).71.206.633 - Fax : (+216).71.206.636

URL : www.oss-online.org - Email : boc@oss.org.tn