



ÉTUDE SUR LE DEVELOPPEMENT DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET PECHE

Livrable n° 1

*Diagnostic de la situation de la consommation
énergétique dans le secteur de l'agriculture et la
pêche*

Version final

Août 2010



Sommaire

1. INTRODUCTION	4
1.1. <i>Conceptualisation</i>	4
1.2. <i>Application de ce cadre au secteur agricole et pêche tunisien</i>	5
1.2.1. Aperçu historique de l'utilisation de l'énergie par ce secteur	5
1.2.1.1. Utilisation par l'activité agricole	5
1.2.1.2. Utilisation par les activités de pêche	7
1. VUE D'ENSEMBLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET LA PECHE	12
1.1. <i>Evolution de la consommation globale</i>	12
1.2. <i>Structure de la consommation par type d'énergie</i>	12
1.3. <i>Structure de la consommation par sous-secteur</i>	13
1.3.1. Sous secteur de la pêche	13
1.3.2. Sous secteur de l'agriculture	14
2. COMPTE SECTORIEL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS L'AGRICULTURE ET LA PECHE	16
2.1. <i>Elaboration du compte sectoriel dans l'agriculture</i>	16
2.1.1. Approche méthodologique	16
2.1.1.1. Niveau de désagrégation	16
2.1.1.2. Méthodologie de désagrégation	17
2.1.2. Résultats de désagrégation	20
2.1.2.1. Au niveau national	20
2.1.2.2. Au niveau des régions agricoles	24
2.2. <i>Elaboration du compte sectoriel dans le sous secteur de la pêche</i>	27
2.2.1. Approche méthodologique	27
2.2.1.1. Niveau de désagrégation	27
2.2.1.2. Méthodologie de désagrégation	29
2.2.2. Résultats de désagrégation	29
2.2.2.1. Désagrégation par type de pêche	29
2.2.2.2. Désagrégation par zone de pêche	30
2.3. <i>Synthèse des comptes sectoriels dans l'agriculture et la pêche</i>	31
2.3.1. Compte sectoriel de l'agriculture	32
2.3.2. Compte sectoriel de la pêche	32
3. ELABORATION DES INDICATEURS ENERGETIQUES DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET LA PECHE AU	NIVEAU MACRO-ECONOMIQUE
3.1. <i>Approche méthodologique et définition des indicateurs</i>	33
3.1.1. L'intensité énergétique	33
3.1.2. La consommation spécifique ou unitaire	33
3.1.2.1. Consommation spécifique de production	34
3.1.2.2. Consommation spécifique des facteurs de production	34
3.1.2.3. Consommation unitaire par hectare	35
3.2. <i>Calcul des indicateurs</i>	35
3.2.1. Analyse de l'intensité énergétique au niveau sectoriel	35
3.2.2. Analyse de l'intensité énergétique au niveau des sous secteurs	36
3.2.2.1. Analyse détaillée au niveau du sous-secteur de l'agriculture	38
3.2.2.2. Analyse détaillée au niveau du sous-secteur de la pêche	40
4. CARACTERISATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES	43
4.1. <i>Présentation de l'enquête</i>	43
4.1.1. Objectif	43
4.1.2. Présentation de l'échantillon	43
4.1.3. Caractérisation des exploitations	44
a. Répartition des exploitations selon la Superficie Agricole Utile (SAU)	44
b. Répartition des exploitations selon le mode d'irrigation	44
c. Répartition de l'échantillon selon le nombre et le type de pompe d'irrigation	45
d. Répartition de l'échantillon selon le nombre des tracteurs	46
e. Répartition de l'échantillon selon la puissance des tracteurs	47
4.2. <i>Résultats de l'enquête</i>	48
4.2.1. Dépenses des agriculteurs en énergie	48
4.2.1.1. Dépenses moyennes par type d'énergie	48

4.2.1.2.	Poids de l'énergie dans le coût de production	49
5.2.2.	Comportement des agriculteurs vis-à-vis de l'énergie.....	52
5.3.	<i>Conclusion</i>	53
5.	L'OFFRE ENERGETIQUE DANS LE SECTEUR AGRICOLE	54
5.1.	<i>Potentiel de production de biomasse dans le secteur agricole.....</i>	54
5.1.1.	Potentiel de bois énergie.....	54
5.1.1.1.	Offre globale	54
5.1.1.2.	Bilan global.....	55
5.1.1.3.	Potentiel énergétique	55
5.1.2.	Le biogaz.....	55
5.1.2.1.	Les fientes de volailles.....	55
5.1.2.2.	Les déjections ovines.....	55
5.1.2.3.	Les déjections bovines.....	56
5.1.2.4.	Les margines	57
5.1.3.	Biocarburant.....	57
5.1.3.1.	Potentiel de plantation.....	57
5.1.3.2.	Potentiel énergétique	57
6.	EVALUATION DU POTENTIEL BRUT D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET LA PECHE	58
6.1.	<i>L'agriculture</i>	58
6.1.1.	L'irrigation.....	58
6.1.1.1.	L'énergie indirecte en irrigation	59
6.1.1.2.	L'énergie directe ou récurrente pour l'exploitation des systèmes d'irrigation.....	60
6.1.1.3.	La méthode d'irrigation et la demande en énergie utile.	61
6.1.1.4.	Economie d'eau et économie d'énergie.....	62
6.1.1.5.	La substitution par les énergies renouvelables	64
6.1.2.	La mécanisation.....	68
6.1.2.1.	Les facteurs qui jouent sur la consommation de carburant	69
6.1.2.2.	Comment économiser du carburant sur le poste mécanisation agricole ?	70
6.1.2.3.	Conclusion	76
6.1.3.	Synthèse du potentiel d'économie d'énergie dans l'agriculture	77
6.2.	<i>La pêche</i>	78
6.2.1.	Concernant l'état du moteur et de la coque :	78
6.2.2.	Concernant la zone de pêche et l'éloignement des pêcheries	79
6.2.3.	Pour les engins des captures.....	79
6.2.4.	Conclusion	79
7.	ELEMENTS DE PROSPECTIVE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
8.	ANNEXE	80

1. INTRODUCTION

L'étude stratégique de développement de la maîtrise de la consommation de l'énergie par le secteur agricole est conçue en trois phases complémentaires. La première phase devra permettre d'une part, de mieux saisir le concept de développement de la maîtrise de la consommation d'énergie et d'autre part, l'application du cadre conceptuel développé au secteur agricole.

La deuxième phase serait dédiée à la quantification de la consommation d'énergie par les activités de production agricoles organisées en systèmes agraires (ou en systèmes de production) et aux calculs d'indicateurs pertinents renseignant sur le degré de la maîtrise d'énergie telle que conceptualisée au cours de la première phase. Les éléments ainsi calculés seront analysés (évolution, explication des consommations, benchmarking).

Au vu des éléments de l'analyse menée au cours de la deuxième phase, une stratégie de développement de la maîtrise de la consommation d'énergie par les activités agricoles et de pêche est à concevoir. Cette stratégie sera basée d'abord sur l'élaboration de scénarios de prospective de la consommation énergétique du secteur agricole puis la définition des orientations stratégique et enfin le plan d'action à court et moyen terme de maîtrise de l'énergie dans le secteur. Ce développement fera l'objet de la troisième phase de l'étude.

Le présent document correspond à la première et deuxième phase de l'étude.

1.1. CONCEPTUALISATION

La maîtrise de la consommation d'énergie par le secteur agricole et de la pêche dépend de trois facteurs essentiels. Le premier facteur influençant cette maîtrise est la structure de la consommation d'énergie. En effet, à un moment donné les usagers ont la possibilité de choisir entre diverses sources d'énergie qui leur sont accessibles. En outre, l'affectation d'une ressource énergétique entre des usages alternatifs (activités agricoles productives) devra être régie par le principe de l'équimarginalité, c'est-à-dire l'égalisation des productivités marginales de cette énergie assurées par les divers usages. L'agrégation de leurs décisions d'utiliser ces sources énergétiques aboutit à une structure de consommation de l'énergie. Le choix par les usagers de l'énergie des technologies adaptées aux opérations conduites serait le deuxième déterminant de cette maîtrise. La dernière variable ayant un pouvoir explicatif de cette maîtrise serait le comportement des usagers. Il s'agit ici d'un comportement technico-économique conduisant à une consommation d'énergie. La consommation spécifique, c'est-à-dire la quantité d'énergie utilisée par unité de service effectué, serait une bonne représentation de ce comportement.

Il convient de signaler que ces trois facteurs qui conditionnent la maîtrise de l'énergie seraient à leur tour dépendant d'autres variables. Ces dernières sont multiples et interdépendantes. Celles qui seront retenues ici sont directement influencées/déterminées par les politiques publiques. Un tel choix prépare la conception des phases ultérieures de l'étude. En ce qui concerne la deuxième phase, la caractérisation de la consommation d'énergie peut être effectuée durant des périodes déterminées par les changements des politiques publiques pertinentes. Pour ce qui est de la troisième phase, il est évident que l'identification des variables de

politique est de nature à aider à la mise en œuvre de la stratégie de développement de la maîtrise de la consommation de l'énergie. Un essai de précision de ces variables de politiques publiques est ci-après conduit.

Les prix relatifs résultants des différentes interventions des pouvoirs publics (taxes, subventions,...) peuvent expliquer la structure des consommations des énergies accessibles à un usager donné, étant donné les technologies.

A son tour le choix des technologies disponibles est influencé, outre les prix relatifs des énergies et les conditions naturelles dans lesquelles elles seront utilisées, par le coût d'usage du capital requis par ce choix. Le coût d'usage du capital dépend de la politique de promotion de l'investissement privé, notamment les taux de subventions, les parts des prêts.

A structure d'énergies donnée et pour une même technologie, le comportement de consommations d'énergie serait déterminé par les prix relatifs des diverses énergies accessibles, par le degré de maîtrise des opérations consommatrices d'énergies, technicité de l'utilisateur, conditions naturelles, existence éventuelle d'économie d'échelle (structures foncières, taille des exploitations).

Le développement de la maîtrise de la consommation d'énergie serait, selon ce cadre conceptuel, un processus de rationalisation des ses trois déterminants et ce dans un contexte économique (façonné par les politiques publiques en vigueur), technologique et naturel donné.

1.2. APPLICATION DE CE CADRE AU SECTEUR AGRICOLE ET PECHE TUNISIEN

1.2.1. *Aperçu historique de l'utilisation de l'énergie par ce secteur.*

1.2.1.1. *Utilisation par l'activité agricole*

(i)- une vue d'ensemble

Les politiques publiques conçues et mises en œuvre pour orienter le secteur agricole visaient essentiellement à augmenter les revenus des agriculteurs et ce à travers fondamentalement l'accroissement de la productivité du travail. Deux voies extrêmes d'accroissement de la productivité des actifs agricoles peuvent être envisagées.

La première consiste à augmenter, via la mécanisation, la surface cultivée par actif. Il convient de signaler que pour des raisons historiques, l'introduction de la mécanisation en Tunisie a été relativement précoce et sélective. Elle a concerné au début du siècle dernier essentiellement les fermes des colons. L'adoption du paquet technique dès la révolution verte a induit depuis le début des années soixante dix sa généralisation. La vulgarisation et la fourniture des services de la mécanisation à des tarifs (par la SONAM) subventionnés sont les premiers leviers essentiels utilisés pour réaliser l'objectif d'extension de la mécanisation. Dans une seconde étape (fin des années quatre vingt – début des années quatre vingt dix), un code d'encouragement de l'investissement privé a réservé des incitations toutes particulières pour le développement de la mécanisation. Ce code a fait l'objet de plusieurs amendements.

Une analyse fine des contenus des révisions apportées à ce code pourrait

permettre de distinguer des changements dans les politiques d'incitations et par conséquent des sous périodes d'analyse (pouvant orienter le contenu de la phase deux).

Outre l'incitation à l'investissement dans les équipements requis par la mécanisation, des subventions des énergies utilisées par le secteur agricole ont été mises en œuvre pour encourager la mécanisation. L'extension de l'électrification des zones rurales a eu des conséquences positives dans ce domaine.

La seconde voie est un processus d'intensification continue des techniques d'exploitation de ressources en terre limitées, c'est-à-dire d'augmentation des rendements physiques à l'hectare. Le paquet de la révolution verte (mécanisation, irrigation, semences sélectionnées, intrants divers) a constitué un tournant sur cette voie, notamment au cours des années soixante dix. L'extension de l'irrigation a relayé ce levier et ce depuis le milieu des années soixante dix. Les limites d'offre de l'eau d'irrigation que l'extension des périmètres irrigués (publics et privés) a pu générer ont conduit les pouvoirs publics à concevoir un programme d'économie d'eau, au milieu des années quatre vingt dix. L'adoption des techniques d'irrigation économes en eau prônées par ce programme conduit à une consommation accrue d'énergie (et de capital).

Ces tendances globales cachent d'importantes spécificités régionales. Un essai d'explicitation des différences régionales d'utilisation de l'énergie par la mécanisation ou/et par l'irrigation est ci-après mené.

(ii) quelques spécificités régionales

En ce qui concerne la mécanisation :

La distinction de quatre grandes régions permet de rendre compte de la diversité de l'utilisation de l'énergie pour la mécanisation des travaux agricoles.

- La région du Nord Ouest où les systèmes de production se trouvent dominés par les grandes cultures. Il convient de signaler qu'au sein de cette même région des variations inter exploitations des consommations spécifiques d'énergie sont observables. Elles sont dues aux différences de tailles des unités de production (rendement à l'échelle) ou /et à la localisation de ces unités de production (plaine ou terrain en pente).

- la région du Nord Est, région d'agriculture périurbaine où l'arboriculture (diverse) et les cultures maraîchères constituent l'orientation culturelle essentielle des systèmes de production. C'est la région de la petite exploitation par excellence.

- la région du centre où les systèmes de production sont basés sur l'arboriculture en sec, le maraîchage, la céréaliculture rustique (essentiellement l'orge). La mécanisation y est d'introduction relativement récente.

- la région Sud où sont pratiquées une arboriculture en sec peu mécanisée et une céréaliculture sporadique. L'élevage y est conduit d'une manière extensive et tire l'essentiel de son alimentation de maigres parcours le plus souvent collectif.

En ce qui concerne l'irrigation :

Là aussi quatre régions permettent de rendre compte de la diversité des situations de consommation de l'énergie pour l'irrigation.

La région du Nord Ouest où l'irrigation est assurée essentiellement par les eaux de surface. L'aspersion est la technique d'irrigation la plus pratiquée, notamment dans les périmètres publics irrigués.

la région du Nord Est : les eaux de surface et l'exploitation de nappes phréatiques constituent l'essentiel des ressources utilisées pour l'irrigation. Ces nappes se trouvent le plus souvent surexploitées ce qui se traduit par une baisse du niveau piézométrique. De telles baisses sont synonymes d'accroissement de la consommation d'énergie. De plus, l'engouement des agriculteurs aux techniques d'économie d'eau (depuis la mise en œuvre du programme national d'économie d'eau en 1994) a entraîné une augmentation de la consommation énergétique.

- la région du centre : dans cette région l'essentiel de l'eau d'irrigation provient de nappes phréatiques connaissant d'importants rabattements. Là aussi, on note une importante progression de l'adoption des techniques d'irrigation localisée.

- la région Sud dans cette région l'irrigation est essentiellement confinée dans les oasis irriguées en majeure partie par des eaux souterraines provenant de l'exploitation de nappes profondes. Le coût d'exhaure de ces eaux est particulièrement élevé en termes de consommation d'énergie ; profondeur d'exhaure supérieure à 100m. Ce coût est en augmentation consécutive à l'aggravation des rabattements de ces aquifères. L'irrigation se fait le plus souvent par la technique de submersion.

1.2.1.2. Utilisation par les activités de pêche

(i)- une vue d'ensemble

En ce qui concerne l'évolution de ce sous secteur en rapport avec la consommation d'énergie, on peut distinguer trois périodes.

La première période qui s'étale depuis les années soixante dix jusqu'aux années **quatre vingt**, correspond aux différents encouragements pour la modernisation de la flotte de pêche notamment en matière de puissance motrice aussi bien pour la pêche côtière que pour la pêche hauturière (FOSEP), au développement de l'infrastructure portuaire ; notamment la mise en place (extension/ modernisation) de fabriques de glaces des tunnels de congélation dans la quasi-totalité des ports. L'investissement requis à cet effet est public. Des tarifs particulièrement faibles sont pratiqués et permettent aux pêcheurs de s'approvisionner en glace auprès de ces fabriques. C'est aussi durant cette période que la majorité des ports de pêches sont implantés, modernisés et /ou planifiés.

La seconde étape a débuté avec les années **quatre vingt dix** et correspond à une volonté publique de modernisation et de mise à niveau des embarcations de pêche pour leur permettre d'exploiter les fonds des hautes mers, et d'augmenter le nombre de jours en mer, notamment dans la zone nord. Des encouragements à l'investissement privé prévus par le code d'investissement dans le secteur agricole et de pêche ont constitué les principaux leviers mis en œuvre par les pouvoirs publics à cet effet. Des subventions de l'énergie utilisée est le deuxième levier mis en place.

Il importe de signaler que l'adoption de ces nouvelles embarcations s'est traduit par des changements dans la consommation de l'énergie par le sous secteur de la pêche (le contenu énergétique des produits de la pêche semble avoir connu une augmentation).

La troisième étape est induite par les conséquences particulièrement négatives du chalutage, rendu possible par les nouvelles embarcations acquises, sur la reproduction biologique des stocks marins. Elle envisage des périodes de repos biologiques, à l'instar du gel des terres, au cours desquelles l'activité de la pêche est suspendue. Au cours de ces périodes les pêcheurs perçoivent une indemnité dite de repos biologique. Il est une évidence que l'adoption de cette institution de repos biologique affecte la consommation d'énergie par le sous secteur.

Comme pour l'agriculture, les tendances globales qui viennent d'être décrites seront utilement nuancées pour capter les différences régionales. Les spécificités régionales sont ci-après développées.

(ii) Spécificités régionales

Les ressources marines d'importance économique sont représentées essentiellement par les ressources halieutiques. La production de la pêche en Tunisie a atteint 105 128 tonnes en 2007 contre 90 039 en 1998, soit une évolution de 17% assurée essentiellement par les espèces pélagiques. La flotte active en 2007 est de 11354 unités, la population maritime est de 54362 marins pêcheurs. Cette production est représentée par 53653 tonnes d'espèces pélagiques, 46595 tonnes d'espèces benthiques et 4880 tonnes de diverses autres espèces. Cet état de la ressource et de l'exploitation varie d'une région à l'autre en rapport avec les composantes naturelles et logistiques.

La région Nord

Celles-ci vont de la frontière tuniso-algérienne- jusqu'à Ras Sidi Ali Mekki (Ghar El Melh, Gouvernorat de Bizerte). Elles sont caractérisées par la prédominance de côtes rocheuses marquées avec de nombreux caps (Cap Negro, Cap Zebib, Cap Serrat, Cap Blanc). Le plateau continental, assez peu étendu, a une bathymétrie littorale relativement accusée. L'alternance des fonds rocheux et de fonds meubles favorise la richesse de la biodiversité.

Entre Tabarka et Bizerte se localise un gisement de corail rouge à des profondeurs de 20 à 80 m, qui est de plus en plus menacé. Les herbiers de Posidonie et de Caulerpes sont fréquents à des fonds allant jusqu'à 30 m de profondeur, ils sont en bon état de conservation. Sur les côtes Nord, la diversité biologique est peu ou pas touchée, car la pollution est peu fréquente, et les fonds sont difficiles d'accès pour le chalutage.

La pêche est focalisée sur 4 ports de pêche hauturiers : Tabarka, Bizerte, La Goulette et Kelibia, 7 ports de pêche côtière : Sidi Mechreg, Menzel Abderrahmen, Cap Zebib, Ghar El Melh, Kalaat Andalous, Sidi Daouad et Haouraia.

Les principaux postes consommateurs d'énergie de la région Nord sont résumés dans le tableau 1, avec en particulier une capacité des réservoirs des carburants de l'ordre de 748 m³, dont 240 m³ à Kelibia, 160 m³ à Bizerte. La flotte compte 171 unités hauturières et 1160 barques côtières.

Zone	Eclairage public (Nbre)	Portiques (puissance T)	Carburant (capacité m3)	Production Glace (T/j)	Stockage 0°C (T)	Stockage -25°C(T)	Congélation (T)	Chalutiers	Sardiniers	Côtières
Nord	335	1004	748	245	1012	2196,5	132,9	66	105	1160

Tableau 1 : Principaux éléments de la consommation d'énergie dans le secteur de la pêche (région Nord).

La région Est

Les côtes Est de Kélibia à Ras - Kabudia (golfe de Hammamet) sont moins rocheuses que les côtes Nord. Le plateau continental est relativement étendu avec de nombreuses plages sur cette zone (Nabeul, Hammamet, Sousse, Monastir, Mahdia). La faune et la flore sont assez diversifiées, les herbiers de posidonies sont en bon état et assez fréquents, notamment au niveau de la zone Monastir - Chebba. Cette même zone connaît aussi la présence de zones de ponte de la tortue marine *Caretta caretta* (îles Kuriat). De nombreux thonidés fréquentent cette zone et plus particulièrement le thon rouge *Thunnus thynnus*.

La pêche est focalisée sur 4 ports de pêche hauturiers : Sousse, Monastir, Teboulba et Mahdia, 8 ports de pêche côtière : Beni Khia, Hergla, Ksiba, Sayada, Bekalta, Salakta, Chebba et Melloulech.

Les principaux postes consommateurs d'énergie de la région Est sont résumés dans le tableau 2, avec en particulier une capacité des réservoirs des carburants de l'ordre de 655m3, dont 140m3 à Mahdia, 120m3 à Teboulba. La flotte compte 207 unités hauturières et 1045 barques côtières.

Zone	Eclairage public (Nbre)	Portiques (puissance T)	Carburant (capacité m3)	Production Glace (T/j)	Stockage 0°C (T)	Stockage -25°C(T)	Congélation (T)	Chalutiers	Sardiniers	Thoniers	Côtières
Est	361	1129	655	390,5	838,5	5705,5	66	68	131	8	1045

Tableau 2 : Principaux éléments de la consommation d'énergie dans le secteur de la pêche (région Est).

La région Sud

Les côtes Sud de Chebba à Ras Jdir (golfe de Gabès) se caractérisent par des fonds sableux et sablo-vaseux. Le plateau continental, de pente très douce, est très étendu. La chalutabilité des fonds y est très facile. C'est une zone caractérisée par une forte amplitude des marées qui peut atteindre 2 m. Les herbiers de posidonies et de caulerpes, autrefois très fréquentes et bien répandues tout au long des côtes du

golfe, se limitent actuellement aux alentours des îles de Kerkennah, au niveau des hauts fonds. Cette zone a subi de nombreuses actions anthropiques ayant modifié énormément le paysage du littoral (installations d'usines chimiques, infrastructures industrielles,...) et des fonds marins (désertification par endroits des fonds, du point de vue flore,...). Il est important de signaler que cette zone enregistre au fil des décennies l'installation d'espèces Lessepsiennes venant de la mer rouge: les poissons du type *Stephanolepis diaspros*, le crustacé *Alpheus* sp., et récemment les crevettes *Metapenaeus monoceros* et *Trachypenaeus curvirostris*, ainsi que le crabe *Eucrate crenata*.

La pêche est focalisée sur 3 ports de pêche hauturiers : Sfax, gabès et zarzis, 15 ports de pêche côtière : Louza Louata, Awabed, Kraten, Ataya, Mahres , Zaboussa, Skhira, Zarat, Grine, Ajim, Houmt Souk, Bougrara, Hassi Jellaba, Aghir et Ketf.

Les principaux postes consommateurs d'énergie de la région Sud sont résumés dans le tableau 3, avec en particulier une capacité des réservoirs des carburants de l'ordre de 1305m³, dont 600m³ à Sfax. La flottille compte 428 unités hauturières et 2189 barques côtières.

Zone	Eclairage public (Nbre)	Portiques (puissance T)	Carburant (capacité m ³)	Production Glace (T/j)	Stockage 0°C (T)	Stockage -25°C (T)	Congélation (T)	Chalutiers	Sardiniers	Thoniers	Côtières
Sud	538	1354	1305	464,7	1248	3855	117,5	260	134	34	2189

Tableau 3 : Principaux éléments de la consommation d'énergie dans le secteur de la pêche (région Sud).

Parmi les autres créneaux consommateurs d'énergie, il faut signaler que l'activité des pêches est aussi accompagnée par une armada de moyens de transport de diverses catégories assurant la ventilation du produit à travers l'ensemble du territoire national. Le moyen de transport le plus commun étant les véhicules de capacité inférieure à 1,5 tonne (tableau 4).

Régions	Camion > 1,5T	Camion < 1,5T	Motocycle	Autres
Nord	54	283	51	10
Est	125	339	56	30
Sud	127	542	217	16

Tableau 4 : ventilations des moyens de transport œuvrant dans le secteur de la pêche

Pour l'estimation des consommations de la flottille de pêche, on adopte en général le taux de 0,1275 l /cheval-heure pour un moteur bien entretenu et 0,2000l/cheval-heure pour une moteur âgé. (Tableau 5).

Puissance motrice (CV)	Consommation Horaire (Litre/heure)	
	Moteur normal	Moteur âgé
20	2,5	4
30	3,8	6
40	5,1	8
60	7,6	12
90	11,5	18
200	25,5	40
400	51	80
600	76,5	120
800	102	160
900	114,7	180
1000	127,5	200
1200	153	240

Tableau 5 : Grille de consommation moyenne de la flottille de pêche

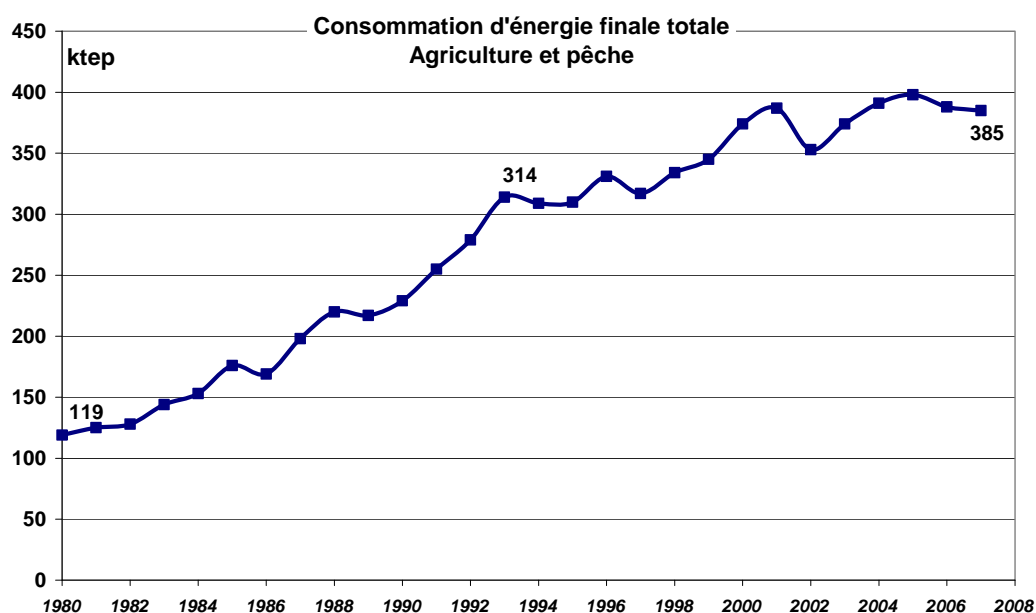
La proximité des pêcheries le temps de pêche réel, par rapports aux trajets port-pêcherie, sont des facteurs clés de la gestion de la consommation du carburant ; en parallèle l'état de la machine, du bateau et des manœuvres de commande représentent aussi leurs effets sur la consommation.

Actions	Estimation de l'économie d'énergie
Etat de la coque	40
Réduction de la vitesse de 7 à 6 nœuds	37
Entretien du moteur	30
Augmentation de la ligne d'eau 8 à 10m	23
Réduction du poids de 3 à 2,5 tonnes	19
Augmentation de la réduction de vitesse (2 ^{ème} au 4 ^{ème})	14

1. VUE D'ENSEMBLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET LA PECHE

1.1. EVOLUTION DE LA CONSOMMATION GLOBALE

La consommation d'énergie finale du secteur agricole est donnée par le bilan énergétique national dont les données sont disponibles à partir de 1980. Selon ce bilan, la consommation du secteur de l'agriculture et pêche a évolué d'environ 120 ktep dans les années 80 à environ 385 ktep en 2008.

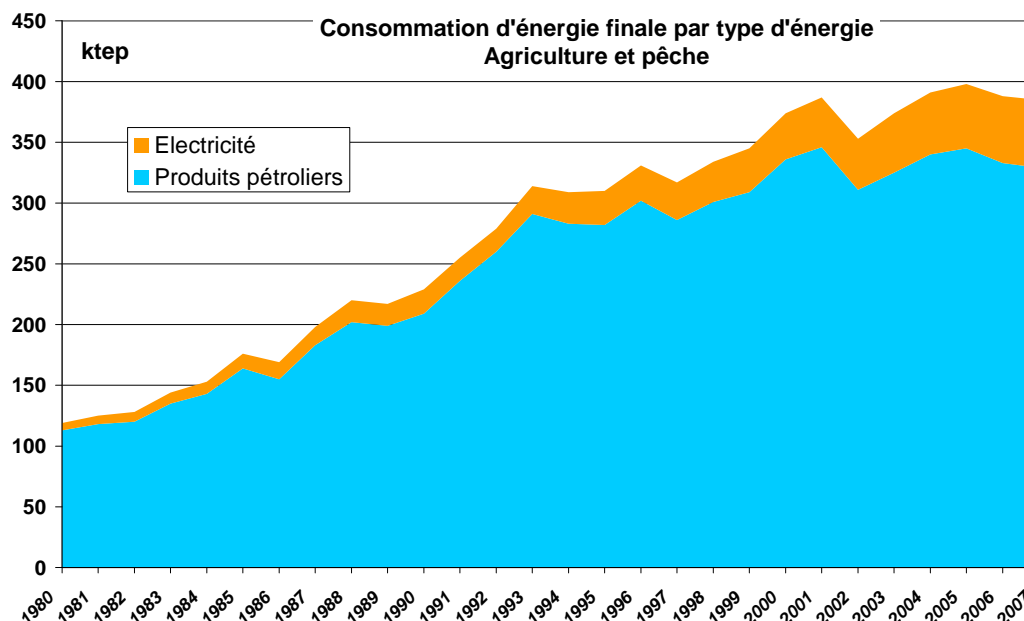


L'évolution de la consommation dans le secteur agricole a connu deux grandes phases :

- Une phase de croissance rapide durant les années 80, avec un taux de croissance de près de 7,7% par an
- Une phase de ralentissement à partir des années 90 avec un taux de croissance annuel moyen de 1,5%

1.2. STRUCTURE DE LA CONSOMMATION PAR TYPE D'ENERGIE

Cette évolution est différenciée selon le type d'énergie (électricité et produits pétroliers), comme le montre le graphique suivant :



En effet, à cause de la politique de diffusion massive du pompage électrique, la consommation d'électricité a connu une croissance moyenne de 10,9% par dans les années 80 (contre 7,5% pour les produits pétroliers) et une augmentation plus immodérée mais significative à partir des années 90 estimée à près de 6,6% par an (contre 0,9% par an pour les produits pétroliers).

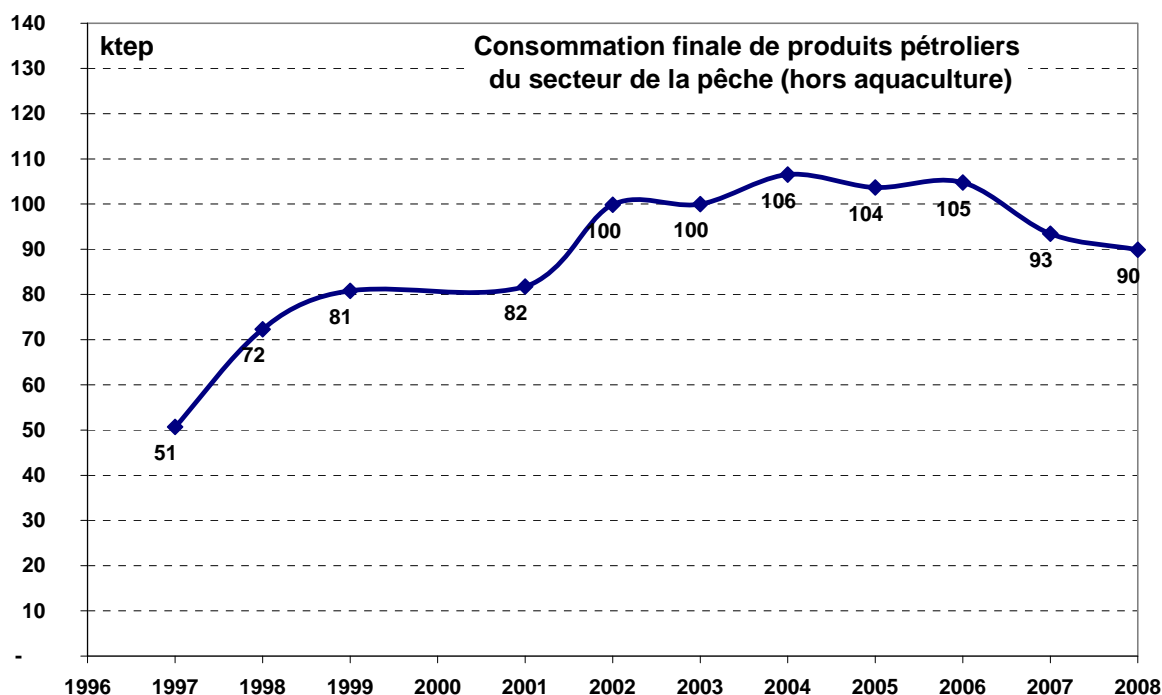
Cette transformation pourrait s'expliquer par un phénomène de remplacement massif du pompage diesel par le pompage électrique aussi bien dans les périmètres irrigués publics que privés.

1.3. STRUCTURE DE LA CONSOMMATION PAR SOUS-SECTEUR

Le bilan énergétique élaboré par l'ONE ne distingue pas entre la consommation finale des sous secteurs de l'agriculture et de la pêche. Toutefois, un travail de collecte de données auprès de différentes sources a permis de reconstituer la consommation du secteur de la pêche, ce qui a permis de défalquer de manière approximative la consommation des deux sous secteurs.

1.3.1. Sous secteur de la pêche

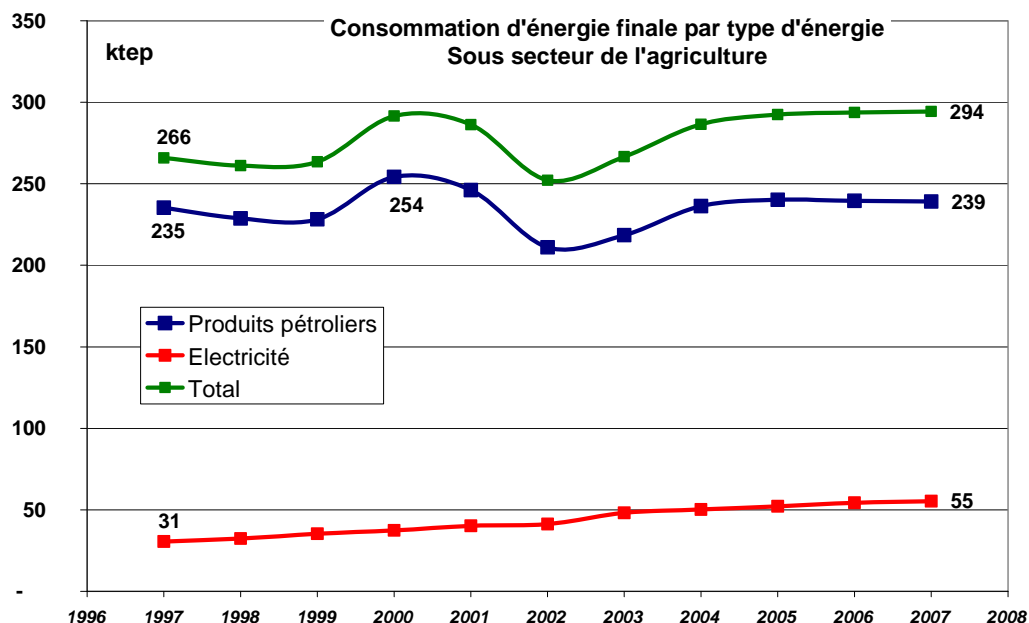
La consommation en produits pétroliers (gasoil) du secteur de la pêche (hors aquaculture) a été estimée à environ 90 ktep en 2008. Cette consommation a connu une augmentation rapide entre 1997 et 2004 (environ 11% par an), puis une baisse de l'ordre -4% par jusqu'en 2008, comme le montre le graphique suivant :



La consommation électrique du secteur de la pêche est négligeable et se limite essentiellement à la production du froid dans les ports de pêche. La consommation électrique de l'ensemble du secteur de la pêche s'est élevée en 2008 à environ 8,8 GWh, soit près de 757 tep.

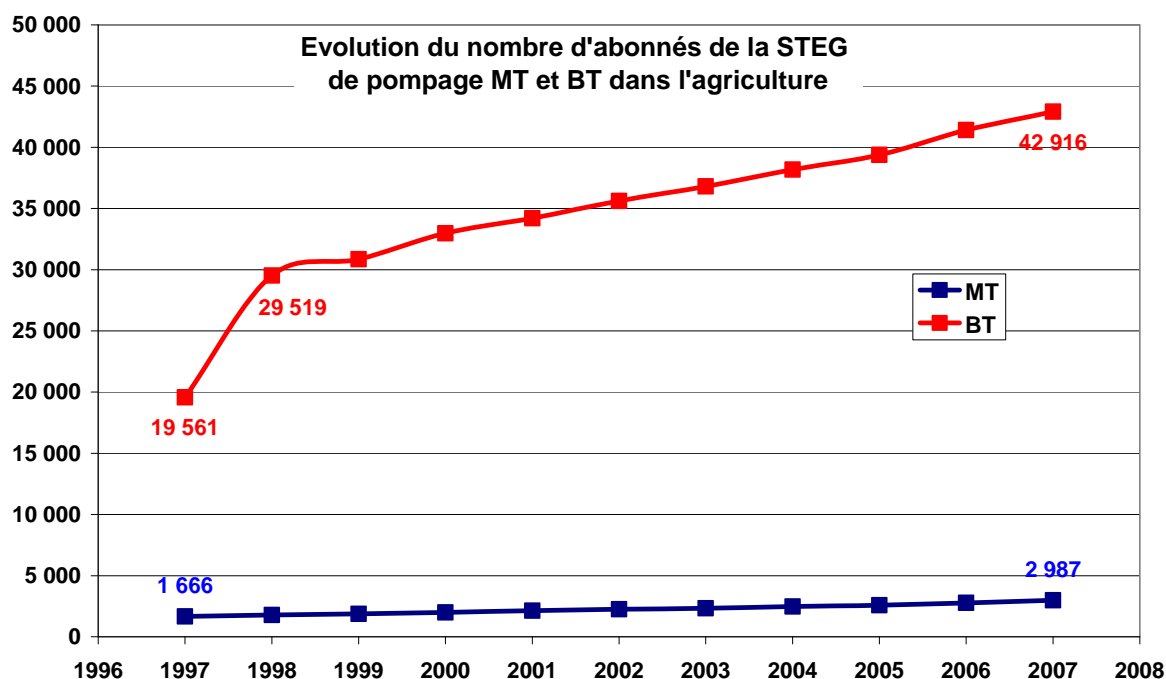
1.3.2. Sous secteur de l'agriculture

Les produits pétroliers sont utilisés dans le secteur agricole à la fois pour la mécanisation que pour le pompage de l'eau. La consommation de cette forme d'énergie a connu durant la dernière décennie une fluctuation au gré des conditions climatiques qui déterminent dans une large mesure les emblavures et les besoins de travail de terre et d'irrigation. Mais, globalement, la consommation a augmenté avec un rythme très faible durant la dernière décennie, estimé en moyenne à 1% par an.



De même, la consommation du secteur agricole en produits pétroliers présente une tendance à la stagnation (croissance moyenne de 0,2% par an). La consommation d'électricité est toutefois en croissance régulière durant ces dernières années, estimée en moyenne à près de 6% par an. Cela laisse présager un phénomène de substitution de l'irrigation par motopompe diesel par les électropompes.

Cette augmentation de la consommation électrique est due à la croissance rapide de l'électrification du pompage comme le montre le graphique suivant du nombre d'abonnés de la STEG de pompage MT et BT.



Source : STEG, 2009

2. COMPTE SECTORIEL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS L'AGRICULTURE ET LA PECHE

Par compte sectoriel on entend une désagrégation de la consommation des sous secteurs de l'agriculture et la pêche par type d'usage ou type d'activités. L'utilité de ce compte sectoriel est de permettre un meilleur ciblage de la politique énergétique dans le secteur agricole et de la pêche. Toutefois, il n'existe pas pour le moment de comptes sectoriels pour l'agriculture ni pour la pêche, ce qui ne permet pas de définir de manière adéquate cette politique spécifique.

L'objectif de cette partie est d'élaborer un compte sectoriel pour l'agriculture et pour la pêche en tenant compte des spécificités propres de ces deux activités.

Bien entendu, les comptes sectoriels devraient être abordés séparément pour les deux sous-secteurs de l'agriculture et de la pêche. Pour définir la structure type de chaque compte, certains principes de base devraient être observés :

- Coller dans la mesure du possible à l'organisation propre de l'activité ;
- Respecter la structure et la typologie de l'activité en question ;
- Tenir compte des déterminants de la demande d'énergie dans l'activité en question ;
- Répondre aux attentes des décideurs en termes d'information et d'indicateurs ;
- Tenir compte de la disponibilité des données dont l'accès doit être à moindre coût.

2.1. ELABORATION DU COMPTE SECTORIEL DANS L'AGRICULTURE

2.1.1. *Approche méthodologique*

2.1.1.1. *Niveau de désagrégation*

Comme mentionné auparavant, le niveau de désagrégation de la consommation d'énergie doit être compatible avec l'organisation de la nomenclature de l'activité agricole en Tunisie. A ce titre quatre niveaux de désagrégation nous semblent pertinents :

- Le type d'usage
- Le type de spéculation
- Le mode d'exploitation
- La région agricole

- **Le type d'usage**

Les usages types de l'énergie dans l'agriculture sont essentiellement :

- La mécanisation, intégrant tous les travaux de terre ;
- Le pompage pour l'irrigation

- **La spéculation**

La notion de spéculation est également un concept structurant de l'activité agricole. En Tunisie, on définit principalement 5 spéculations types à savoir :

- La céréaliculture
- L'arboriculture
- Le maraichage
- Les cultures fourragères
- L'élevage

- **Le mode d'exploitation**

Le mode d'exploitation est l'un des déterminants importants à la fois de la productivité agricole, mais aussi de la consommation d'énergie. On distingue deux modes d'exploitation :

- Le mode de culture en pluvial
- Le mode de culture en irrigué

- **La région agricole**

La notion de région agricole est importante dans l'agriculture tunisienne qui définit trois grandes zones homogènes, à savoir :

- La région du Nord, intégrant essentiellement les gouvernorats du Grand Tunis, Zaghouan, Nabeul, le Kef, Siliana, Béja, Bizerte et Jendouba, caractérisée essentiellement par la céréaliculture et les grands périmètres irrigués à partir des barrages
- La région du Centre, soit les gouvernorats de Kasserine, Kairouan, Sousse et Sidi Bouzid caractérisée essentiellement par l'arboriculture et la petite irrigation
- La région du Sud, caractérisée essentiellement par l'arboriculture (oliviers et oasis) et l'élevage extensif.

Ainsi, pour tenir compte de cette typologie, nous proposons une structure de compte sectoriel qui décrit la consommation par usage type, par spéculation, par mode d'exploitation et par région.

2.1.1.2. Méthodologie de désagrégation

Il n'existe pas des données de consommation désagrégées aux niveaux cités précédemment. Pour cela, une méthodologie d'estimation de la consommation a été adoptée au niveau de la mécanisation et de l'irrigation.

- **Désagrégation de la consommation de mécanisation**

La consommation de la mécanisation a été estimée en prenant comme référence l'année 1994 pour laquelle on dispose de données grâce à l'enquête structure 1994.

La méthodologie d'estimation de la consommation est la suivante :

1. Définir les opérations-types nécessitant une consommation d'énergie relative au cycle de production au niveau des différentes spéculations.

La matrice utilisée est définie en tenant compte des opérations culturales communes aux différentes spéculations comme détaillé ci-dessous :

Opération	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères	
	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée
Travail de sol								
Labour								
Semis & plantation								
Fertilisation								
Traitement phytosanitaire								
Récolte								
Moissonnage-battage								
Fauchage								
Fanage-andainage								
Ramassage Pressage								
Ensilage								
Récoltes diverses								
Transport								

Chacune de ces opérations se réfère à certaines sous-opérations qui sont décrites dans la suite :

- **Labour** : Gros labour+ Labour moyen+Labour léger arboricole+Déchaumage+Recroisement à disques+Recroisement à Dents+Hersage+Roulage+Hersage+Enfouissement Engrais vert+Entretien mécanique+Fraisage +(houe rotative)+Préparation planches irrigation+Labour motoculteur (labour léger)
- **Semis & plantation** : Semis céréales (en ligne)+Semis de précision+Repiquage de plants mécanisé+Plantation pomme de terre mécanisée
- **Fertilisation** : Epannage de fumier mécanisé+Epannage d'engrais+Epannage d'engrais localisé (ligne)+Epannage de lisier
- **Traitement phytosanitaire** : Pulvérisation cultures plein champ+Pulvérisation en ligne+Pulvérisation arboricole+Poudrage
- **Récolte des céréales** : Battage poste fixe mécanisé+Moissonnage battage mécanisé céréales+Moissonnage battage mécanisé légumineuses
- **Fauchage** : Fauchage mécanique
- **Fanage-andainage** : Fanage+ Andainage
- **Ramassage Pressage** : R pressage balles parallélipédique foin+ Ramassage- pressage Cylindrique foin +Ramassage presse paille+Pressage poste fixe
- **Ensilage** : Récolte+ Tassement
- **Récoltes diverses** : Cueillette des olives+Arrachage pomme de terre mécanisé+ Ramassage P de terre mécanisé+ Vendanges mécanisées
- **Transport** : Transport engrais/parcelle+ Transport de fumier+ Transport balle de foin+ Transport fourrage pour ensilage+ Transport grain+ Transport paille+ Transport de caisses+ Transport bois de taille

Pour une spéculation ou une culture donnée, la consommation en carburant est étroitement liée aux sous-opérations pratiquées : plus celles-ci sont exigeantes en puissance, plus la consommation est élevée

2. Calculer le degré de mécanisation, (DM) de chaque opération culturale pour toutes les cultures pratiquées par région en Tunisie en se basant sur l'étude stratégique de la mécanisation de 2005.

Exemple du labour :

- Pour une culture donnée, **DM**=DM Gros Labour + DM Labour moyen + + DM Labour motoculteur.
 - Calcul de **DM GL** : Si on a 3 cultures C1, C2, C3 qui font intervenir cette opération, alors $DM\ GL = DMC1 + DMC2 + DMC3$.
 - Pour une culture **Ci** dans une région bien déterminée, DM correspond à la superficie sur laquelle est pratiqué le GL en % de la surface régionale de cette culture.
3. Calculer la surface régionale à travailler, (**St**) par opération culturale compte tenu des différentes cultures concernées par cette opération, de la superficie physique, (**S**) et du DM de chacune de ces cultures.

Exemple du labour profond : Soit, pour une région donnée, **Si** la surface d'une culture **Ci** et **MDi** son degré de mécanisation:

$$St_i = \sum (S_i * DM_i)$$

4. Calculer le besoin annuel régional en nbre d'heures (**Nh**) pour chaque opération culturale compte tenu de sa productivité horaire (**η**) et de **St**.

Exemple du labour profond : Soit, pour une région donnée et une culture **Ci**, **ηi** la productivité horaire du gros labour:

$$Nh_i = \eta_i * St_i$$

5. Calculer la consommation régionale en carburant, (**Cc**) pour chaque opération culturale compte tenu de **Nh** et de la puissance requise (**P**).

$$Cc_i = k * Nh_i * P_i$$

avec k un coefficient qui dépend de l'opération culturale en question.

Ainsi, un modèle de calcul a été élaboré en utilisant les données de l'enquête structure de l'agriculture de 1994.

- **Désagrégation de la consommation de l'irrigation**

La démarche de désagrégation est la suivante :

1. Pour chaque région agricole et pour chaque spéculation, déterminer la superficie irriguée ;
2. Pour chaque région et pour chaque mode de pompage (électrique et diesel), déterminer la consommation spécifique moyenne d'énergie par m³ d'eau d'irrigation arrivé au niveau de l'exploitation agricole ;

3. Pour chaque région et pour chaque type de spéculation, déterminer la consommation moyenne d'eau par hectare ;
4. Pour chaque région et pour chaque type de spéculation déterminer la part d'eau d'irrigation d'origine de pompage électrique et celle d'origine diesel.

Le résultat cherché, à savoir la consommation d'énergie due à l'irrigation, est la multiplication des quatre matrices précédentes.

Les résultats détaillés sont présentés en annexes.

- **Ajustement des comptes**

L'estimation de la consommation désagrégée de l'agriculture aux différents niveaux de l'activité a été réalisée pour l'année 2005 pour laquelle on dispose de données grâce à l'étude stratégique de la mécanisation de 2005.

Cette consommation a été ensuite ajustée en tenant compte de la consommation globale du sous-secteur telle qu'elle est déduite du bilan énergétique formel de l'ONE, afin de rester cohérent avec le système officiel de comptabilité énergétique national.

En d'autres termes, il s'agit d'appliquer la structure de consommation obtenue à partir de la modélisation de la consommation aux chiffres de consommation du secteur, tel qu'annoncés par dans le bilan énergétique.

2.1.2. Résultats de désagrégation

2.1.2.1. Au niveau national

- **Produits pétroliers (gasoil)**

En se basant sur notre modélisation de la consommation du sous secteur agricole à partir des données socio-techniques, la matrice de consommation des produits pétroliers se présente comme suit :

Consommation de produits pétroliers en ktep (estimation 2005)

Usage	Spéculation		Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
	Pluviale	Irrigué	Pluviale	Irrigué	Pluviale	Irrigué	Pluviale	Irrigué	Pluviale	Irrigué	
Engins agricoles	129	1	46	3	10	3	9	1			202
Labour	95,769	1,087	39,034	3,256	8,459	2,715	7,227	0,736			158
Semis & plantation	3,566	0,009	1,598	0,017	0,396	0,021	0,385	0,005			6
Fertilisation	1,762	0,008	0,434	0,025	0,192	0,025	0,181	0,009			3
Traitement phytosanitaire	4,207	0,043	0,882	0,079	0,422	0,113	0,000	0,000			6
Moissonnage-battage	10,073	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			10
Fauchage	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,079	0,000			0
Fanage-andainage	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000			0
Ensilage	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			-
Ramassage Pressage	5,234	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	1,016	0,009			6
Récoltes diverses	0,050	0,000	0,000	0,000	0,082	0,000	0,006	0,000			0
Transport	8,017	0,003	3,829	0,000	0,762	0,073	0,354	0,024			13
Irrigation		0,317		5,652		2,314		0,836			9
Sous-total	129	2	46	9	10	5	9	2			211

Ainsi, selon l'approche d'estimation bottom-up, la consommation globale en produits pétroliers du sous secteur de l'agriculture en 2005 s'élèverait à environ 211 ktep. Ce chiffre est à comparer au à la consommation du sous secteur en 2005 déduite du bilan énergétique national et qui s'élève à

environ 240 ktep par an. La différence est ainsi de l'ordre de 12%, ce qui prouve la robustesse du modèle utilisé.

L'application de la structure de consommation à partir des estimations précédentes à la consommation de 2007 déduite du bilan énergétique nationale (241 ktep), a permis d'établir le compte sectoriel détaillé de la consommation des produits pétroliers du sous secteur agricole au niveau national pour l'année 2007, comme suit :

Structure de la consommation de produits pétroliers en ktep (2007)

Usage	Spéculation	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		C. fourragères		Total
		Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Engins / équipements agricoles		146,63	1,36	52,16	3,85	11,75	3,36	10,60	0,89	231
Labour		109,13	1,24	44,48	3,71	9,64	3,09	8,24	0,84	180
Semis & plantation		4,06	0,01	1,82	0,02	0,45	0,02	0,44	0,01	7
Fertilisation		2,01	0,01	0,49	0,03	0,22	0,03	0,21	0,01	3
Traitement phytosanitaire		4,79	0,05	1,00	0,09	0,48	0,13	0,00	0,00	7
Moissonnage-battage		11,48	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12
Fauchage		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0
Fanage-andainage		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0
Ensilage		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Ramassage Pressage		5,96	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16	0,01	7
Récoltes diverses		0,06	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0
Transport		9,14	0,00	4,36	0,00	0,87	0,08	0,40	0,03	15
Irrigation			0,36		6,44		2,64		0,95	10
Sous-total		146,63	1,72	52,16	10,29	11,75	6,00	10,60	1,85	241

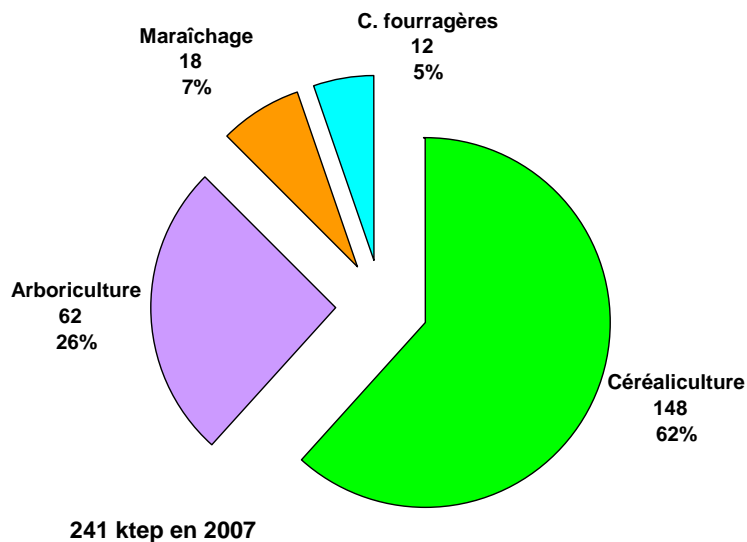
Ainsi, comme on peut le noter, la mécanisation (engins et équipement agricoles) contribue à hauteur de 231 ktep, soit 96% de la consommation de produits pétroliers.

Le labour est le poste de consommation le plus élevé de gasoil dans la mécanisation, soit 78% de cet usage.

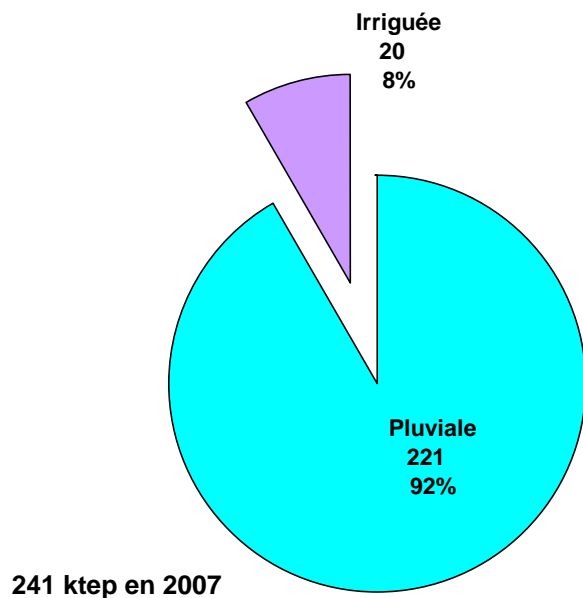
Ceci est tout à fait logique compte-tenu de la puissance requise par ce type d'opération culturale. Le labour profond à lui seul représente jusqu'à 50% des consommations en fioul de la mécanisation (Chambres d'Agriculture de Picardie, Institut de l'Elevage, FNCUMA, France - Décembre 2008).

La consommation de l'irrigation en produits pétroliers reste minime soit environ 4% de la consommation totale du sous secteur de l'agriculture. Elle a en effet tendance à être substitué par l'usage de l'électricité grâce à l'introduction massive des électropompes.

Par spéculation, la consommation des produits pétroliers reste dominée par la céréaliculture, comme le montre le graphique suivant :

**Structure de consommation des produits pétroliers
dans l'agriculture par spéculation**

Par mode d'exploitation, la consommation des produits pétroliers reste dominée par les cultures pluviales qui représentent les emblavures les plus importantes en Tunisie, soit près de 92% de la consommation.

**Structure de consommation des produits pétroliers
dans l'agriculture par mode d'exploitation**

- **Electricité**

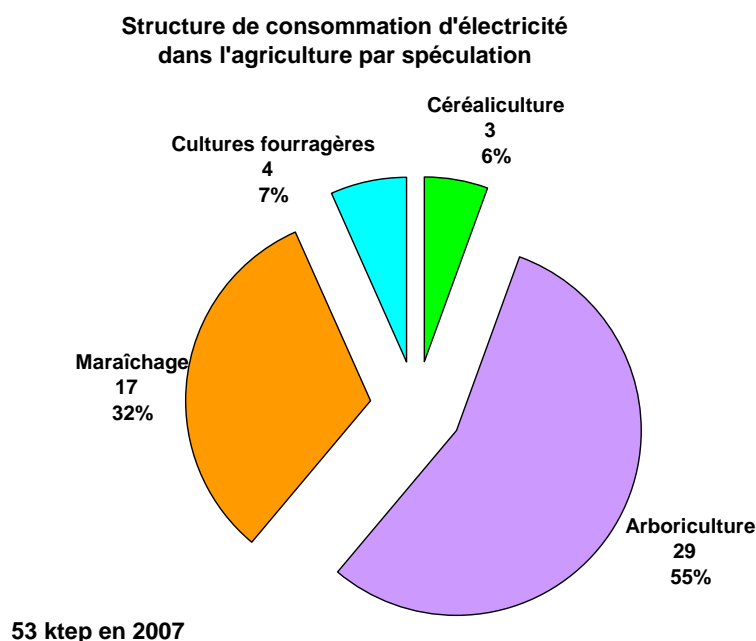
De la même manière que précédemment, l'approche d'estimation utilisée a permis d'aboutir à matrice suivante de consommation d'électricité par le sous secteur agricole en 2005 :

Consommation d'électricité en ktep (estimation 2005)

	Céréaliculture	Arboriculture	Maraîchage	Cultures fourragères	Total
Irrigation	3	26	15	3	47

La consommation totale d'électricité estimée avec l'approche bottom-up s'élève à 47 ktep en 2005 à comparer par rapport à la consommation déduite du bilan énergétique à la même année, soit environ 52 ktep. L'écart est ainsi de moins de 10%, ce qui prouve encore une fois la robustesse de la méthode d'estimation utilisée.

L'application de la structure de consommation précédente à la consommation électrique du sous secteur d'électricité en 2007 déduite du bilan énergétique (53 ktep), permet d'établir le graphique suivant :



La consommation d'électricité du secteur reste ainsi dominée par l'arboriculture et le maraîchage qui représente ensemble près de 87% de la consommation.

- **Synthèse du compte sectoriel au niveau national**

La matrice suivante présente une synthèse du compte sectoriel de l'activité agricole au niveau national.

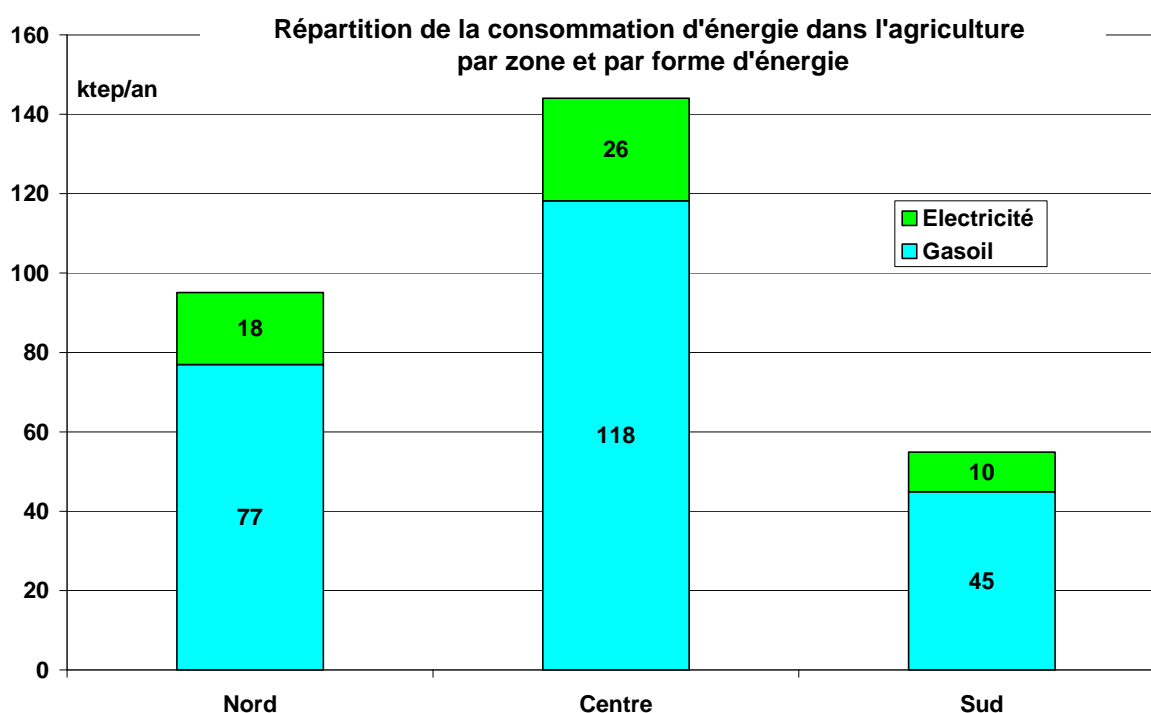
Spéculation	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
Forme d'énergie	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Gasoil	147	2	52	10	12	6	11	2	241
Electricité	-	3	-	29	-	17	-	4	53
Total	147	5	52	40	12	23	11	5	294
Total pluvial	221								
Total irrigué	73								

2.1.2.2. Au niveau des régions agricoles

Les déterminants de la consommation varient sensiblement en fonction des régions agricoles, car les spéculations, les modes d'exploitation et les superficies exploitées sont très différents.

L'idée est donc de reproduire la même analyse précédente, mais au niveau de chacune des trois régions agricoles.

La répartition de la consommation d'énergie finale par région montre que la région Centre représente environ la moitié de la consommation du sous secteur agricole aussi bien pour l'électricité que pour les produits pétroliers, comme le montre le graphique suivant :



• La région Nord

Le tableau suivant présente, pour la région du nord, la répartition de la consommation par forme d'énergie, par spéculation et par mode d'exploitation.

Consommation d'énergie finale par forme d'énergie et par spéculation en 2007 (en ktep) : Nord

Usage	Spéculation	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
		Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Gasoil		48	1	10	2	5	2	9	0	77
Electricité		0	1	0	8	0	7	0	1	18
Total		48	2	10	10	5	10	9	1	95
Sous-total pluvial		72								
Sous-total irrigué		23								

La consommation d'énergie dans la région du nord reste dominée par la céréaliculture qui caractérise l'activité agricole dominante dans cette région. La céréaliculture dans le nord consomme quasi-uniquement du gasoil, utilisé pour les engins agricoles, comme le montre le tableau suivant :

Consommation du gasoil par type d'usage et par spéculation en 2007 (en ktep) : Nord

Usage	Spéculation	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
		Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Engins agricoles		47,83	0,66	10,25	1,19	5,37	1,67	8,60	0,35	76
Irrigation			0,03		0,41		0,51		0,05	1
Total		47,83	0,69	10,25	1,61	5,37	2,18	8,60	0,40	77

L'électricité est utilisée surtout pour l'irrigation dans le maraîchage et l'arboriculture fruitière. L'irrigation se fait quasi-exclusivement par l'usage de l'électricité, comme le montre le tableau suivant :

Consommation d'énergie par usage et par forme d'énergie en 2007 (en ktep) : Nord

Usage	Electricité	Gasoil	Total
Irrigation	18	1	19
Engins agricoles	-	76	76
Total	18	77	95

• La région Centre

La région du Centre est celle qui consomme le plus d'énergie finale avec près de 144 ktep en 2007. La céréaliculture consomme à elle seule près de 2/3 de la consommation d'énergie de la région.

Consommation d'énergie finale par forme d'énergie et par spéculation en 2007 (en ktep) : Centre

Consommation d'énergie finale par forme d'énergie et par spéculation en 2007 (en ktep) : Centre									
Forme d'énergie	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Gasoil	89	1	15	3	6	3	2	1	118
Electricité	0	2	0	13	0	8	0	2	26
Total	89	3	15	16	6	11	2	3	144
Sous-total pluvial					111				
sous-total irrigué					33				

L'électricité, utilisée essentiellement pour des besoins d'irrigation de l'arboriculture et le maraîchage représente environ 20% de la consommation totale d'énergie dans l'activité agricole de la région.

Le gasoil est utilisé quasi-exclusivement pour les engins agricoles et particulièrement pour les grandes cultures et l'arboriculture, comme le montre le tableau suivant :

Consommation du gasoil par type d'usage et par spéculation en 2007 (en ktep) : Centre

Usage	Céréaliculture		Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Engins agricoles	88,50	0,63	15,48	1,26	5,75	1,29	1,55	0,33	115
Irrigation		0,27		1,636		1,265		0,237	3
Total	88,50	0,90	15,48	2,90	5,75	2,56	1,55	0,56	118

Enfin, il est à noter la forte pénétration de l'électricité pour l'usage de l'irrigation puisque ce dernier se fait quasi-exclusivement par l'électricité, comme le montre tableau suivant :

Consommation d'énergie par usage et par forme d'énergie en 2007 (en ktep) : Centre

Usage	Electricité	Gasoil	Total
Irrigation	26	3	29
Engins agricoles	-	115	115
Total	26	118	144

- **La région Sud**

La consommation d'énergie dans la région Sud revient essentiellement à l'arboriculture (60%) et dans une moindre mesure à la céréaliculture.

Consommation d'énergie finale par forme d'énergie et par spéculation en 2007 (en ktep) : Sud

Forme d'énergie	Céréaliculture		Aboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Gasoil	10	0	26	6	1	1	0	1	45
Electricité	0	0	0	8	0	1	0	1	10
Total	10	0	26	13	1	2	0	2	55
Sous-total pluvial	37								
sous-total irrigué	18								

Le gasoil qui représente plus de 80% de la consommation de la région est utilisé essentiellement pour la mécanisation. Uniquement 13% du gasoil est utilisé pour le pompage, comme le montre le tableau suivant :

Consommation du gasoil par type d'usage et par spéculation en 2007 (en ktep) : Région Sud

Usage	Céréaliculture		Aboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères		Total
	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	Pluviale	Irriguée	
Engins agricoles	10	0	26	1	1	0	0	0	39
Irrigation		0,1		4,4		0,9		0,7	6
Total	9,7	0,1	26,2	5,7	0,6	1,2	0,4	0,9	45

Enfin, l'irrigation occupe environ 30% de la consommation de la région Sud et est fait à hauteur des 2/3 par l'électricité et le reste par le gasoil.

Consommation d'énergie par usage et par forme d'énergie en 2007 (en ktep) : Région Sud

Usage	Electricité	Gasoil	Total
Irrigation	10	6	16
Engins agricoles	0	39	39
Total	10	45	55

2.2. ELABORATION DU COMPTE SECTORIEL DANS LE SOUS SECTEUR DE LA PECHE

2.2.1. Approche méthodologique

2.2.1.1. Niveau de désagrégation

Compte tenu de l'organisation de l'activité de pêche, deux niveau de désagrégation nous semble pertinents : Par type de pêche et par zone de pêche.

- **Par type de pêche**

Le sous secteur de pêche est souvent découpé en 4 types d'activités :

- Chalutage
- Pêche au feu
- Pêche au thon
- Pêche côtière

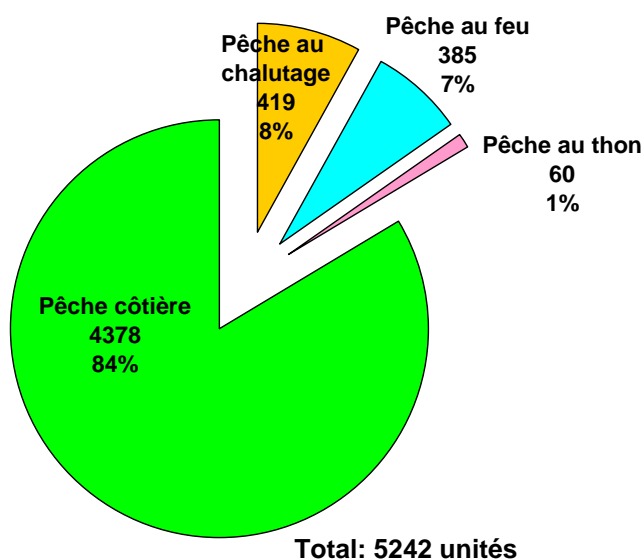
A ces 4 catégories, il faudra ajouter les unités d'élevage de poissons ou ce qu'on appelle les sociétés d'aquaculture qui comptent 12 unités en 2008.

Cette nomenclature est adoptée officiellement dans le sous secteur de pêche et toutes les statistiques de production sont organisées selon cette dernière. Le compte sectoriel à proposer doit par conséquent permettre de fournir une information fiable sur la consommation désagrégée à ce niveau.

Chaque type de pêche est caractérisé par l'usage d'équipement spécifique. Ainsi, en 2005, on compte en Tunisie 5242 unités de pêches réparties selon les catégories de pêche comme suit :

Struture du parc des unités de pêche en 2005

Selon le type de pêche



En termes d'effectif, la pêche côtière occupe le nombre le plus important de barques avec environ 84% du parc total. Le chalutage, puis la pêche au feu viennent en second lieu.

Toutefois, en termes de puissance de motorisation, ce qui détermine en grande partie la consommation d'énergie, la pêche au chalutage occupe la seconde place avec environ 192 kCV après la pêche côtière qui totalise 217 kCV, comme le montre le tableau suivant :

Puissance de motorisation par type de pêche (CV).

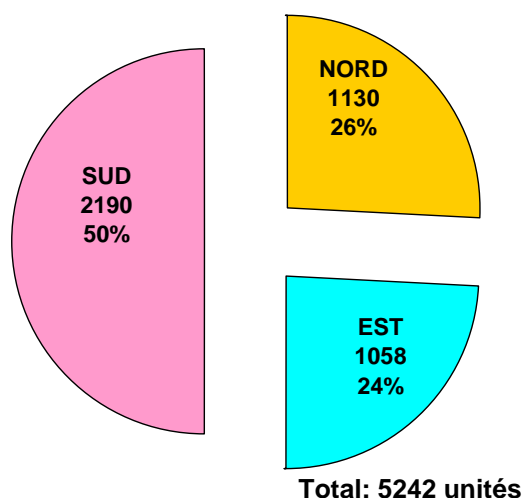
Categorie de pêche	Nombre d'unités	Puissance total en (CV)	Puissance moyenne par unité (CV)
Pêche au chalutage	419	192500	459
Pêche au feu	385	107200	278
Pêche au thon	60	38100	635
Pêche côtière	4378	217400	50
TOTAL	5242	555200	106

- **Par zone de pêche**

Le Ministère en charge du secteur de la pêche a défini trois grandes zones de pêche selon les caractéristiques des ressources halieutiques. Il s'agit des zones suivantes : Nord, Est et Sud

Comme le montre le graphique suivant, la zone Sud abrite à elle seule environ la moitié des unités de pêches ; le reste est réparti équitablement entre la zone Nord et Sud.

Répartition du parc des unités de pêche en 2005
Selon les zones



Les unités de chalutage et de pêche au thon, dont les puissances unitaires des unités sont les plus importantes, sont localisées plutôt dans la région Sud, alors que la région Nord comprend essentiellement les unités de pêche au feu et de pêche côtière.

	Nord	Est	Sud
Pêche au chalutage	68	86	265
Pêche au feu	113	141	131
Pêche au thon		11	49
Pêche côtière	1 130	1 058	2 190
TOTAL	1 311	1 296	2 635

Compte tenu de la différence entre le type de pêche par zone, ainsi que les caractéristiques des ressources halieutiques, il est important que le compte sectoriel permette une désagrégation de la consommation d'énergie par zone.

2.2.1.2. Méthodologie de désagrégation

La désagrégation de la consommation d'énergie par type de pêche et par zone a été rendue possible grâce aux statistiques enregistrées au niveau de l'Agence des Ports et des Installations de Pêche (APIP). En effet, au niveau de chaque port de pêche, il existe un enregistrement des données de vente de carburant aux unités de pêche selon la catégorie de bateaux.

Le traitement de ces données au niveau de chaque port a permis d'élaborer les comptes sectoriels par type de pêche et par zone.

Cette source d'information a été complétée par des enquêtes au niveau des sociétés d'aquaculture pour collecter leur consommation de gasoil et d'électricité. Il est à noter qu'il existe 12 sociétés d'aquaculture en Tunisie.

2.2.2. Résultats de désagrégation

La consommation du sous secteur de la pêche en 2007 se caractérise comme suit :

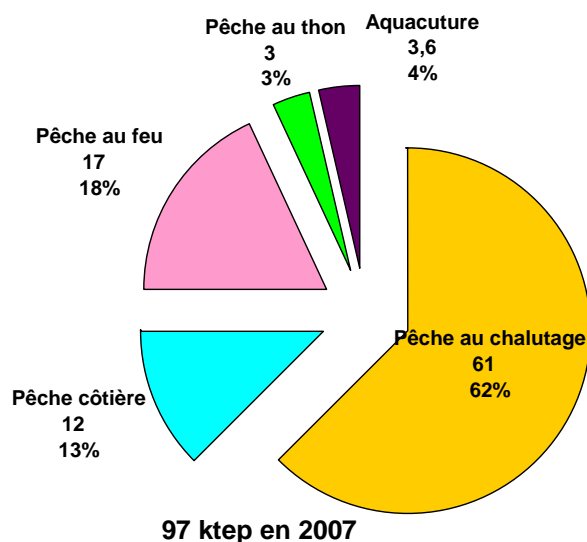
- La pêche en mer : 93 ktep de gasoil
- La consommation d'électricité dans les ports pour la production de froid : 8,8 GWh, soit près de 758 tep
- La consommation des sociétés d'aquacultures : environ 4 ktep
 - Gasoil : 3,6 ktep
 - Electricité : 5 GWh, soit environ 400 tep

2.2.2.1. Désagrégation par type de pêche

Comme le montre le graphique suivant, la pêche au chalutage représente la part de consommation la plus importante, soit environ 62%. Cela s'explique d'une part, par l'importance du nombre de ces unités en Tunisie, et d'autre part, par leur puissance unitaire élevée.

Struture de la consommation de gasoil du sous secteur de la pêche en 2007

Selon le type de pêche

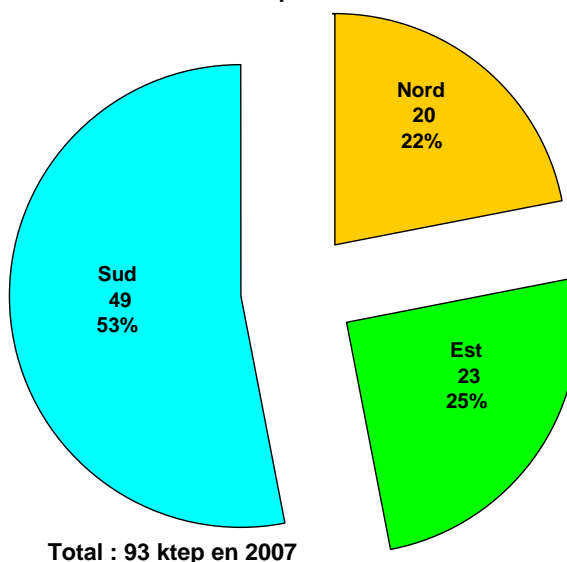


2.2.2.2. Désagrégation par zone de pêche

- Le gasoil

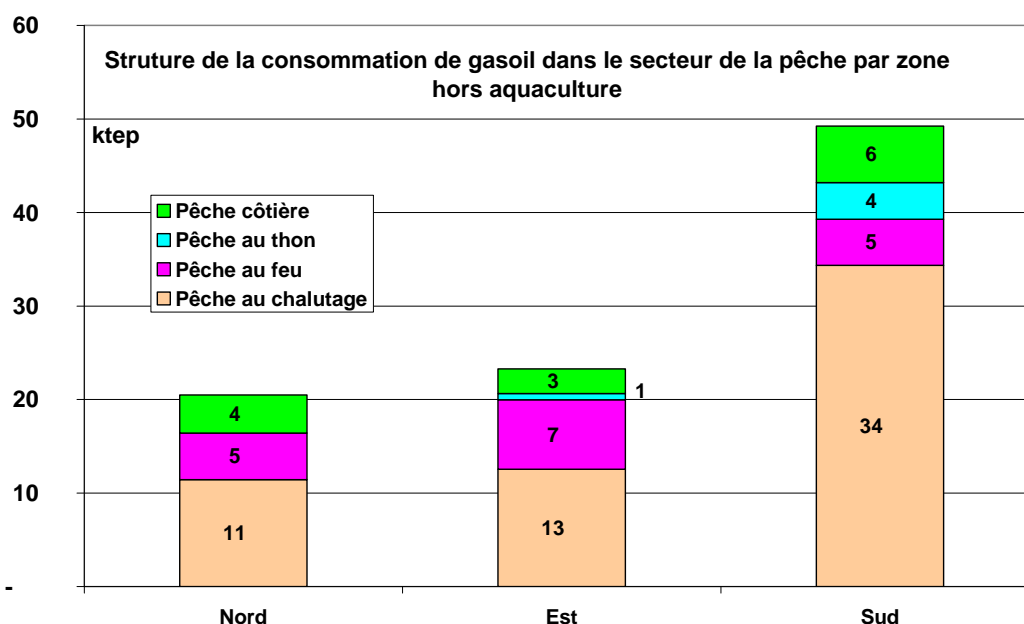
Le graphique suivant présente la répartition de la consommation du gasoil par zone de pêche en 2007.

Structure de la consommation de gasoil dans le secteur de la pêche par zone hors aquaculture



La zone du Sud représente la consommation la plus importante avec plus de 50% des besoins du secteur en gasoil. Les Zones Nord et Est se partagent équitablement le reste de la consommation.

Le graphique suivant présente la répartition de la consommation de gasoil selon le type de pêche et selon la zone.



Comme déjà mentionné, à cette consommation, il faudra ajouter celle des sociétés d'aquaculture soit environ 3,6 ktep.

- **L'électricité**

L'électricité est consommée essentiellement dans les ports de pêche pour la production de glace et la conservation des produits de mer. En 2007, cette consommation s'est élevée à environ 8,8 GWh, soit 756 ktep. L'électricité est consommée également dans les sociétés d'aquaculture à hauteur de 5 GWh en 2007, soit près de 400 tep.

La répartition de la consommation d'électricité par Zone se présente comme suit :

	Consommation en GWh	Conommation en tep
NORD	2,8	244
EST	3,1	263
SUD	2,9	250
Aquaculture	5,0	430
TOTAL	13,8	1 186

2.3. SYNTHÈSE DES COMPTES SECTORIELS DANS L'AGRICULTURE ET LA PÊCHE

Les deux matrices suivantes présentent une synthèse des comptes sectoriels dans les deux sous secteur de l'agriculture et de la pêche.

2.3.1. Compte sectoriel de l'agriculture

	Nord				Centre				Sud				Total			
	Mécanisation	Irrigation		Total	Mécanisation	Irrigation		Total	Mécanisation	Irrigation		Total	Mécanisation	Irrigation		Total
	Gasoil	Gasoil	Électricité	Tt énergie	Gasoil	Gasoil	Électricité	Tt énergie	Gasoil	Gasoil	Électricité	Tt énergie	Gasoil	Gasoil	Électricité	Tt énergie
Céréaliculture	48 522	29	1 131	49 682	89 132	273	1 779	91 184	9 768	58	60	9 886	147 422	360	2 970	150 752
Pluvial	47 832	-	-	47 832	88 502	-	-	88 502	9 707	-	-	9 707	146 041	-	-	146 041
Irriguée	690	29	1 131	1 849	630	273	1 779	2 682	61	58	60	179	1 380	360	2 970	4 711
Arboriculture	11 860	415	8 455	20 731	16 746	1 636	13 145	31 527	27 593	4 364	7 746	39 704	56 199	6 415	29 347	91 961
Pluvial	10 255	-	-	10 255	15 484	-	-	15 484	26 214	-	-	26 214	51 952	-	-	51 952
Irriguée	1 606	415	8 455	10 476	1 262	1 636	13 145	16 043	1 379	4 364	7 746	13 490	4 247	6 415	29 347	40 009
Maraîchage	7 547	508	7 463	15 518	7 046	1 265	8 440	16 751	965	853	1 014	2 832	15 558	2 626	16 917	35 101
Pluvial	5 367	-	-	5 367	5 752	-	-	5 752	586	-	-	586	11 705	-	-	11 705
Irriguée	2 181	508	7 463	10 151	1 294	1 265	8 440	10 999	379	853	1 014	2 246	3 853	2 626	16 917	23 396
Cultures fourragères et autres	9 002	55	1 074	10 131	1 879	237	2 493	4 609	616	657	1 179	2 453	11 497	949	4 747	17 193
Pluvial	8 599	-	-	8 599	1 552	-	-	1 552	401	-	-	401	10 553	-	-	10 553
Irriguée	403	55	1 074	1 532	327	237	2 493	3 057	215	657	1 179	2 051	944	949	4 747	6 640
Total	76 932	1 006	18 123	96 061	114 803	3 410	25 858	144 071	38 942	5 933	10 000	54 874	230 676	10 349	53 981	295 006

2.3.2. Compte sectoriel de la pêche

Zone	Zone Nord			Zone Est			Zone Sud			Total		
	Gasoil	Électricité	Total	Gasoil	Électricité	Total	Gasoil	Électricité	Total	Gasoil	Électricité	Total
Pêche au chalutage	11 444		11 444	12 552		12 552	34 357		34 357	58 353	-	58 353
Pêche au feu	4 961		4 961	7 438		7 438	4 924		4 924	17 324	-	17 324
Pêche au thon	-		-	646		646	3 912		3 912	4 559	-	4 559
Pêche côtière	4 077		4 077	2 646		2 646	6 041		6 041	12 765	-	12 765
Froid et conservation		244	244		263	263		250	250		756	756
Aquaculture			-			-			-	3 600	430	4 030
Total	20 482	244	20 725	23 283	263	23 546	49 235	250	49 485	96 600	1 186	97 786

3. ELABORATION DES INDICATEURS ENERGETIQUES DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET LA PECHE AU NIVEAU MACRO-ECONOMIQUE

L'objectif de l'élaboration des indicateurs énergétiques est de donner aux décideurs du secteur de l'agriculture et la pêche, mais aussi à ceux de l'énergie un outil d'aide à la décision quant à la conception et le suivi d'une politique d'efficacité énergétique dans le secteur.

Dans ce chapitre, il est proposé de concevoir et élaborer une batterie d'indicateurs énergétiques appropriés au sous secteurs de l'agriculture et la pêche, à partir des données socio-économiques et énergétique au niveau macro.

3.1. APPROCHE METHODOLOGIQUE ET DEFINITION DES INDICATEURS

Un indicateur énergétique peut être défini comme un ratio entre une consommation énergétique exprimée en unité physique ou monétaire et une valeur économique exprimée aussi en unité monétaire ou physique.

Les indicateurs peuvent être définis, selon la disponibilité des données et selon la pertinence pour la prise de décision, à différents niveaux de désagréation:

- Secteur
- Sous secteurs
- Type d'activité
- Usage
- Région, etc.

Les indicateurs proposés pour le secteur de l'agriculture et la pêche sont les suivants :

3.1.1. *L'intensité énergétique*

L'intensité énergétique est définie comme le rapport entre la consommation finale d'énergie du secteur ou du sous secteur et sa valeur ajoutée en DT.

Ainsi, l'intensité énergétique sera calculée pour le secteur de l'agriculture et la pêche ensemble et pour chacun des sous secteurs séparés. Cette intensité peut être calculée pour l'ensemble des énergies agrégées ou par type d'énergie (électricité et gasoil).

3.1.2. *La consommation spécifique ou unitaire*

La consommation spécifique est le rapport entre la consommation d'énergie et une unité physique se rapportant directement ou indirectement à la production d'agriculture et de pêche.

3.1.2.1. Consommation spécifique de production

On définira ainsi la consommation spécifique de production comme le contenu énergétique d'une tonne d'un produit agricole donné. Ainsi, pour l'agriculture, on pourra définir plus par exemple la consommation spécifique par :

- Produits céréaliers
- Produits arboricoles
- Produits de maraîchage
- Produits fourragers

Bien entendu, il ne semble pas être logique d'agréger ensemble des produits de différentes natures tels que tous les produits céréaliers (blé, orge, etc.) ou arboricoles (olives, amandes, etc.). Toutefois, l'intérêt d'un tel indicateur est qu'il permet d'éliminer l'effet de la variation des prix des produits agricoles, puisqu'il n'utilise que des quantités physiques (énergie et production).

Cet indicateur est pertinent notamment pour mesurer l'évolution de l'efficacité énergétique des spéculations en liaison avec la variation de la structure de production au sein de la spéculation en question.

La consommation spécifique de production au niveau du sous secteur de l'agriculture peut être déclinée par type d'énergie, par zone ou par mode d'exploitation.

Pour le sous secteur de pêche, la consommation spécifique de production sera rapportée à la production suivante :

- Produits de chalutage
- Produits de poissons bleus (Pêche au feu)
- Thon
- Produits de pêche côtière

De la même façon que précédemment, la consommation spécifique de ces produits peut être déclinée par type d'énergie et par zone de pêche.

3.1.2.2. Consommation spécifique des facteurs de production

Il s'agit de déterminer la quantité d'énergie nécessaire consommé pour produire une unité de facteur utilisé pour la production agricole.

Dans le sous secteur agricole, un indicateur de ce type nous semble pertinent ; il s'agit de la consommation spécifique d'irrigation en tep/m³ d'eau d'irrigation rendue à l'exploitation.

Ce type d'indicateur ne nous semble pas pertinent pour le sous secteur de pêche.

3.1.2.3. Consommation unitaire par hectare

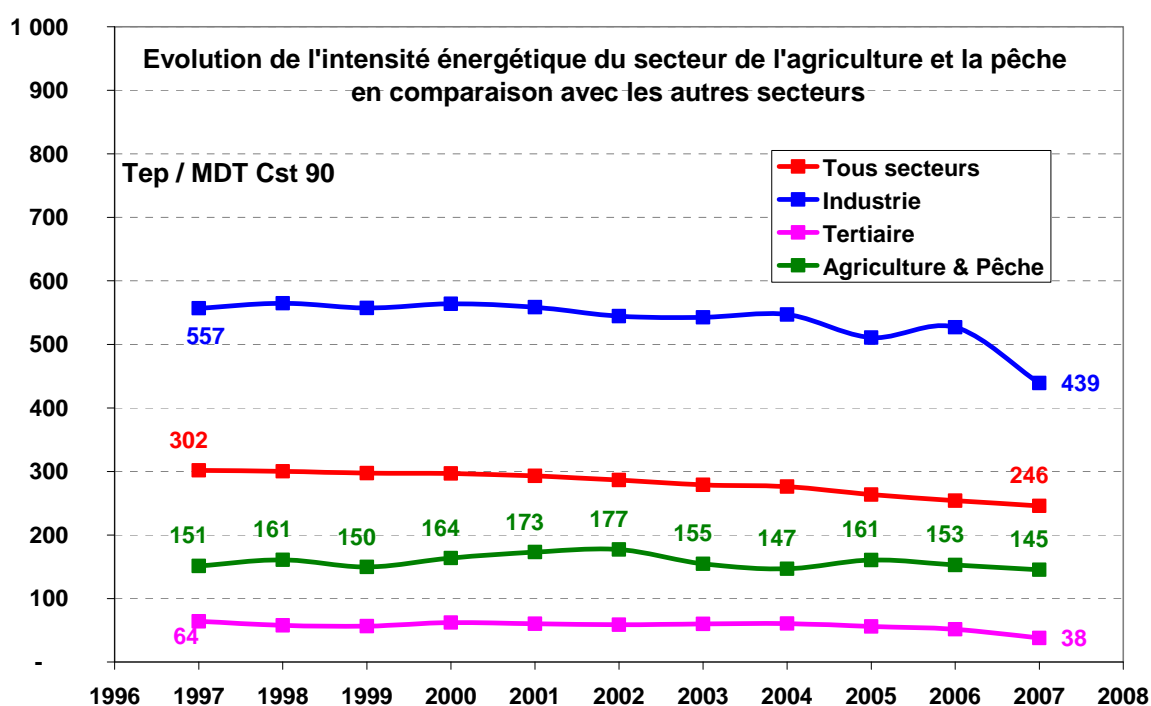
Il s'agit de rapporter la consommation total d'énergie par rapport à la superficie agricole exploitée. Cet indicateur peut être ensuite décliné par zone, mode d'exploitation et type d'énergie.

3.2. CALCUL DES INDICATEURS

3.2.1. Analyse de l'intensité énergétique au niveau sectoriel

Au niveau agrégé, l'indicateur le plus pertinent est celui de l'intensité énergétique, calculé en rapport avec la valeur ajoutée sectorielle.

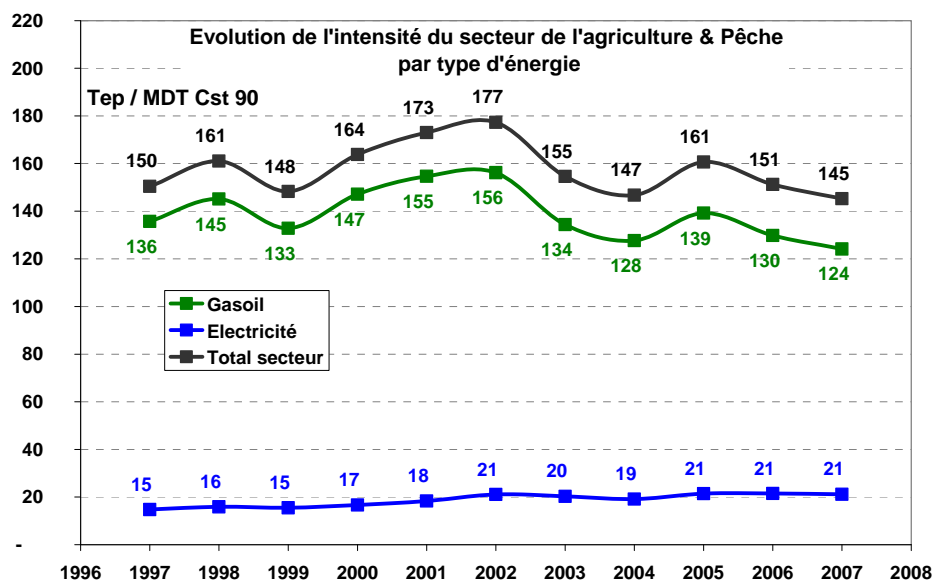
Le graphique suivant présente l'évolution de l'intensité énergétique, toute énergie confondue, du secteur de l'agriculture & pêche en comparaison avec celle de l'économie nationale et celles des principaux autres secteurs.



Notons que l'intensité énergétique au niveau national n'a pas cessé de baisser tout le long de la dernière décennie, ce qui a été la même situation pour les autres secteurs, sauf l'agriculture et la pêche. Pour ce dernier, l'intensité énergétique a connu une tendance à la hausse jusqu'en 2002 pour atteindre 177 tep. Depuis, l'intensité énergétique du secteur a baissé pour atteindre 145 tep/MDT en 2007.

Par ailleurs, il faudra noter également que compte tenu du caractère primaire du secteur agricole, l'intensité énergétique reste plus faible que celle du secteur industriel. Elle reste toutefois plus élevée que celle du secteur tertiaire.

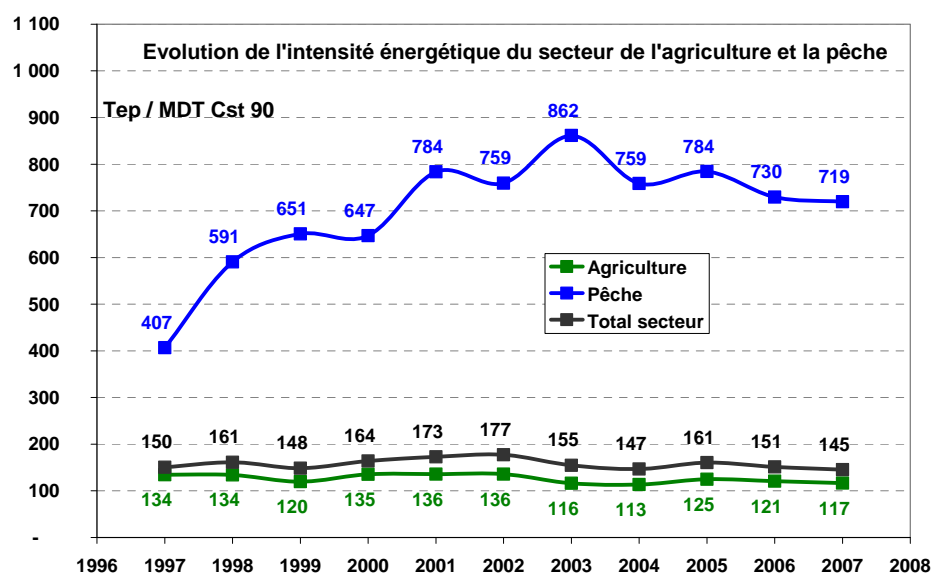
L'intensité énergétique peut être calculée aussi par type d'énergie. Le graphique suivant présente l'évolution de l'intensité énergétique en produits pétroliers (gasoil) pour les deux sous secteurs de l'agriculture et la pêche.



Il est à noter que l'intensité en gasoil du secteur présente une baisse à la tendance depuis 2002 pour passer de 156 tep/MDT en cette année à environ 124 tep/MDT en 2007. L'intensité en électricité présente quant à elle une tendance à la stagnation pour se situer autour de 21 tep/MDT depuis 2002.

3.2.2. Analyse de l'intensité énergétique au niveau des sous secteurs

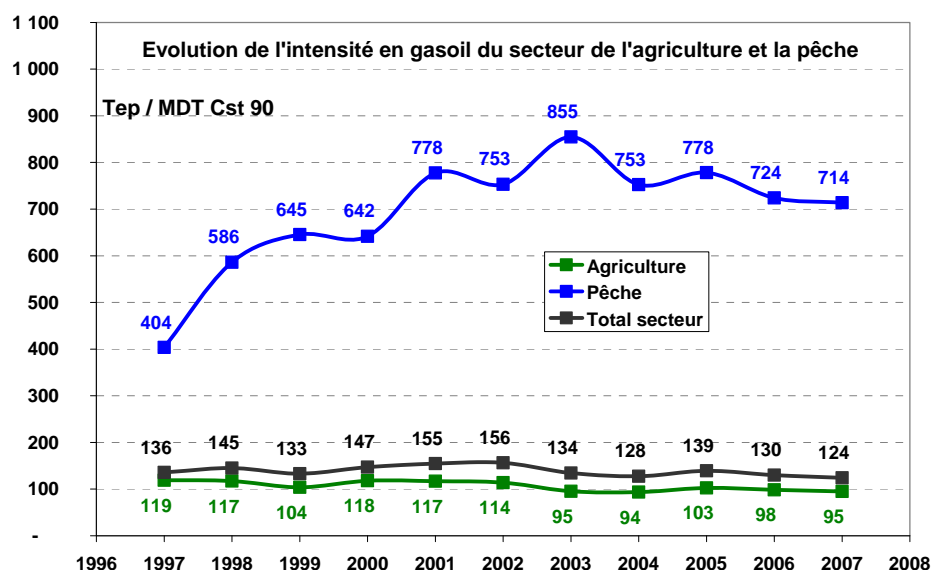
Le graphique suivant présente l'évolution de l'intensité énergétique des deux sous secteurs de l'agriculture et la pêche.



L'intensité énergétique du sous secteur de la pêche a connu une hausse dès le début des années 90 pour atteindre son maximum en 2004, soit 862 tep par MDT. Elle a connue ensuite une baisse significative pour atteindre 719 tep/MDT en 2007.

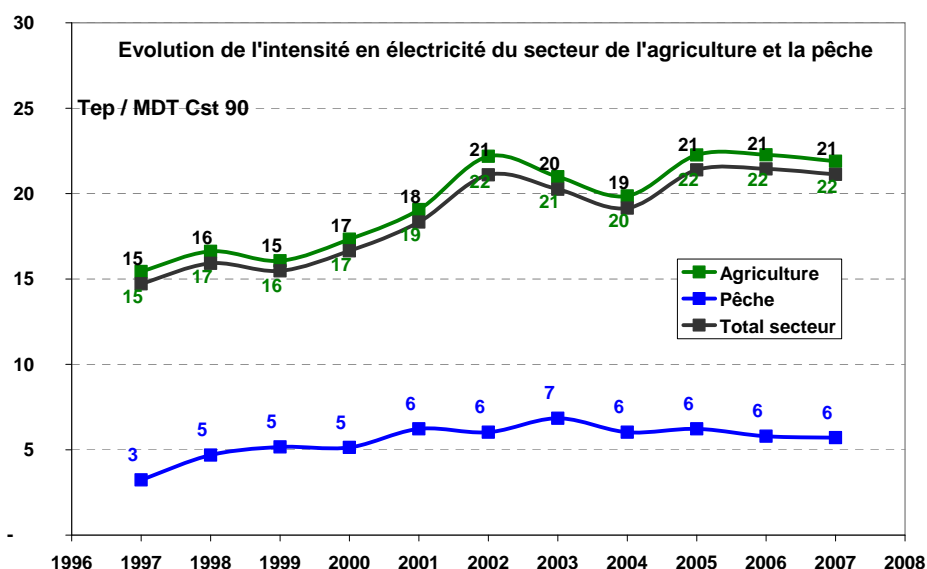
Cependant, l'intensité énergétique du sous secteur de l'agriculture a connu tendance à la baisse depuis 2002 (136 tep/MDT) pour atteindre 117 tep/MDT en 2007.

En ce qui concerne le gasoil, le secteur de l'agriculture a connu la même tendance à la baisse depuis 2002 pour passer de 114 tep/MDT à 95 tep/MDT en 2007, comme le montre le graphique suivant :



Pour la pêche, compte tenu de la prédominance de la consommation du gasoil, l'intensité énergétique pour ce produit présente la même tendance que l'intensité globale présentée ci-dessus.

Le graphique suivant présente l'évolution de l'intensité en électricité pour les deux sous secteurs de l'agriculture et la pêche.



L'intensité en électricité présente une certaine stagnation ces dernières années aussi bien pour la pêche que par l'agriculture.

3.2.2.1. Analyse détaillée au niveau du sous-secteur de l'agriculture

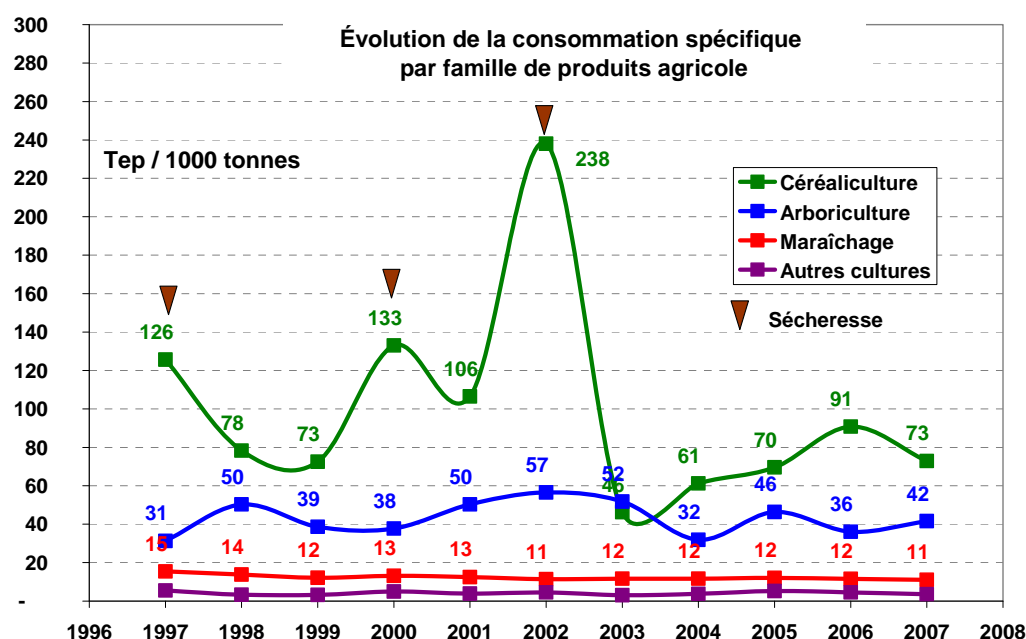
- **L'intensité énergétique des spéculations**

Le graphique suivant présente l'intensité énergétique par type de spéculation.

Il montre en particulier l'effet des aléas climatiques sur l'intensité énergétique des céréalicultures, alors que cette intensité reste peu sensible aux aléas climatiques en ce qui concerne les autres spéculations dont la production est relativement stable par rapport à la pluviométrie.

- **La consommation spécifique des produits agricoles**

Le tableau et le graphique suivant présente l'évolution de la consommation spécifique d'énergie par famille de produits agricole.



Consommation spécifique par famille de produits agricoles (tep/1000 tonnes)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Céréaliculture	126	78	73	133	106	238	46	61	70	91	73
Arboriculture	31	50	39	38	50	57	52	32	46	36	42
Maraîchage	15	14	12	13	13	11	12	12	12	12	11
Autres cultures	6	3	3	5	4	5	3	4	5	5	4

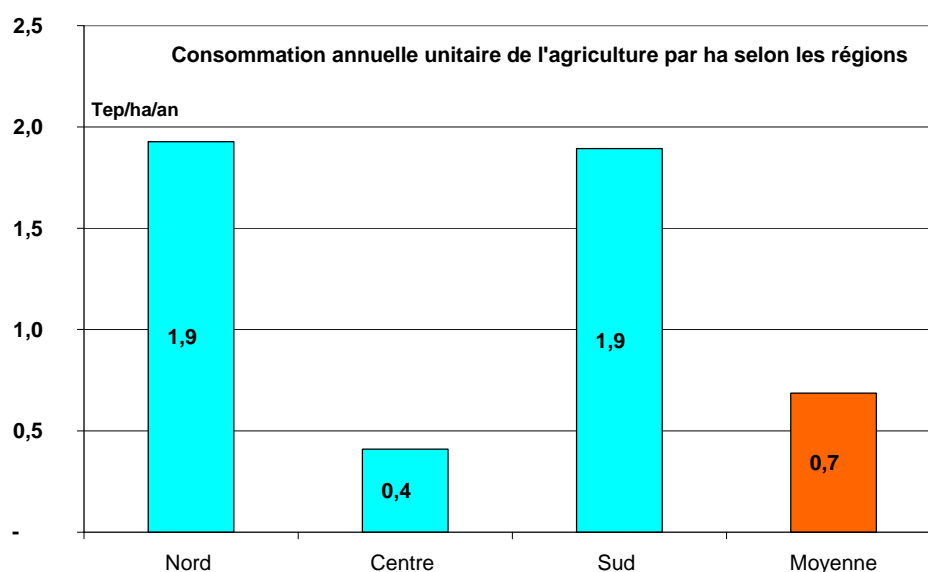
Ainsi en 2007, la production d'une tonnes de produits céréaliers a nécessité en moyenne 0,73 tep, contre 0,42 pour les produits arboricoles, 0,11 pour les produits de maraîchage et uniquement 0,4 pour les autres produits (produits fourragers et cultures industrielles essentiellement).

Encore une fois, on note l'effet des aléas climatiques sur la consommation spécifique des produits céréaliers dont la production reste étroitement liée à la pluviométrie.

La consommation spécifique de l'arboriculture dépend également des variations climatiques mais dans un moindre degré et avec un retard d'une année par rapport à l'évènement de sécheresse. Par ailleurs, on note que cette consommation spécifique est particulièrement affectée quand il s'agit d'années successives de sécheresses comme celles des années 2000, 2001 et 2002.

- **Consommation unitaire par hectare**

Il s'agit de rapporter la consommation totale d'énergie par rapport à la superficie agricole exploitée. L'analyse montre que la moyenne de consommation unitaire du secteur agricole en Tunisie s'est élevée en moyenne 0,7 tep/ha/an en 2007.



La consommation unitaire la plus faible est observée dans la région du centre caractérisée essentiellement par l'arboriculture et la petite irrigation. Le nord et sud montrent un besoin en énergie plus élevé estimé à environ 1,9 tep/ha/an.

Si on considère le seul usage d'irrigation, la moyenne de consommation unitaire serait de l'ordre de 0,1 tep/ha/an, comme le montre le tableau suivant :

Consommation unitaire de l'irrigation

	Tep/ha
Nord	0,4
Centre	0,1
Sud	0,5
Moyenne	0,1

La consommation unitaire d'irrigation la plus élevée est observée au Sud, soit 0,5 tep/ha/an contre seulement 0,1 tep/ha/an au Centre.

- **Consommation spécifique des facteurs de production**

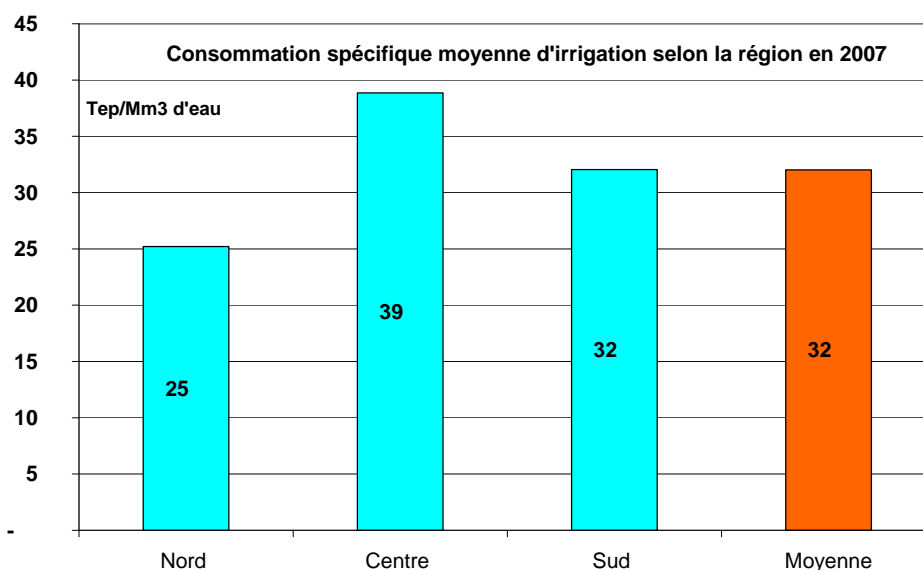
Dans cette catégorie, l'indicateur qui nous semble le plus important est la consommation par m³ d'eau d'irrigation mis à disposition de l'exploitation. Cette consommation spécifique d'énergie pour l'irrigation dépend du mode et des conditions d'exhaure d'eau et de son transfert vers les exploitations.

Les analyses ont permis de déterminer la consommation spécifique moyenne par kWh selon les régions agricole et selon le type d'énergie utilisée comme suit :

Consommation spécifique de l'irrigation par m³ en 2007

	Electricité (kWh/m ³)	Gasoil (litre/m ³)
Région Nord	0,260	0,023
Région Centre	0,377	0,042
Région Centre	0,366	0,033

Si on applique ces valeurs aux consommations d'eau par région, nous obtenons la consommation spécifique moyenne par région, comme indiquée par le graphique suivant :

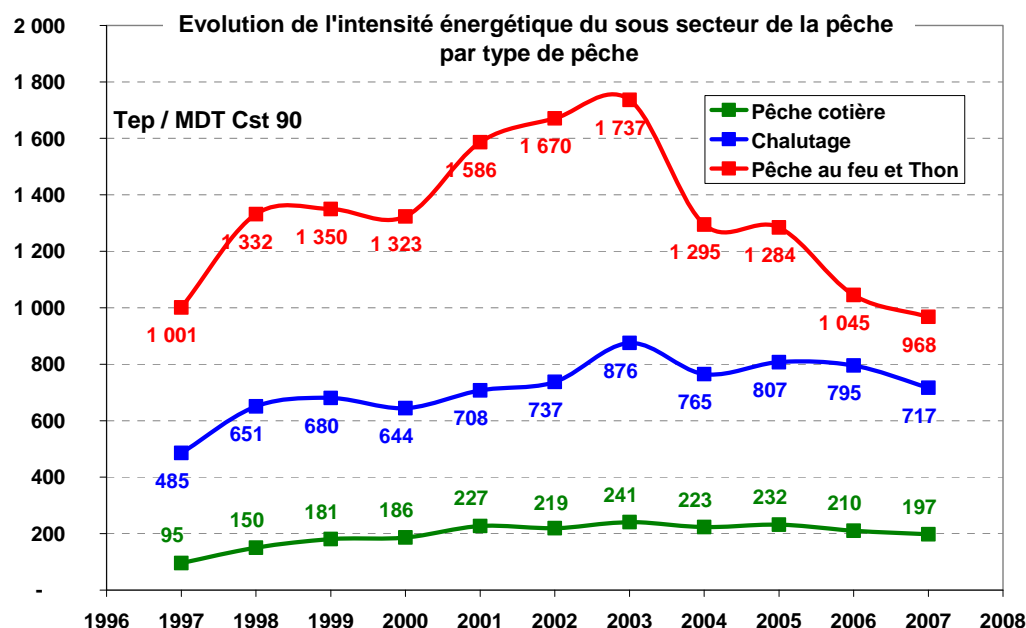


Ainsi, en moyenne, l'eau d'irrigation consomme en moyenne (tout type d'irrigation confondu), 32 tep/Mm³ avec une consommation spécifique nettement plus élevée dans la région du centre, soit 39 tep/Mm³.

3.2.2.2. Analyse détaillée au niveau du sous-secteur de la pêche

- **L'intensité énergétique par catégorie de pêche**

Le graphique suivant présente l'intensité énergétique estimé au niveau de chaque catégorie de pêche. L'intensité énergétique la plus élevée est celle de la pêche au feu et pêche au temps, mais qui connaît une baisse importante depuis 2003.



Compte tenu de sa faible consommation d'énergie, la pêche côtière présente l'intensité énergétique la plus faible, soit environ 197 tep/MDT.

L'efficacité énergétique de la pêche par chalutage tend à se dégrader durant la dernière décennie, puisque l'intensité énergétique est passée de 485 tep/MDT en 1997 à près de 717 tep/MDT.

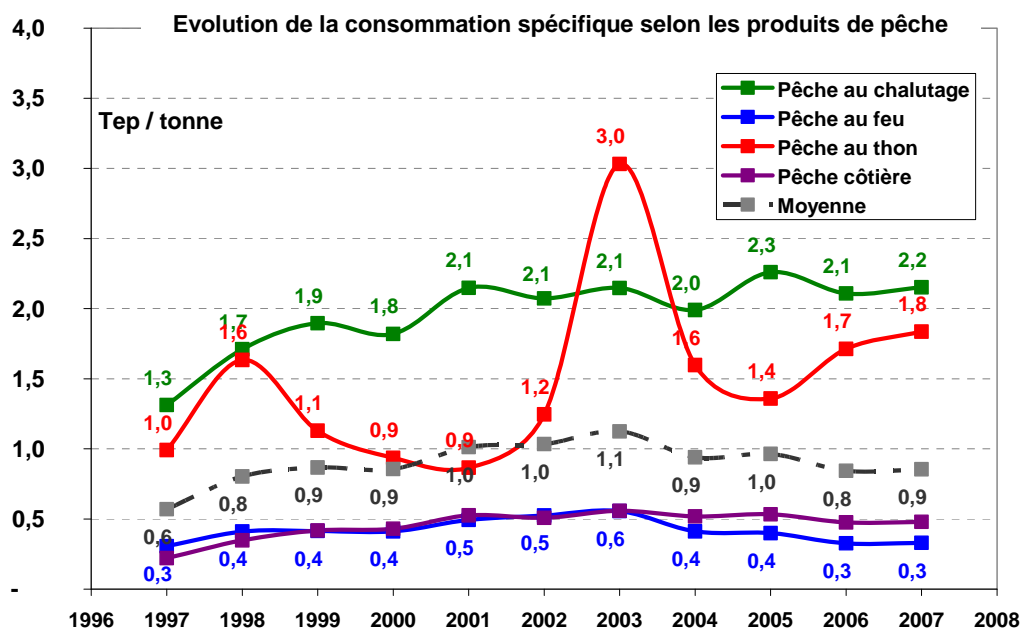
- **La consommation spécifique des produits de pêche**

Il s'agit de rapporter la consommation d'énergie par la production des produits de pêche. Le tableau et le graphique suivants présentent la consommation spécifique d'énergie par type de produits de pêche.

Consommation spécifique selon les produits de pêche (tep/tonne)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Pêche au chalutage	1,3	1,7	1,9	1,8	2,1	2,1	2,1	2,0	2,3	2,1	2,2
Pêche au feu	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
Pêche au thon	1,0	1,6	1,1	0,9	0,9	1,2	3,0	1,6	1,4	1,7	1,8
Pêche côtière	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Moyenne	0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	0,8	0,9

Les chiffres traduisent une réalité énergétique alarmante. En effet, pour une tonne de produits de pêche, le système de production consomme en moyenne une tonne d'énergie.



La situation est particulièrement inquiétante pour les produits de chalutage et pour le thon qui nécessitent respectivement en moyenne 2,2 tep et 1,8 tep pour produire une tonne.

Ces deux produits présentent par ailleurs une tendance générale à l'intensification de la consommation d'énergie traduisant probablement une raréfaction croissante des ressources halieutiques, nécessitant des déplacements de plus en plus longs.

4. CARACTERISATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Durant les dernières décennies, le secteur agricole tunisien a connu de profondes transformations qui ont donné naissance à des systèmes agraires plus modernes.

Cette mutation s'est accompagnée par une accentuation de l'usage de l'énergie conventionnelle, sous l'effet de la mécanisation avec une évolution du nombre des tracteurs de 10 047 unités en 1961 à 39 069 unités en 2004, et de l'intensification de l'activité agricole due à l'évolution du nombre des pompes d'irrigation qui contribuent à irriguer 206 819 ha des superficies irriguées du pays.

L'énergie est devenue ainsi un élément déterminant dans la formation des coûts de production agricole et donc de la compétitivité du secteur, notamment avec la dernière hausse vertigineuse des prix internationaux du pétrole.

Afin de mieux cerner la part de l'énergie dans les coûts de production agricole et caractériser les différentes situations type de consommation énergétique, le consultant a lancé des enquêtes dans les régions de Beja, Nabeul, Siliana et Kairouan. L'échantillon d'exploitations à enquêter a été constitué selon un certain nombre de critères, de manière à couvrir :

- Les régions agricoles types
- Les principales spéculations et filières agricoles
- Les systèmes de production les plus dominants
- Les modes d'irrigation, etc.

4.1. PRESENTATION DE L'ENQUETE

4.1.1. Objectif

L'objectif de cette enquête est de caractériser les différentes situations type de consommation énergétique dans les exploitations agricoles. Il s'agit de déterminer les paramètres et déterminants de la consommation et de l'usage de l'énergie au niveau des exploitations type, estimer la part de l'énergie dans les coûts de production agricole et d'analyser le comportement des agriculteurs vis-à-vis de l'augmentation des prix de l'énergie.

4.1.2. Présentation de l'échantillon

L'échantillon de l'enquête est constitué de 103 exploitations agricoles dont le choix a été défini sur les critères suivants :

- type de l'agriculture pluviale ou irrigué,
- taux d'intensification des systèmes de cultures,
- taux de mécanisation
- taille des exploitations.

Le choix de l'échantillon a été fait de façon à ce qu'il couvre les critères susmentionnés.

Les principales régions visées par l'enquête sont les suivantes :

- Béja : Medjez el Bab, Guebollat, Testour
- Siliana : Krib, Bargou
- Kairouan: Sbikha, Chbika, Oueslatia, Kairouan Nord
- Nabeul: Mida, Menzel Temim, Menzel Bouzelfa, Haouaria.

La répartition des exploitations par gouvernorat a été comme suit :

Tableau n°1 : Répartition de l'échantillon selon les gouvernorats

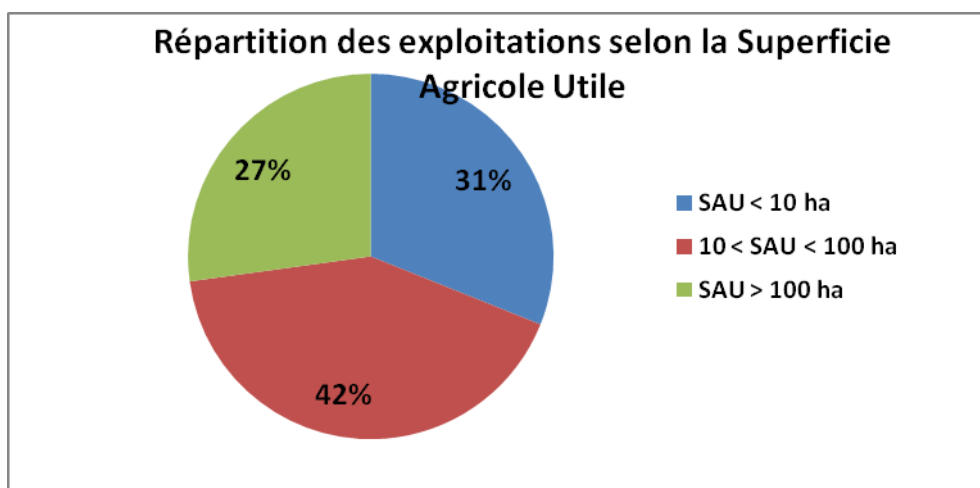
	Beja	Siliana	Nabeul	Kairouan	Total échantillon
Nombre des exploitations	30	10	32	31	103
%	29%	10%	31%	30%	100%

Le choix des délégations par gouvernorat a été réalisé en concertation avec les chefs d'arrondissement de vulgarisation agricole des CRDA de Béja, Siliana, Kairouan et Nabeul dans le but d'avoir un maximum de représentativité.

4.1.3. Caractérisation des exploitations

a. Répartition des exploitations selon la Superficie Agricole Utile (SAU)

La superficie agricole utile des exploitations agricoles enquêtées varient énormément d'une région à une autre, entre 1 à 825 ha. Il convient de noter que 31 % de ces exploitations avaient une taille inférieure à 10 ha.



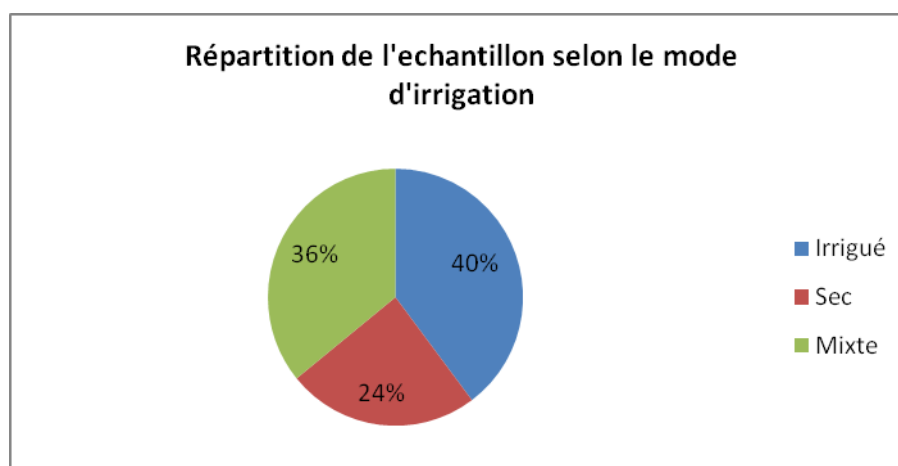
b. Répartition des exploitations selon le mode d'irrigation

De point de vue irrigation, l'échantillon a couvert 3 types d'exploitations :

- Des exploitations entièrement en mode irrigué, ils sont au nombre de 41 et représentent 40 % du total de l'échantillon. Elles sont situées principalement dans les gouvernorats de Nabeul et Kairouan.
- Des exploitations entièrement en mode pluvial, ils ont une proportion de 24% et sont répartis entre les gouvernorats de Béja et Siliana.
- Des exploitations en mode mixte, ils sont à raison de 37 et représentent 36% de l'échantillon

Cette répartition est illustrée dans la figure suivante :

Figure n°5 : Répartition de l'échantillon selon le mode d'irrigation



c. Répartition de l'échantillon selon le nombre et le type de pompe d'irrigation

47% des exploitations enquêtées disposaient de pompes d'irrigation. Presque la majorité est repérée au niveau du gouvernorat de Nabeul et au niveau du gouvernorat de Kairouan.

Gouvernorat	Motopompe	Electropompe	Total echantillon
Beja	4	4	8
Kairouan	18	4	22
Nabeul	6	9	15
Siliana	2		2
Total echantillon	30	17	47
%	64%	36%	100%

Tableau n°2 : Répartition de l'échantillon selon le nombre de pompe

81% des exploitations possèdent une seule pompe, 17% possèdent 2 pompes et uniquement 2 exploitant possède 3 pompes.

La majorité des pompes identifiées sont du type motopompe (64%) et le reste des pompes électriques.

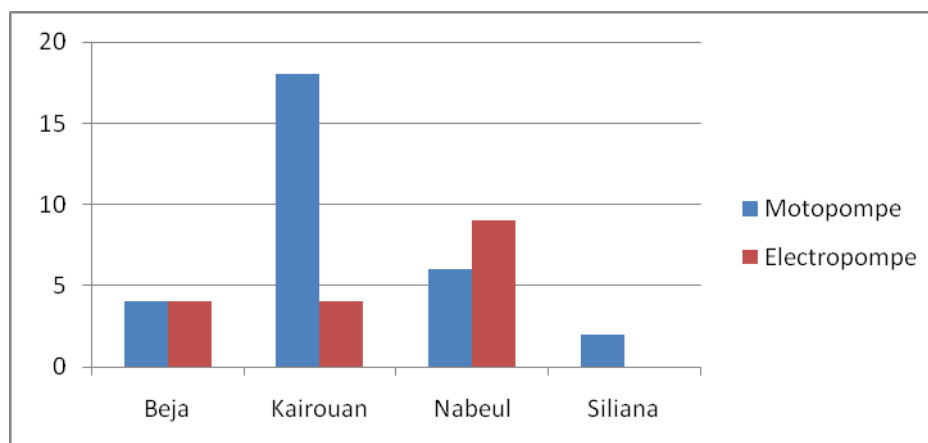


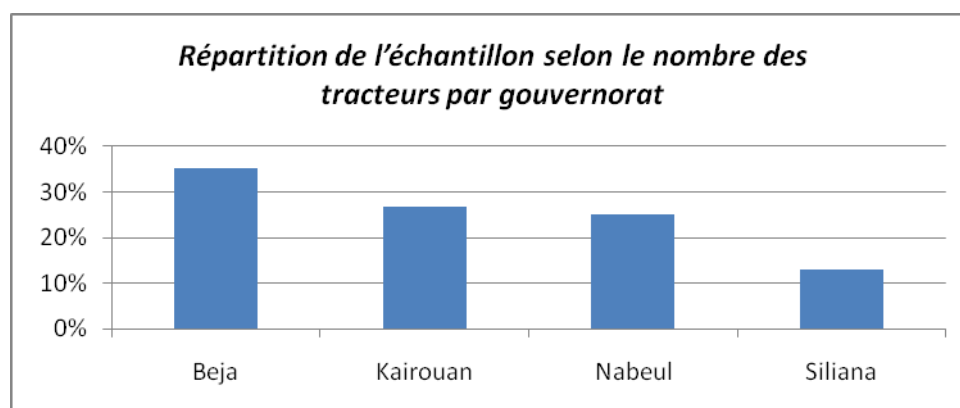
Figure n°6 : Répartition de l'échantillon selon le type de pompe utilisé

Les électropompes sont plus utilisées au niveau du gouvernorat de Nabeul. Dans les autres régions, les motopompes sont plus utilisées.

d. Répartition de l'échantillon selon le nombre des tracteurs

Le nombre total des tracteurs décelés était de 108, dont la grande partie est procurée par le gouvernorat de Béja avec 38 unités (soit 35% de l'échantillon).

Tableau n°3 : Répartition de l'échantillon selon le nombre des tracteurs par gouvernorat.



Il est à signaler que certains agriculteurs font recours à la location de tracteurs pour la conduite de leurs opérations agricoles. Ce cas a représenté 9% de l'échantillon. 78 exploitations possèdent un seul tracteur (76%), 11 exploitations disposent 2 tracteurs (10%) et uniquement 2 exploitations possèdent 3 tracteurs par exploitation et ne représentent que 4 % de l'ensemble de l'échantillon.

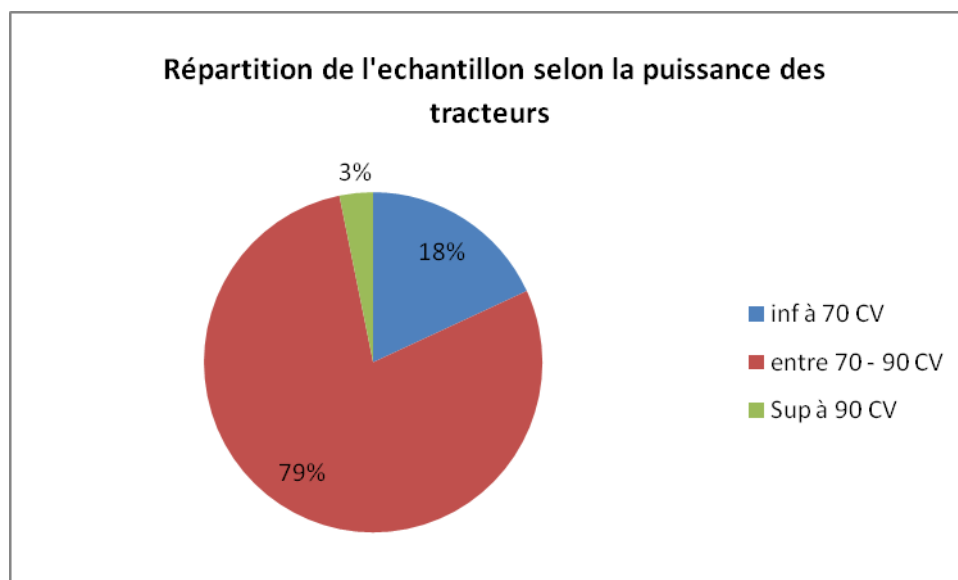
Tableau n°4 : Répartition de l'échantillon selon le nombre des tracteurs par exploitation

Gouvernorat	sans tracteur	1 tracteur	2 tracteurs	3 tracteurs	Total échantillon
Beja		24	4	2	30
Kairouan	2	29			31
Nabeul	7	21	3		31
Siliana		7	4		11
Total échantillon		81	11	2	103

e. Répartition de l'échantillon selon la puissance des tracteurs

La puissance des tracteurs de 10 CV à 120 CV. La puissance moyenne est d'environ 65 CV.

Figure n° 7 : Répartition de l'échantillon selon la puissance des tracteurs



A noter que 79% de ces engins ont une puissance variant entre 70 à 90 CV s. Au delà de 90 CV il est plus difficile d'acquérir de tels tracteurs étant donné le coût élevé d'acquisition et de fonctionnement d'un tel matériel puissant.

4.2. RESULTATS DE L'ENQUETE

4.2.1. Dépenses des agriculteurs en énergie

Les dépenses en énergie varient selon la taille de l'exploitation, le taux d'intensification et le mode d'irrigation et du type d'énergie utilisé.

Les dépenses moyennes en énergie par exploitation sont d'environ 7217 DT/an, variant entre un minimum de 150 DT/an et un maximum de 67 000 DT/an.

Tableau n°5 : Répartition de l'échantillon selon le montant des dépenses en énergie par exploitation par an

Gouvernorat	Inf à 3000 DT	Entre 3000-9000 DT	Sup à 9000 DT	Total
Beja	6	15	12	33
%	20%	40%	40%	100%
Kairouan	18	8	4	30
%	60%	27%	13%	100%
Nabeul	24	4	2	30
%	80%	13%	7%	100%
Siliana	2	6	2	10
%	20%	60%	20%	100%
Total	50	33	20	103
%	48%	32%	20%	100%

4.2.1.1. Dépenses moyennes par type d'énergie

Vu les tailles des exploitations et le nombre accru des tracteurs ayant des puissances élevées dans les gouvernorats de Beja et de Siliana, on remarque une forte consommation du gasoil dans ces régions contre une consommation négligeable en énergie électrique, comme le montre le tableau suivant :

Dépenses moyennes des exploitations en énergie par gouvernorat et par type d'énergie

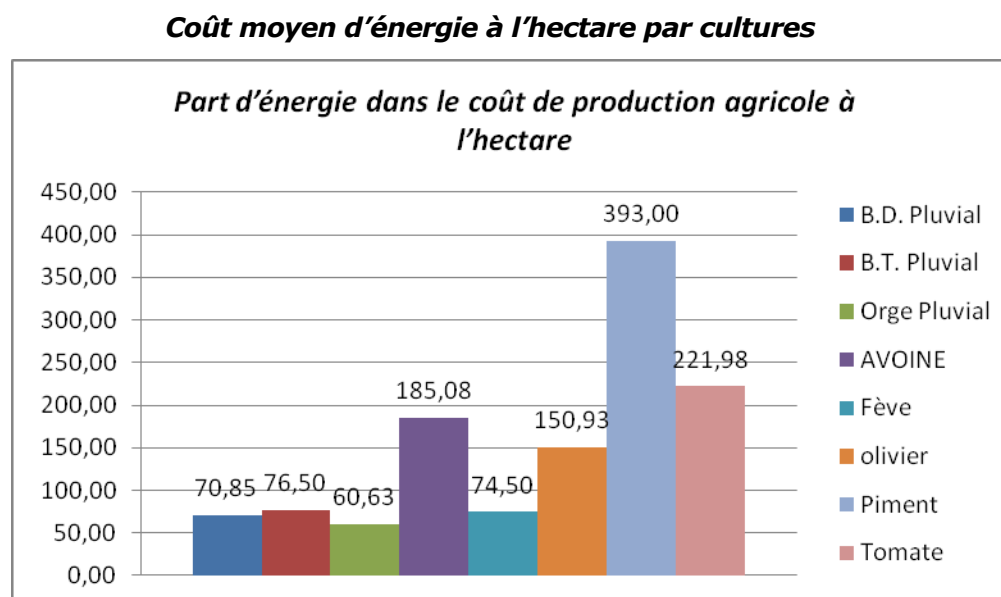
Gouvernorat	Dépense Gasoil (DT/ an)	Dépense Electricité (DT/ an)	Dépense moyenne en énergie (DT /an)
Beja	12446	564	12992
%	96%	4%	100%
Siliana	11125	112	11237
%	99%	1%	100%
Kairouan	5535	840	6375
%	87%	13%	100%
Nabeul	1588	4800	6388
%	25%	75%	100%
Dépense Moyenne par an	7678	1579	9257
%	83%	17%	100%

Toutefois, les exploitations situées à Nabeul consomment beaucoup plus d'électricité que de gasoil. Ceci est expliqué par la petite taille des exploitations (30% de l'échantillon possèdent des superficies inférieures à 1 ha) et le recours à la traction animale ainsi qu'à la main-d'œuvre familiale dans certaines opérations culturales.

La faible consommation d'électricité dans les autres régions s'explique essentiellement par la difficulté d'accès au réseau électrique compte tenu des frais trop élevés de raccordement.

4.2.1.2. Poids de l'énergie dans le coût de production

La figure suivante présente le coût moyen des charges énergétiques par hectare suivant le type de spéculation.



Le piment est la culture la plus consommatrice d'énergie avec une moyenne de 393 DT/ha suivie par la tomate (environ 221,9 DT/ha). Ceci est dû en particulier à l'énorme quantité d'eau consommée.

L'irrigation a également un effet sensible sur l'augmentation du coût de l'énergie à l'hectare pour les céréales irriguées comparées avec les cultures en pluvial.

- **Agriculture pluviale**

Suivant la puissance des tracteurs, le type de culture, le nombre d'heure de traction, la puissance des tracteurs et le type du sol et du relief, les coûts de l'énergie peuvent être assez variables.

Le tableau suivant présente la part de l'énergie dans les coûts de production pour les différentes spéculations en pluviales, enquêtées.

Part d'énergie dans le coût de production agricole à l'hectare pour l'agriculture pluviale

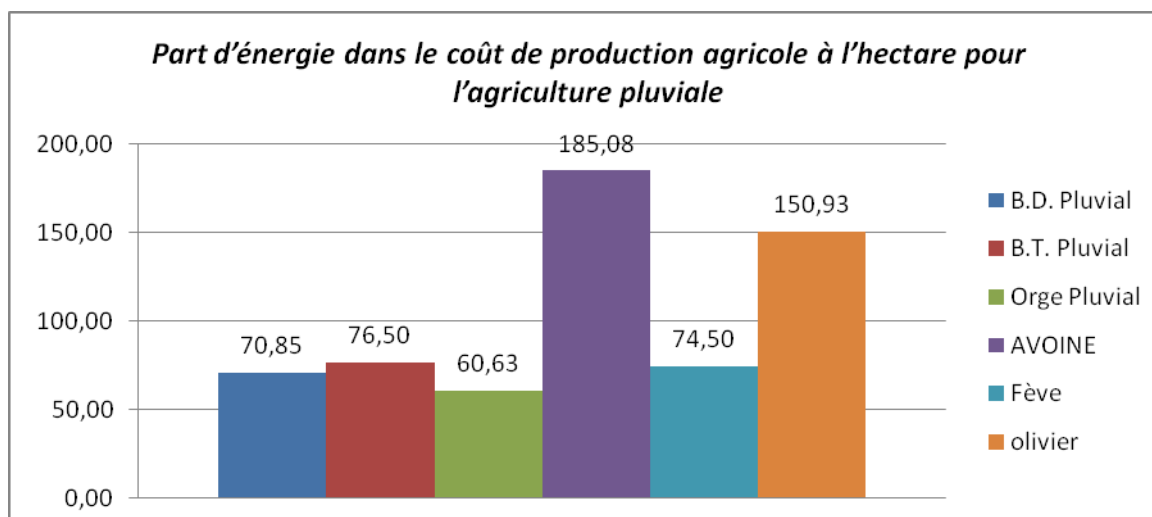
Part de l'énergie dans le coût de production agricole à l'hectare pour l'agriculture pluviale					
Cultures			Coût de l'énergie en DT/ ha	Coût de production en DT/ha	Part de l'Energie dans le Coût de Production
Céréales	Blé dur en sec	Max	133	182	21%
		Min	45	637	5%
		Moy	70,8	591	11%
	Orge en sec	Max	133	170	20%
		Min	35	569	10%
		Moy	60,6	465	12%
	Blé tendre en sec	Max	111	247	19%
		Min	65	605	11%
		Moy	76,5	504	15%
Fourragères	Avoine	Max	97	245	18%
		Min	31	666	6%
		Moy	185	400	46%
Légumineuses	Féverole en sec	Max	112	1735	21%
		Min	64	440	14%
		Moy	74,5	652	11,4%
Oléiculture	Olivier en sec	Max	55	1900	15%
		Min	38	48	11%
		Moy	150,9	546	27,6%
Moyenne générale			103,05	526	20%

Ainsi, ce coût varie selon le type de culture et les régions : Par exemple pour le blé dur, ce coût est estimé à 87 DT/ha au gouvernorat de Béja, à 80,5 DT/ha pour le gouvernorat de Siliana, à 60 DT/ha au gouvernorat de Kairouan et à 57 DT/ha pour le gouvernorat de Nabeul.

En ce qui concerne la culture d'orge, le coût d'énergie due à la mécanisation est estimé à 68 DT/ha au gouvernorat de Béja, à 67 DT/ha au gouvernorat de Siliana, à 52 DT/ha au gouvernorat de Kairouan et à 55,5 DT/ha au gouvernorat de Nabeul.

Pour le blé tendre, le coût d'énergie est estimé à 86 DT/ha au gouvernorat de Béja, à 82,5 DT/ha au gouvernorat de Siliana et à 61 DT au Kairouan.

Le coût moyen de l'énergie est estimé à 20% du coût de production à l'hectare pour les cultures en pluvial.



- **Agriculture irriguée**

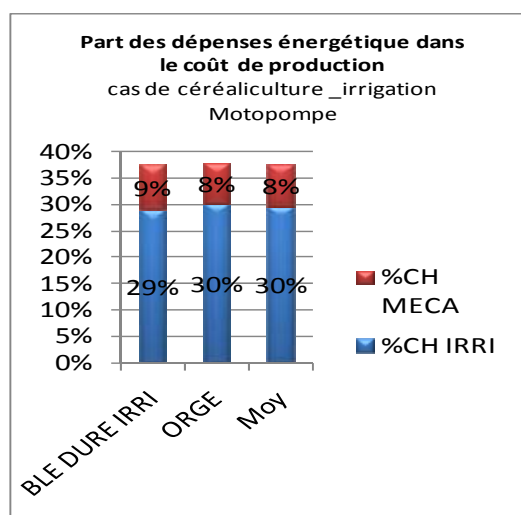
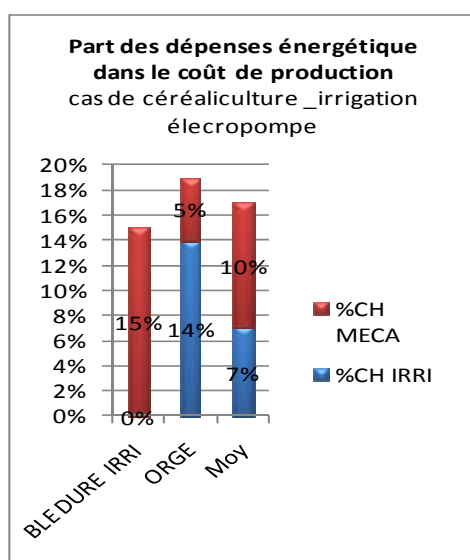
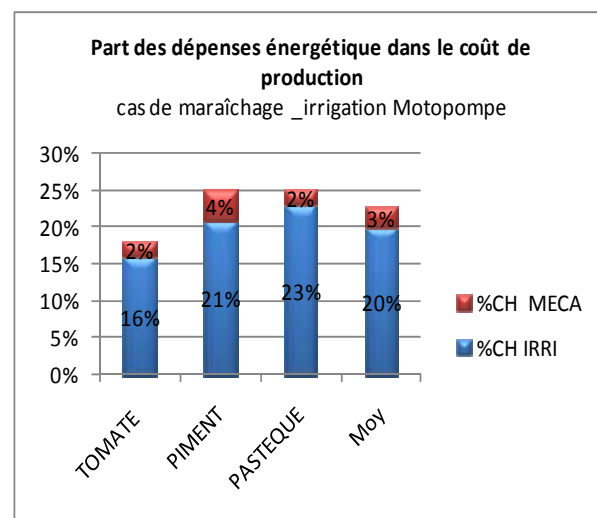
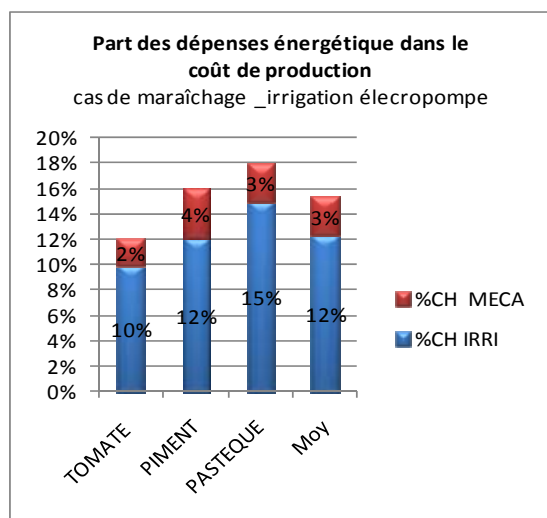
Selon les données de l'enquête, la part de l'énergie en irrigué est estimé en moyenne **à 19% du coût de production** à l'hectare, comme le montre le tableau suivant :

Part d'énergie dans le coût de production agricole à l'hectare pour l'agriculture irriguée

	Coût de l'énergie (DT/ha)					Coût de productio n (DT/ha)	Part de l'Energie dans le Coût de Production
	Mécanisation		Irrigation		Ch. Total. d'ènergi e (DT/ha)		
	Charge Gasoil (DT/ha)	% Ch. Mécanisatio n dans les charges d'énergie	charge énergie (Gasoil+électri cité) (DT/ha)	% Ch. Irrigation dans les charges d'énergie			
Moyenne générale	69	14%	398	86%	467	2461	19%

Ce coût est la somme de deux charges : charge d'énergie due à la mécanisation et charge d'énergie due à l'irrigation qui dépend du mode de pompage (électropompe ou motopompe).

L'énergie représente 23% du coût de production pour les cultures irriguées par une motopompe. **Ce taux varie entre un minimum de 18% pour la Tomate et un maximum de 38% pour l'orge**, comme le montre les graphiques suivants :



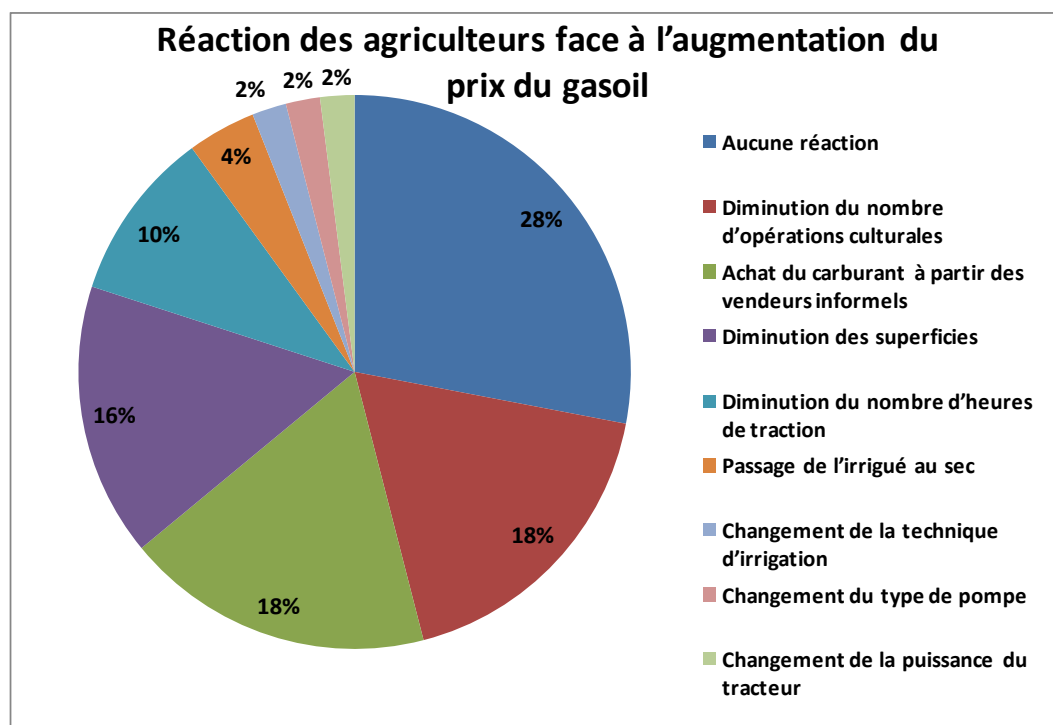
Dans le cas de l'utilisation des élecpompes, la part des dépenses sont moindre. L'énergie présente en moyenne 14% du coût de production pour les cultures irriguées. Ce taux varie entre un minimum de 12% pour la tomate et un maximum de 19 % pour l'orge.

5.2.2. Comportement des agriculteurs vis-à-vis de l'énergie

Selon les réponses des enquêtés, 92% ont déclaré que l'augmentation du prix de l'énergie a posé un problème dans leurs activités de production. Leurs comportements face à cette situation est analysé dans les paragraphes suivantes.

L'augmentation des prix de l'énergie au cours de ces dernières années ont amené 18 % des agriculteurs à diminuer le nombre d'opération agricole afin de réduire leurs consommations en énergie. D'autres ont préféré s'approvisionner en carburant auprès de vendeurs informels (18%) alors que 16 % ont réduit la taille de leurs superficies passant pour certains à moins de 50%.

Il convient de noter que 28% des agriculteurs ont maintenu leurs méthodes de travail et ont conservé la taille de leurs superficies.



5.3. CONCLUSION

Cette enquête, portant sur différents types de spéculations dans différentes régions et climats, a permis de recueillir les éléments de coût énergétique et financier et de préciser les déterminants du coût énergétique dans la pratique de l'agriculture.

La situation telle qu'elle ressort des éléments présentés ci-haut met particulièrement en évidence la forte dépendance énergétique des exploitations agricoles accentuée notamment par l'usage intensif des engins agricoles et l'évolution du nombre des pompes d'irrigation.

L'augmentation des prix de l'énergie ont affectées sensiblement les charges de production des agriculteurs érodant ainsi leurs bénéfices dégagés. Le coût moyen de l'énergie a représenté ainsi environ 14% du coût de production à l'hectare pour les cultures en pluvial.

A titre de comparaison, une enquête réalisée en France auprès des exploitations agricoles montre que la part de l'énergie dans les coûts de production s'élève à 9%. Elle est de l'ordre de 10% pour la céréaliculture, 17% pour le maraîchage et 9% pour l'arboriculture.

Devant ce fait, une large proportion des agriculteurs ont réduit soit le nombre d'opération agricole soit la taille de leurs superficies passant pour certains à moins de 50%. D'autres envisagent même dans le futur d'abandonner leurs terres et s'orienter vers d'autres activités (36%), de changer leur système de production en optant pour l'élevage (20%) ou d'abandonner les cultures irriguées au profit du pluvial et de se diriger vers l'amandier, l'olivier (20%).

5. L'OFFRE ENERGETIQUE DANS LE SECTEUR AGRICOLE

Le secteur agricole est interpellé de deux manières par l'enjeu énergétique. Consommateur d'énergie fossile dans la production de produits végétaux (céréales, fruits et légumes...) et animaux (lait, viandes) sur les surfaces agricoles, ce secteur est également un producteur d'énergie sous forme de biomasse.

Cette production de biomasse, intervient essentiellement dans les trois domaines suivants :

- Le bois énergie découlant des produits de taille et des déchets végétaux ;
- Le biogaz pouvant être produit par la méthanisation des déchets organiques du secteur (déjections animales, etc.)
- Les biocarburants découlant de la transformation des produits de certaines espèces, comme la Jatropha, la Colza, etc.

Parallèlement, le secteur agricole offre un potentiel considérable de maîtrise d'énergie s'articulant sur deux composantes :

- Le potentiel d'efficacité énergétique au niveau des principaux usages (irrigation, machinisme agricole, etc.) ;
- Le potentiel d'utilisation des énergies renouvelables, à travers notamment :
 - La substitution du pompage diesel et électrique par l'énergie éolienne et/ou solaire ;
 - L'usage des biocarburants dans les engins agricoles, telle que l'huile de Jatropha qui peut être utilisé pour les moteurs à faible vitesse (pompes, etc.)

La présente partie s'attarde seulement sur l'offre énergétique agricole. Le potentiel de maîtrise de l'énergie sera traité dans les phases ultérieures de l'étude.

5.1. POTENTIEL DE PRODUCTION DE BIOMASSE DANS LE SECTEUR AGRICOLE

5.1.1. *Potentiel de bois énergie*

5.1.1.1. *Offre globale*

L'offre disponible en bois sec a été estimée en 1997 à environ 2,630 millions de tonnes. Selon les projections de la DGF, cette offre devrait atteindre 2,990 millions de tonnes en 2002.

L'offre réalisée de bois énergie est largement dominée par le secteur de l'agriculture qui représente environ 85% de l'offre. La taille des oliviers représente à elle seule environ deux tiers de l'offre globale de bois énergie en Tunisie, les autres arbres fruitiers 18% et la forêt, 16%.

5.1.1.2. Bilan global

Selon les enquêtes réalisées par la DGF, le bilan de bois énergie a été légèrement déficitaire en 1997, d'environ 23 milles tonnes. Selon les projections réalisées dans le cadre de cette étude, ce bilan devrait s'améliorer avec le temps pour atteindre un solde positif de 270 milles tonnes en 2002 et 860 milles tonnes à l'horizon 2010.

5.1.1.3. Potentiel énergétique

Sur la base des estimations du bilan relative à l'année 2002, le potentiel énergétique brut correspondrait à environ 92 ktep.

5.1.2. Le biogaz

5.1.2.1. Les fientes de volailles

- Offre globale

L'effectif national des volailles est estimé à environ 90 millions sujets toutes races confondues selon la campagne de l'année 2008. La production totale de fientes est estimée en 2008 à environ 604.000 tonnes, dont plus de la moitié sous forme de lisier liquide. Cette forme de fiente liquide est facilement valorisable par bio méthanisation. Le reste étant des fientes sèches facilement compostables.

- Potentiel énergétique

Le potentiel théorique de déchets correspond à un potentiel de biogaz de $608,455 \text{ mille Tonnes} \times 45 = 28 \text{ million m}^3$ en 2008, soit 164 GWh d'électricité produite. Cette production atteindrait 31,9 million m³ en 2030, soit l'équivalent de 196 GWh.

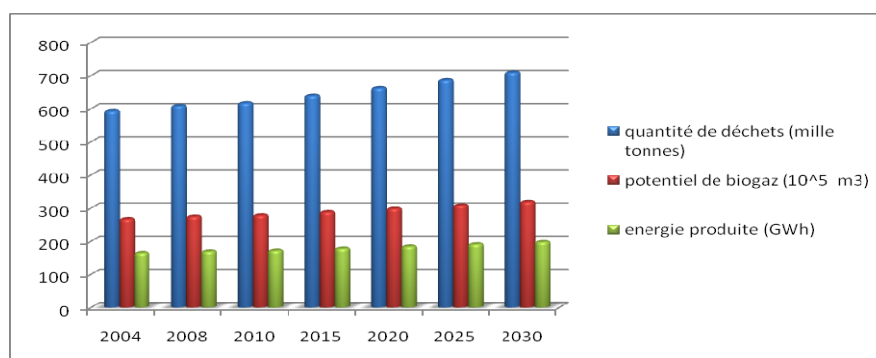


Figure n°1 : Evolution de la quantité de fientes de volailles et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030

5.1.2.2. Les déjections ovines

- Offre globale

L'effectif national des ovins est de 7,3 million de têtes toutes races confondues, dont la moitié représente des femelles productrices ; le reste de l'effectif étant

des agneaux, agnelles et antenais. En 2008, la production annuelle de déjections ovines a atteint 2175,765 mille tonnes.

- **Potentiel énergétique**

Cette quantité de déchets correspond à un potentiel de biogaz de $2175,765 * 35\% * 90\% = 137.073,195$ millions m³, soit 411 GWh.

En 2030, il est attendu que cette quantité toucherait 2708,209 mille tonnes soit un potentiel de biogaz de 170.617,180 million de m³ équivalent à 511 GWh.

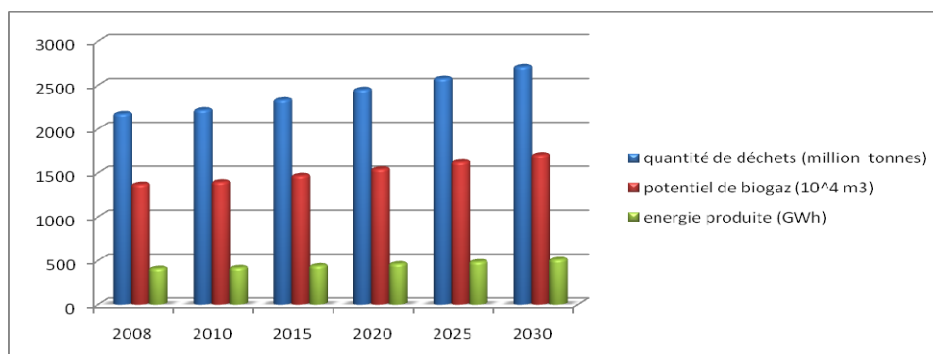


Figure n°2 : Evolution de la quantité de déjection ovine et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030

5.1.2.3. Les déjections bovines

- **Offre globale**

L'effectif total des bovins selon la campagne 2007 – 2008 est de 634,7 mille vaches toutes races confondues. Les 2/3 de cet effectif sont des vaches productrices, le reste est composé de veaux, de taurillons et de vaches locales. En 2008, la quantité de déjections bovines est estimée à 2133,790 mille tonnes, alors que celle de 2030 est estimée à 2655,962 mille tonnes.

- **Potentiel énergétique**

Cette quantité correspondrait à un potentiel de biogaz de $2133,790 * 21\% * 85\% * 0,35 = 165.931,242$ million de m³ soit l'équivalent de 996 GWh en termes d'électricité générée.

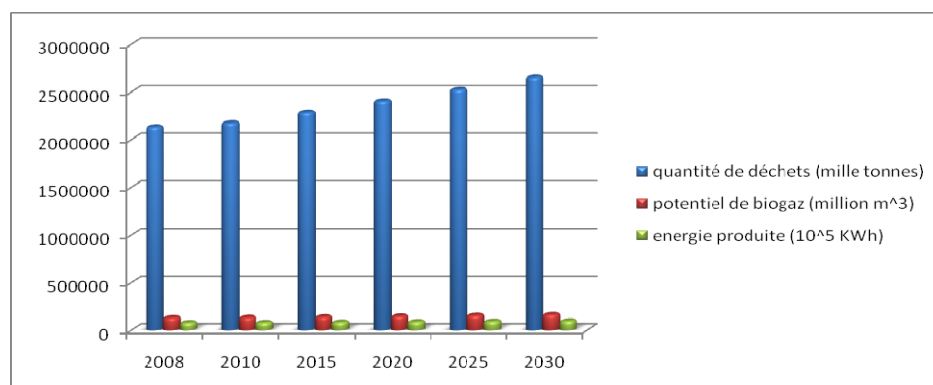


Figure n°3 : Evolution de la quantité de déjection bovine et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030

5.1.2.4. Les margines

- **Offre globale**

Actuellement, les margines sont rejetées dans 88 décharges situées dans plusieurs centres de gouvernorats et épandages aux champs. La quantité de marge est estimée à 944 mille tonnes en 2009. Cette quantité avoisinerait 1095 mille tonnes en 2030.

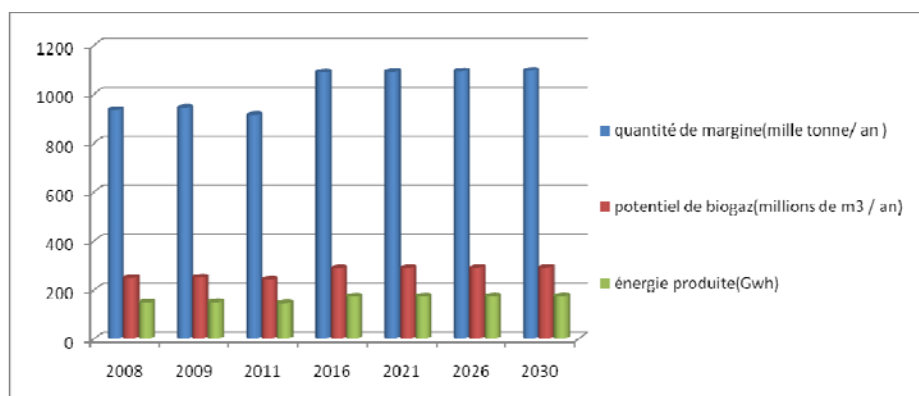


Figure n°4 : Evolution de la quantité de marge et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030

- **Potentiel énergétique**

Le potentiel de marge mobilisable est estimé pour l'année 2030 à 1095 mille tonnes, soit un potentiel de biogaz estimé à 290,2 million de m3 et un potentiel énergétique de 174 GWh.

5.1.3. Biocarburant.

5.1.3.1. Potentiel de plantation

Le potentiel brut de plantation de Jatropha a été évalué à environ 13 000 ha, en tenant compte des critères climatologiques, pédagogiques, d'occupation des sols et de disponibilité des eaux usées traitées (Etude de l'opportunité de développement d'une filière de biocarburant à partir de la Jatropha en Tunisie, GTZ, 2008).

5.1.3.2. Potentiel énergétique

Le potentiel d'énergie primaire relatif à la valorisation des 13000 ha de Jatropha irrigués par les eaux usées traitées, est d'environ 312 ktep par an dont uniquement 43 ktep sous forme de l'huile de Jatropha.

Ce potentiel représente près de 5% de la consommation d'énergie finale actuelle en Tunisie. L'apport de l'huile de Jatropha est évalué à plus de 10% de la consommation actuelle du secteur agricole énergie finale, essentiellement sous forme de gasoil.

De point de vue bilan énergétique, le bilan net du développement de ce potentiel serait de l'ordre de 300 ktep par an.

6. EVALUATION DU POTENTIEL BRUT D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE ET LA PECHE

La consommation d'énergie par le secteur agricole telle qu'elle a été présentée plus haut a accusé un ralentissement depuis les années quatre vingt dix. Au cours des deux dernières années de la période d'analyse, 2006 et 2008, on peut relever un recul de cette consommation. Cette évolution n'a pas été la même pour les diverses énergies distinguées. C'est ainsi que par exemple pour l'irrigation, les produits pétroliers ont connu la baisse la plus spectaculaire au profit de l'électrification. Ces modifications qui ont affecté à la fois la consommation totale que sa structure, se sont accompagnées par une évolution à la baisse de l'intensité énergétique.

Pour comprendre ces changements dans la consommation de l'énergie par le secteur agricole, il convient de rappeler que l'usage d'un facteur de production est conditionné par les techniques de production offertes mais aussi par les prix relatifs qui prévalent. Dans un souci de minimisation des coûts, le producteur choisit la quantité du facteur à utiliser selon l'une des technologies disponibles. Autrement dit, les tarifs de l'énergie qui ont augmenté plus rapidement que les autres prix, notamment des produits agricoles seraient à l'origine de la baisse de son utilisation. L'électrification rendue possible par l'extension du réseau et l'appréciation des prix du diesel pourraient expliquer la substitution observée.

Ces résultats sont confirmés par les enquêtes menées auprès des exploitations agricoles (voir plus loin). En effet, près de 50% des agriculteurs enquêtés ont affirmé devoir réviser leur consommation d'énergie dans le cas de la poursuite des augmentations des prix de l'énergie.

Les baisses des stocks d'énergie non renouvelables conjuguées au peu de progrès réalisé dans la production des énergies renouvelables permettent d'anticiper la poursuite des augmentations de prix relatifs de cette ressource. La question qui mérite d'être posée ici est de savoir l'importance des économies d'énergie réalisables dans le cas d'un tel scénario. Ces sources d'économies peuvent être l'amélioration de l'efficacité de l'usage, c'est dire la baisse de l'intensité énergétique ou/et la substitution entre catégories d'énergies. L'estimation du potentiel technique de ces économies fait partie de cette partie

6.1. L'AGRICULTURE

6.1.1. L'irrigation

L'usage principal de l'énergie en irrigation est relatif à la construction des systèmes de transport et de distribution d'eau dans les périmètres irrigués, à la mise en place des systèmes d'irrigation à la parcelle dans les exploitations agricoles, à l'exploitation et la maintenance de systèmes d'eau en général. Les utilisations de l'énergie d'une manière directe ou indirecte sont à considérer. Les énergies indirectes concernent celles nécessaires à la construction des barrages, des forages ou puits, des canalisations, des ouvrages et des équipements y compris le matériel de pompage pour l'approvisionnement en eau, aussi bien que les énergies utilisées pour la fabrication ou la construction des systèmes d'irrigation à la parcelle. Les utilisations de l'énergie directe concernent essentiellement les charges récurrentes de pompage et d'exploitation des systèmes d'eau.

Il est important d'analyser tous ces aspects afin de déterminer les moyens possibles de maîtriser l'énergie dans les systèmes d'irrigation.

6.1.1.1. L'énergie indirecte en irrigation

- **L'énergie pour la mise en œuvre des systèmes collectifs d'approvisionnement en eau :**

Pour les systèmes d'eau de type gravitaire ou de basse pression, l'énergie comptabilisé à l'échelle annuelle et nécessaire à la mise en œuvre des ouvrages et équipements pour l'approvisionnement en eau dans les périmètres collectifs est estimée à environ 210-250 kWh/ha /an .

En cas d'utilisation des eaux souterraines, il y'a nécessité de créer des puits ou des forages et d'installer des groupes de pompage. En considérant l'énergie consommée pour la création des périmètres irrigués sur forages, l'énergie annuelle correspondante à l'approvisionnement en eau souterraine est estimée à titre indicatif à 6 220 kWh/ ha et par an.

Ces estimations tiennent compte en réalité de l'énergie totale de construction et de fabrication ainsi que de la durée de vie des diverses composantes des systèmes hydrauliques destinées à l'approvisionnement en eau d'irrigation.

- **L'énergie pour la mise en œuvre des systèmes d'irrigation à la parcelle :**

Les systèmes d'irrigation à la parcelle sont de divers types : irrigation de surface ou gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée.

En irrigation de surface, l'énergie est nécessaire pour creuser les canaux quaternaires de distribution d'eau à l'intérieur de l'exploitation agricole et les sillons à l'intérieur des parcelles, la fabrication de certains équipements, le surfacage ou le nivellement des terres, etc. Pour le matériel d'irrigation par aspersion ou localisée, l'énergie est aussi indispensable pour la fabrication de la tuyauterie, la vannerie, les distributeurs d'eau, etc.

Des évaluations ont permis d'estimer comme suit la consommation d'énergie pour la mise en œuvre des systèmes d'irrigation à la parcelle :

- Irrigation de surface: 1 680 kWh/ha/an
- Irrigation par aspersion avec équipement mobile manuellement : 2 910 kWh/ha/ an.
- Irrigation localisée (pour arboriculture) : 15 160 kWh/ha/an.

Il s'en dégage particulièrement que les systèmes de haute efficacité en termes de conservation de l'eau ou automatiques permettant d'économiser le travail humain sont généralement très « énergivores ».

Il est à remarquer que les valeurs sus indiquées sont données à titre indicatif pour apprécier la dimension de l'énergie utilisée indirectement par le secteur de l'irrigation mais qui est comptabilisé en partie sur le compte de l'énergie consommée par le

secteur de l'industrie nationale ou bien de l' « énergie virtuelle » ayant été importée à travers les équipements et les fournitures importés des marchés extérieurs.

6.1.1.2. L'énergie directe ou récurrente pour l'exploitation des systèmes d'irrigation

La demande en énergie directe dépend de la configuration de chaque élément fonctionnel du système d'irrigation i (ou sous système).

L'énergie utile est généralement égale au travail mécanique nécessaire pour faire passer le volume d'eau considéré de l'entrée à la sortie de l'élément. Elle est donnée par la formule générale suivante :

$$E \text{ (kWh)} = \rho \cdot g \cdot H_s \cdot H_i / E_{fe} \cdot 1000 \cdot 3600$$

Soit $E \text{ (kWh)} = C \cdot V_s \cdot H_i / E_{fe}$

Avec V_e : volume d'eau à l'entrée de l'élément fonctionnel (m³)

V_s : Volume en sortie (m³)

E_{fe} : Efficience en eau de l'élément, c'est le rapport entre V_s et V_e

H_i : hauteur manométrique ou pression entre l'entrée et la sortie de l'élément i

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$; $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$; coefficient $C = 2,725 \cdot 10^{-3} \text{ kWh.m}^{-4}$.

Dans le tableau suivant sont présentés les différents paramètres qui conditionnent les variables H_i et E_{fe} .

Principaux paramètres de variation des E_{fe} et H_i par éléments fonctionnels des systèmes d'irrigation

Désignation	Paramètres de E_{fe}	Valeurs de E_{fe} Min. Max.	Paramètres de H_i	Valeurs H_i en m Min. Max.
Prélèvement et Captage	-	- 1	Profondeur surface de l'eau.	qq.m > 200
Transport par conduites	Fuites (vétusté, matériaux, longueur, raccords, etc.)	0.7 0.95	Dénivelé, débit, Ø, état des parois, etc.	2/km 15/km
Stockage - réservoir	Rapport surface sur volume ; type de revêtement ; climat ; etc.	0.8 0.95	Hauteur	0 25
Distribution par conduites	Pertes d'eau : fuites, lavage réseaux, etc. (vétusté, matériaux, longueur, raccords, etc.)	0.5 0.8	Dénivelé, débit, Ø, état des parois, nature des appareillages (sectionnement, régulation, comptage)	3/km 15/km
Répartition finale sur le sol (méthodes d'irrigation)	Méthode d'irrigation utilisée, uniformité de la distribution, pilotage, etc.	0.5 0.9	Dépend de la méthode utilisée : H_i gravitaire < H_i localisé < H_i aspersion	0 90

Dans la phase d'exploitation des systèmes d'irrigation, les exigences en énergie se rapportent essentiellement au pompage de l'eau. Lorsque l'approvisionnement est réalisé à partir des eaux souterraines, le pompage devient nécessaire (sauf

artésiennisme), et l'énergie consommée augmente proportionnellement à la profondeur de la nappe. De plus, lorsque le système d'irrigation utilisé à la parcelle fonctionne sous pression, tel que l'aspersion ou l'irrigation localisée, une pression supplémentaire est nécessaire pour le fonctionnement des distributeurs et qui varie largement selon les techniques utilisées.

6.1.1.3. La méthode d'irrigation et la demande en énergie utile.

La parcelle constitue en réalité l'interface entre le réseau interne à l'exploitation agricole et la culture. Ce réseau interne peut lui-même être raccordé au réseau collectif (cas des périmètres publics). Les méthodes utilisées pour répartir l'eau sur la parcelle peuvent être réparties en trois grandes catégories : gravitaire, aspersion, localisée. Chacune des méthodes possède des implications énergétiques particulières.

- **L'irrigation gravitaire**

On regroupe dans ce type d'irrigation toutes les techniques d'application de l'eau qui utilisent le sol comme support et la gravité pour la distribution de l'eau. On pratique en Tunisie l'irrigation à la raie et l'irrigation par bassin essentiellement dans les petites exploitations irriguées. Au niveau des parcelles, ces techniques ne nécessitent pas d'énergie lorsque l'eau est disponible sur la partie haute de la parcelle. En raison de l'absence du nivellement des terres et de la pratique très empirique de l'irrigation, la répartition de l'eau est très peu homogène et peut occasionner des pertes en eau très importantes (25 à 50% des doses). Ces pertes sont dues essentiellement à l'infiltration de l'eau dans le sol ; elles varient en fonction de la nature du sol, des débits manipulés et du niveau de maîtrise de l'irrigant.

Malgré l'extension des autres méthodes d'irrigation dites modernes, l'irrigation gravitaire pouvant s'adapter à toutes les cultures sera maintenue dans les zones traditionnelles d'irrigation, en l'occurrence les oasis du Sud. Des progrès dans l'économie de l'eau sont possibles par l'amélioration de l'étanchéité des canaux de distribution en terre ou en adoptant des réseaux de conduites de basse pression (voir irrigation gravitaire améliorée).

L'irrigation gravitaire se caractérise donc par une consommation énergétique quasi nulle mais des perspectives de conservation de la ressource en eau assez limitée.

- **L'irrigation par aspersion**

Cette méthode d'irrigation consiste à pulvériser l'eau dans l'air pour pouvoir simuler l'action de la pluie, en utilisant de buses calibrées à cet effet. Elle est bien développée dans le Nord pour l'irrigation des grandes cultures en particulier, et se divise en trois types :

- Les rampes déplacées manuellement portant des asperseurs ou sprinklers sont présentes dans les petites exploitations et nécessitent des pressions de fonctionnement de 2-3 bars.
- Les canons avec enrouleurs, qui fonctionnent à des pressions de 4-6 bars
- Les rampes mobiles d'une manière automatique qui permettant d'irriguer des grandes parcelles (pivots, rampes frontales), de pression de service pouvant

varier de 5 à 9 bars. Elles sont munies d'une motorisation indépendante, le plus souvent électrique, de puissance d'environ 350W.

Les pertes d'eau sont de 15% à 40% des doses d'irrigation, elles sont liées à l'évaporation, au vent, au ruissellement si l'irrigation est trop intense.

Bien que d'une efficacité assez intéressante pour l'eau, l'irrigation par aspersion est réputée comme une technique très énergivore.

- **L'irrigation localisée**

L'irrigation localisée consiste à appliquer des doses d'irrigation précise dans le temps et dans l'espace par la mise en œuvre d'un réseau relativement dense de distributeurs de faible débit (2 à 50 l/h). Elle permet de réaliser des apports en eau assez proches des besoins des cultures et de minimiser les pertes par évaporation ou par infiltration. Ces pertes sont inférieures à 30% des doses d'irrigation dans la pratique, mais peuvent être réduites à 10% et même 5% dans des systèmes bien conçus et bien utilisés. En irrigation localisée, les distributeurs fonctionnent à une pression de 0.5 à 2.5 bars en fonction des types employés.

Les systèmes d'irrigation localisée sont caractérisés par des consommations d'énergie relativement réduites et des efficacités de l'utilisation de l'eau élevées comparativement à l'irrigation par aspersion. Ils prennent de l'extension dans toutes les régions du pays essentiellement pour l'irrigation des cultures maraîchères et arboricoles.

6.1.1.4. Economie d'eau et économie d'énergie

- **Éléments sur l'énergie finale en irrigation**

Il est à remarquer que quelque soit la méthode d'irrigation utilisée, des pertes d'eau plus ou moins importantes sont occasionnées lors de l'application de l'eau au sol (pertes par ruissellement, percolation profonde, évaporation, etc.). A titre indicatif, l'efficacité réelle des systèmes d'irrigation à la parcelle est estimée comme suit :

- Irrigation gravitaire traditionnelle : 40-50%
- Irrigation gravitaire améliorée : 60-70 %
- Irrigation par aspersion classique (rampe manuelle) : 60-85 %
- Irrigation par aspersion automatique (pivot, rampe frontale, enrouleur): 70-90%
- Irrigation localisée : 65-90%

Plus l'efficacité de l'irrigation est réduite, plus les pertes en volume d'eau sont importantes et en conséquence de l'énergie est gaspillée. Ainsi, la conception de systèmes d'irrigation performants avec une efficacité d'exploitation élevée est de nature à conserver l'eau et l'énergie d'une manière simultanée.

Pour aboutir de l'énergie utile analysée précédemment E_u à l'énergie finale consommée en définitive par les systèmes d'irrigation E_f , il est important de considérer les rendements ou les efficacités des systèmes de pompage :

$$E_f \text{ (énergie Finale)} = E_u \text{ (énergie utile)} / r \text{ (rendement de pompage)}$$

Bien que variable en fonction de la puissance des groupes de pompage, théoriquement, le rendement du pompage peut atteindre des valeurs dépassant 70 % (Cf. Tableau suivant), mais diverses mesures et observations ont montré que sur le plan pratique ce rendement se situe entre 50 et 60 %. Les rendements les moins élevés se présentent dans le cas des systèmes de pompage individuels (périmètres privés) en raison du manque de conseils techniques au profit des irrigants lors de la conception de ces systèmes et de la négligence constatée en matière d'entretien et de maintenance.

Rendement pratique de pompage	
Puissance hydraulique de pompage	Rendement en %
1 à 2.5 kW	55 - 65
2.5 à 6 kW	60 - 70
6 à 18 kW	65 - 75
18 à 35 kW	70 - 80
Plus de 35 kW	75 - 85

D'un point de vue général, le rendement de la conversion du fuel à l'énergie mécanique est de l'ordre de 25% pour les moteurs Diesel ou électriques. On estime donc le rendement de la conversion du fuel à l'énergie de relevage de l'eau en irrigation à 12.5%.

• **Méthode d'appréciation du potentiel d'économie d'énergie en irrigation**

Dans la majorité des cas, l'on peut développer une relation générale permettant de mettre en évidence les économies d'énergie possibles suite aux améliorations escomptées au niveau des diverses composantes d'un système d'irrigation. Le potentiel d'économie d'énergie « PEE » en irrigation peut être établi comme suit en pourcentage :

$$PEE = [1 - (Df/Di).(Hf/Hi).(Ei/Ef)_1.(Ei/Ef)_2.....(Ei/Ef)_n].100\%$$

Dans laquelle D est la hauteur d'eau correspondant au besoin net en eau d'irrigation de la culture; H est la hauteur manométrique totale de pompage ; E représente le rendement dans les diverses composante du système d'irrigation (Y inclus le rendement de pompage, l'efficacité des canalisations de transport de l'eau, l'efficacité d'application de l'eau à la parcelle, etc.), l'indice *i* indique les conditions avant améliorations projetées et l'indice *f* les conditions après améliorations.

On prend l'exemple réel suivant d'une exploitation d'agrumes irriguée en gravitaire traditionnel qui a été reconvertie en irrigation localisée du type mini diffuseur.

Exemple d'amélioration Irrigation/ Energie

DESIGNATIONS	ETAT INITIAL (i)	ETAT FINAL APRES AMELIORATIONS (f)	PARAMETRES
Besoins nets en eau de la culture	8 000 m3 /ha	8 000 m3/ha	Df/Di = 1
Hauteur manométrique	5 m	20m	Hf/Hi = 400%
Rendement de pompage	0.4	0.7	(Ei/Ef) ₁ = 0.57
Efficience réseau interne	0.5	0.9	(Ei/Ef) ₂ =0.56
Efficience à la parcelle	0.5	0.85	(Ei/Ef) ₃ = 0.59

L'effet combiné des améliorations donne :

$$PEE = [1 - (1). (4). (0.57). (0.56). (0.59)].100\% = (1 - 0.75) .100\% = 25 \%$$

Ainsi, 25 % de l'énergie initiale utilisée pouvaient être économisés grâce aux améliorations des pratiques de l'irrigation, bien que l'on passe d'un système de très faible consommation d'énergie à un système de consommation d'énergie d niveau moyen. Même s'il est difficile d de mettre en œuvre toutes les améliorations à la fois sur le même système, la relation pourrait être utilisée pour apprécier le niveau d'économie d'énergie pouvant résulter des améliorations prises individuellement ou simultanément.

Dans le même ordre d'idée, on tente ci-après d'apprécier d'une manière très générale « le potentiel d'économie d'énergie » pour l'ensemble du secteur irrigué du pays, en considérant certaines hypothèses assez réalistes:

Potentiel d'économie d'énergie en irrigation à l'échelle du pays

DESIGNATIONS	ETAT INITIAL (i)	ETAT FINAL APRES AMELIORATIONS (f)	PARAMETRES
- Besoins moyens nets en eau des cultures	5 500 m ³ /ha	4 500 m ³ /ha	Df /Di = 0.82
- Hauteur manométrique moyenne de pompage	35 m	60m	Hf/Hi = 171%
- Rendement moyen de pompage	0.6 0.75	0.75 0.95	(Ei/Ef) ₁ = 0.87 (Ei/Ef) ₂ = 0.79
- Efficience des réseaux collectifs	0.70	0.85	(Ei/Ef) ₃ = 0.82
- Efficience au niveau de l'exploitation agricole			

En tenant compte de la relation précédente relative au PEE, et malgré l'emploi de techniques d'irrigation « énergivores », l'on peut donc espérer à l'échelle du pays environ 20% d'économie par rapport à l'énergie actuellement utilisée dans le secteur de l'irrigation. Ceci reste possible moyennant des améliorations favorables à la conservation de l'eau et de l'énergie à la fois.

6.1.1.5. La substitution par les énergies renouvelables

• Etat d'équipement des puits d'irrigation en Tunisie

Malgré le développement de l'électrification rurale au cours de la dernière décennie, la problématique de l'utilisation des motopompes, utilisant des moteurs Diesel pour le pompage de l'eau, persiste dans plusieurs périmètres privés où sont exploitées individuellement les nappes phréatiques. En effet, l'extension du réseau STEG a souvent privilégié l'alimentation électrique monophasée pour subvenir aux besoins domestiques des populations rurales. En raison de l'importance des puissances exigées par le pompage d'irrigation, l'électrification triphasée s'impose dans la majorité des périmètres.

Dans la situation actuelle, le taux d'électrification des puits de surface à l'échelle nationale reste relativement peu satisfaisant et ne dépasse guère 76 % globalement avec des niveaux de l'ordre de 85% dans le Nord, 85% dans le Centre mais 42%

dans le Sud. Les investissements pour l'électrification des puits à consentir par les particuliers s'annoncent très importants pour couvrir l'ensemble des périmètres privés, malgré la demande sans cesse croissante des agriculteurs dans diverses régions souvent reculées du pays.

Le tableau suivant synthèse l'état d'équipement des puits de surface selon les Gouvernorat :

Gouvernorat	Nombre total des puits de surface	Nombre total Puits équipés	avec motopompes	avec électropompes
Tunis	778	600	377 (62.8%)	223 (37.2%)
Ariana	985	518	287 (55.4%)	231 (44.6%)
Manouba	3 091	2 354	1391 (59.1%)	963 (40.9%)
Ben Arous	2 470	1 330	492 (37%)	838 (63%)
Nabeul	28 882	21 309	7 714 (36.2%)	13 595 (63.8%)
Bizerte	8 849	4 987	3 765 (75.5%)	1 222 (24.5%)
Béja	1 639	701	576 (82.1%)	125 (17.9%)
Jendouba	3 821	2 256	1 575 (69.8%)	681 (30.2%)
Le Kef	4 340	2 996	2 208 (73.7%)	788 (26.3%)
Siliana	2 293	1 465	1 251 (85.4%)	214 (14.6%)
Zaghouan	2 420	1 532	757 (49.4%)	775 (50.6%)
TOTAL NORD	59 568	40 048	21 906 (54.7%)	18 142 (45.3%)
Sousse	3 546	2 199	1 225 (55.7%)	974 (44.3%)
Monastir	4 659	2 425	1 140 (47%)	1 285 (53%)
Mahdia	8 975	3 770	1 930 (51.2%)	1 840 (48.8%)
Sfax	12 790	8 616	3 205 (37.2%)	6 411 (62.8%)
Kairouan	11 747	9 084	5 360 (59%)	3 724 (41%)
Kasserine	5 427	4 723	3 306 (70%)	1 417 (30%)
Sidi Bouzid	10 139	9 542	7 099 (74.4%)	2 443 (25.6%)
TOTAL CENTRE	57 283	40 359	24 861 (61.6%)	15 498 (38.4%)
Gafsa	7 213	4 934	2 526 (51.2%)	2 408 (48.8%)
Gabès	3 640	2 905	1 975 (68%)	930 (32%)
Medenine	5 318	2 658	800 (30.1%)	1 858 (69.9%)
Tozeur	2 134	1 851	1 570 (84.8%)	281 (15.2%)
Kébili	306	175	75 (43.1%)	100 (56.9%)
Tataouine	2 247	1 761	590 (33.5%)	1 171 (66.5%)
TOTAL SUD	20 858	14 284	7 228 (50.6%)	7 056 (49.4%)
TOTAL	137 709	94 691	54 826 (57.9%)	39 865 (42.1%)

Source : *Annuaire statistiques, DGRE.*

Les inconvénients majeurs des moteurs Diesel qui couvrent encore 24 % des puits de surface sont particulièrement les suivantes :

- Le coût élevé à l'investissement en comparaison avec les moteurs électriques ;

- L'exigence en maintenance et importance des charges correspondantes, à cet aspect s'ajoutent les faibles services d'entretien des équipements dans les zones reculées du milieu rural.
- Le faible rendement des moteurs ;

Toutes ces considérations militent en faveur de l'introduction des énergies renouvelables (photovoltaïque ou éolienne) pour la production de l'électricité nécessaire au pompage d'irrigation dans les périmètres privés où les possibilités d'électrification s'annoncent peu probables dans le long terme.

• **Approche méthodologique d'estimation du potentiel technique de substitution**

Nous avons focalisé sur le photovoltaïque pour l'évaluation du potentiel technique de substitution en énergies renouvelables dans l'irrigation du fait de la certitude de l'existence d'un bon gisement solaire dans toutes les régions visées en Tunisie. Ceci n'est pas le cas de l'éolien pour lequel le potentiel dépend du micrositting de chaque puits à équiper.

Pour déterminer le potentiel technique, nous avons considéré l'hypothèse que les puits déjà équipés en pompes électriques sont en dehors de la concurrence du pompage solaire, compte tenu de l'investissement réalisé dans les lignes et l'infrastructure de raccordement. Ainsi, l'équipement en pompes solaires ciblera uniquement la substitution des pompes diesel.

Par ailleurs, nous avons limité l'évaluation du potentiel uniquement aux puits situés sur **des nappes phréatiques** dont la **salinité est inférieure à 5 g/l**, autrement le puits n'est plus utilisable.

L'estimation du potentiel a porté sur deux paramètres : le potentiel de capacité installé et le potentiel d'économie d'énergie (le diesel).

Dans les deux cas, l'évaluation a été faite de manière macroéconomique en considérant les éléments suivants pour chaque zone :

- La HMT moyenne au niveau des nappes phréatiques pour le pompage diesel, comme le montre le tableau suivant (Cf. Annexe 6 pour plus de détail) :

Volumes d'eau pompée à partir des nappes phréatiques pour le pompage diesel (Mm³)

Région	Volume pompé en Mm ³ /an
Nord	65,15
Centre	40,73
Sud	51,95
Total	157,83

Annuaire statistiques DGRE, 2005

- Les volumes d'eau pompée à partir des nappes phréatiques avec du pompage diesel, comme le montre le tableau suivant (Cf. Annexe 7 pour plus de détail) :

HMT moyenne des nappes phréatiques pour le pompage diesel (m)

Région	HMT moyenne (m)
Nord	30
Centre	50
Sud	35
Moyenne	37

Annuaire statistiques DGRE, 2005

- La consommation moyenne par m³ pompées par les pompes diesel au niveau de chaque zone, comme présenté dans le tableau suivant (Cf. aussi Annexe 6 pour plus de détails) :

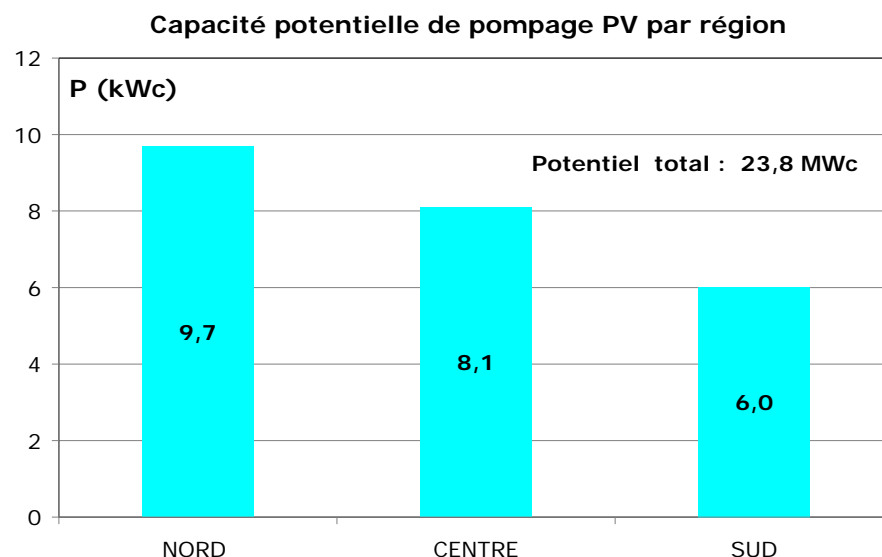
Consommation Moyenne lGo/m³ du pompage diesel à partir des nappes phréatiques

Région	Consommation spécifique en l/m ³
Nord	0,023
Centre	0,042
Sud	0,033
Valeur moyenne	0,031

Estimation A. Hamdane 2010

- **Evaluation du potentiel de capacités PV installées**

A partir des hypothèses précédentes, le potentiel de capacités installées de pompe PV peut être estimée à environ 24 MW, répartie sur les zones comme suit :

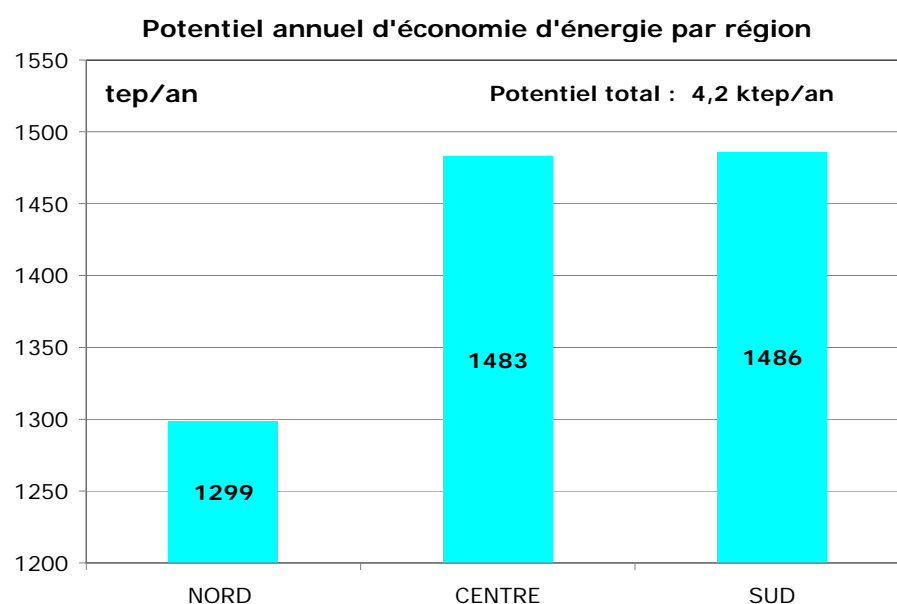


Ainsi, la zone du Nord présente le potentiel d'installation le plus important suivie du Centre et du Sud. Toutefois, il faudra prendre en compte les données climatiques (ensoleillement) qui sont plus favorable pour le pompage solaire dans la région du Sud et du Centre.

- **Evaluation du potentiel des économie d'énergie**

L'équipement des puits de surface par des systèmes de pompage photovoltaïque permettra de générer des économies d'énergie de l'ordre de 4,2 Ktep par an, **soit environ 40% de la consommation actuelle de l'irrigation en gasoil et 8% de sa consommation totale (gasoil et électricité).**

Comme le montre le graphique ci-après, le potentiel d'économie d'énergie le plus important est observé dans les régions du Sud et du Centre.



6.1.2. La mécanisation

L'augmentation de la consommation d'énergie et la diminution des ressources d'énergies fossiles de la Tunisie, font partie de plus en plus des préoccupations des politiques et des pouvoirs publics. A cela s'ajoute la problématique de l'effet de serre, laquelle appelle à prendre des mesures concrètes relatives aux émissions de CO₂.

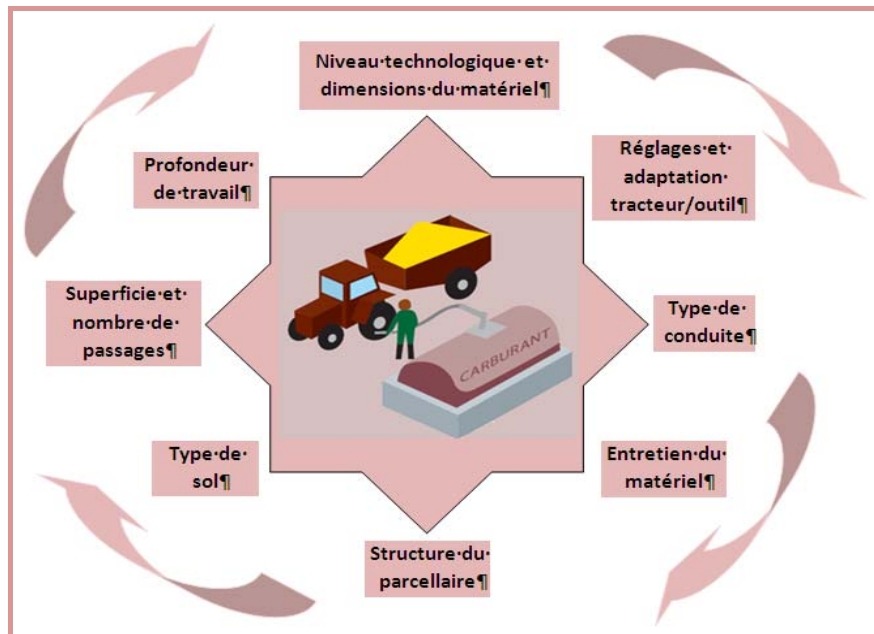
Dans le cadre de sa politique énergétique, pour relever les futurs défis, la Tunisie a pris différentes mesures. Parmi celles-ci, la réduction de la consommation d'énergie dans l'agriculture.

Les principaux types d'énergie utilisés sur l'exploitation agricole sont les **produits pétroliers** (carburants, lubrifiants, gaz naturel) et **l'électricité**. Le matériel agricole utilise exclusivement des **produits pétroliers** qui sont dans l'ordre d'importance, les **carburants** et les **lubrifiants**.

Cette étude est une première dans son genre en Tunisie, son objectif est de **schématiser** la répartition de la consommation de l'énergie dans les deux domaines de l'agriculture et de la pêche. Il n'est pas donc prévu d'aller chercher des détails telle que la part des lubrifiants dans l'énergie consommée par le matériel agricole : on se limitera à l'étude de la consommation des **carburants**.

Dans cette partie de l'étude, **on cherchera le panel des solutions pour une maîtrise de la consommation des carburants engendrée par la mécanisation des opérations culturales, par spéculation et par région agricole.** On décrira les facteurs les plus influents et leur effet sur la consommation en carburant. Pour cela, et afin de se situer par rapport à l'existant, on fera appel à des indicateurs internationaux provenant de conditions plus ou moins comparables à celles de l'exploitation agricole tunisienne.

6.1.2.1. Les facteurs qui jouent sur la consommation de carburant



Ces facteurs peuvent être classés en trois catégories :

- Facteurs liés aux conditions d'utilisation du matériel (structure du parcellaire, type de sol, profondeur, adaptation et réglage du matériel, entretien, conduite, etc.)
- Facteurs liés au degré de mécanisation des cultures (superficie mécanisée, nombre de passages du matériel, etc.)
- Facteurs liés au niveau technologique du matériel (technologies embarquées, dimensions, etc.)

Ainsi, pour réduire sa consommation de carburant en mécanisation agricole, il est possible d'agir soit sur les conditions d'utilisation du matériel (**Scénario 1**), soit sur le degré de mécanisation des cultures (**Scénario 2**) soit encore sur le niveau technologique du matériel (**Scénario 3**).

Dans la suite, on essaie de dégager des pistes détaillées pour réduire la consommation en carburant pour ces trois scénarios.

6.1.2.2. Comment économiser du carburant sur le poste mécanisation agricole ?

A. Scénario 1 : Améliorer les conditions d'utilisation du matériel

1. Bien choisir les équipements

- **Pour les travaux de traction.** Il faut retenir que l'adhérence qui a un effet considérable sur la consommation est dépendante du poids du tracteur. On considère qu'un tracteur est lourd quand le rapport poids (kg) /puissance (CV) dépasse 60. S'il s'agit d'un tracteur avec quatre roues motrices, il faut veiller à la bonne répartition du poids sur les deux essieux et considérer que la présence éventuelle d'un chargeur frontal modifie ce rapport. On privilégiera les tracteurs qui présentent une réserve de couple* supérieure à 30 % pour des régimes moteur entre 1600 et 2000 tours / min.

$$* \% \text{ Réserve de couple} = \frac{\text{Couple maximal} - \text{Couple à la puissance nominale}}{\text{Couple à la puissance nominale}} \times 100$$

Il est avantageux de bénéficier d'une boîte à vitesses "power shift" afin de disposer d'un nombre important de rapports de vitesses possible.

- **Pour les travaux nécessitant de la puissance à la prise de force.** On privilégie les tracteurs avec une bonne réserve de couple à des hauts régimes moteurs (entre 1400 et 1800 tours / min). Une transmission à variation continue permet de bénéficier d'un choix très grand dans la vitesse d'avancement du tracteur, à régime égal.

2. Composer avec la structure de l'exploitation

L'organisation du parcellaire et le type de sol de l'exploitation jouent sur la consommation en carburant. Un travail comparatif réalisé par la Chambre d'Agriculture de Picardie en France a montré qu'il y a une consommation de **+70% pour un labour en sol argileux par rapport à un sol limoneux**. Il est ainsi conseillé de :

- Regrouper ses interventions dans un même périmètre si le parcellaire est éclaté. Les remaniements fonciers et les échanges de parcelles à l'amiable entre agriculteurs sont des moyens très efficaces pour améliorer la structure du parcellaire et ainsi réduire les consommations de carburant.
- Eviter de travailler le sol dans des conditions difficiles exigeantes en puissance (ex. sécheresse).
- Labourer le moins profond possible et adapter la profondeur au type de sol.

Des essais réalisés en 2008 par l'Institut de l'Elevage en France ont montré **qu'un travail du sol moins profond permet de réduire jusqu'à 50% la consommation en carburant**.

3. Simplifier les itinéraires techniques en pratiquant des Techniques Culturelles Simplifiées (TCS).

Le travail profond du sol représente 50 % des consommations en fioul. Réduire ce type de travail permet donc de réduire sa consommation de carburant. Un hectare de labour profond correspond à 4000 tonnes de terre déplacée, ce qui nécessite, selon le type de sol, 20 à 40 l de fioul/ha.

En adoptant des **Techniques Culturelles Simplifiées (TCS)** comme par exemple le **chiselage** (travail du sol profond sans retournement) ou le **travail du sol superficiel**, **on peut réaliser des économies de 10 à 50 % sur les consommations énergétiques.**

Ces techniques culturales permettent de diminuer les charges de mécanisation. La consommation en carburant dépend des opérations culturales et en particulier de la profondeur de travail et du nombre de passages. Nous l'avons déjà signalé, les itinéraires techniques avec labour consomment plus du double de carburant que les TCS. Il est également possible d'économiser du carburant en pratiquant le **Semis Direct : SD** (ou non-labour).

Contrepartie de la pratique du semis direct : gérer trois principales difficultés :

- **La gestion des résidus de cultures**

La présence de paille dans le lit de semences gêne l'implantation de la nouvelle culture. Le déchaumage permet d'enfouir ces résidus.

- **La gestion des mauvaises herbes**

En choisissant une technique culturale sans labour, on se prive du rôle de désherbage mécanique du labour. La rotation doit comprendre une culture de printemps une année sur quatre. L'objectif est d'avoir des parcelles propres au moment du semis. En règle générale les rotations longues permettent de mieux contenir la prolifération des mauvaises herbes.

- **Le semis en conditions humides**

Il est impératif de semer dans des conditions de sols ressuyées et donc d'attendre patiemment le moment opportun, que ce soit pour des semis d'automne ou pour des semis d'hiver.

La station de recherche de Boigneville de INRA-France a effectué des essais de comparaison technico-économique de différents modes d'implantation du blé. Les résultats, (tableau 1) ont montré que les TCS sont de loin les moins consommatrices en énergie, en particulier le SD. Le tableau 2 montre une Ventilation des consommations de carburant pour chacune des opérations culturales annuelles en grandes cultures.

Tableau 1 : Comparaison technico-économique de différents modes d'implantation du blé

	Labour	TCS	Semis Direct
Carburant (l / ha)	25,3	17,8	9,8
Charges de mécanisation (€ / ha)	178	124	112
Charges totales	205	150	133
Désherbage (cultures et inter-cultures)	39	57	61
Temps de travail	1h30	1h15	0h40

Source : essai Institut national de recherche agronomique (INRA), station Boigneville

Tableau 2 : Ventilation des consommations de carburant pour les opérations culturales annuelles en grandes cultures pour 3 modes d'installation (l/ha)

	Mode Labour	Mode TCS	Mode Semis Direct
Déchaumages	10	10	5
Labour	25	0	0
Préparations + semis	20	15	8
Fertilisation + traitements	15	17	17
Récoltes + transports	30	30	30
Total carburants/ha	100	72	60

Source : Estimation SOLAGRO-France

4. Rationaliser la conduite du matériel

La consommation en carburant dépend de la puissance du tracteur, de son régime moteur et de son taux de charge. Les cas de figure les plus importants en matière de consommation sont : le **démarrage, l'accélération et la montée**. La consommation est particulièrement forte lors des phases d'accélération. Une conduite avec anticipation permet de limiter les phases d'accélération.

Lors des travaux dans les champs, le conducteur peut choisir différents rapports de vitesses et de régimes-moteur. La consommation minimale se situe lorsque le moteur travaille à son couple maximum. Il est donc important de bien connaître les caractéristiques du couple moteur en fonction de son régime.

- Si les **travaux réalisés ne nécessitent pas toute la puissance disponible**, il est avantageux de choisir un régime moteur bas.
- Si les **travaux réalisés exigent une vitesse d'avancement fixe**, le niveau de consommation de carburant le plus faible sera atteint en choisissant un rapport de vitesses élevé et un régime moteur faible.

La **conduite optimale se situe à un régime moteur de 1600 à 1800 tours/minute** : c'est à ce régime moteur que la consommation est la plus basse.

On peut économiser au moins 10% en adoptant une conduite économe.

Une conduite économe en énergie consiste à :

- Adopter une conduite sans à-coup.
- Ne pas laisser le tracteur tourner à l'arrêt.
- Enlever les masses d'alourdissement sur route.
- Vérifier l'absence d'eau et d'impuretés dans la cuve avant la livraison du carburant.

5. Régler son matériel

- Régler la pompe à injection du moteur.
- Utiliser des outils de taille et de type adaptés à l'exploitation.
- La consommation en carburant dépend de la puissance du tracteur, de son régime moteur et de son taux de charge qui dépendent eux même des dimensions du matériel d'attacheement.
- Utiliser des outils adaptés à la puissance du tracteur.
- Il est judicieux de rechercher une cohérence entre la puissance nécessaire pour l'utilisation du matériel et la puissance disponible du tracteur.

- Optimiser la liaison tracteur-outil : position des bras de relevage et du 3ème point.

Les outils attachés au tracteur exercent des forces qui varient en fonction des modalités d'attelage. En réglant au mieux celles-ci, on peut limiter l'effort de traction, le taux de patinage du tracteur et la puissance nécessaire pour le relevage de l'outil. Le réglage du troisième point d'attelage est l'un des facteurs essentiels qui garantit une liaison tracteur-outil optimale.

- Adapter le lestage des roues du tracteur.
- Régler correctement le matériel attaché au tracteur pendant le travail.

Pour le cas particulier du labour qui est l'opération culturale la plus consommatrice d'énergie, il est possible d'optimiser la consommation en carburant en respectant les règles suivantes:

- Adapter la pression des pneumatiques. Pour les travaux de labour, les pneus sont souvent trop gonflés. Il en découle une perte d'adhérence et une usure accélérée des pneus. Il faut se reporter aux indications fournies par le fabricant de pneus. La pression est fonction de la charge appliquée sur les pneumatiques et de la vitesse de travail.
- Veiller au réglage de la profondeur de travail (relevage et roue de jauge) et au troisième point qui influence l'inclinaison de la charrue entre l'avant et l'arrière, la hauteur de relevage et la détente des stabilisateurs.
- Adapter la largeur du fond de raie à la largeur des pneus. Les pneus trop larges écrasent la raie qui vient d'être faite et provoquent un tassement de sol à ce niveau. Pour résoudre ce problème, il faut agir sur l'angle d'attaque de la charrue.
- Régler la verticalité de la charrue. Le réglage des butées de retournement permet de maintenir la charrue verticalement durant le labour. Cette position permet de faire travailler tous les corps de la même façon et évite ainsi une force de traction inutile.
- S'assurer que l'axe de la charrue est bien parallèle à celui du tracteur. Cette condition est remplie si le tracteur ne change pas de direction quand le volant est libre. Le cas échéant, il faut régler le **devers de pointe** et contrôler les stabilisateurs qui doivent laisser une certaine liberté de flottement à la charrue.

Un outil mal réglé peut entraîner une surconsommation de 50%.

6. Entretenir son tracteur et son matériel

D'une manière générale, pour garantir un entretien efficace de son matériel, on doit respecter les délais du calendrier fourni par les constructeurs. Toutefois, une attention particulière est demandée pour les points suivants :

- Entretien du tracteur
 - Nettoyer et changer périodiquement les filtres. L'encrassement des filtres à air peut engendrer une surconsommation de carburant. Il est nécessaire de les nettoyer régulièrement tout

comme les filtres à carburant ou les changer. Installer un filtre à fioul en sortie de cuve pour purifier le carburant multiplie par deux les intervalles d'entretien.

- Nettoyer le tracteur après un travail dans une atmosphère poussiéreuse.
 - Vérifier la pression des pneumatiques.
 - Nettoyer le circuit de refroidissement.
 - Purger les cuves du carburant permet d'éliminer l'eau condensée.
- Entretien des outils d'attache
- Vérifier la pression des pneumatiques.
 - Entretenir les outils et vérifier régulièrement les pièces d'usure pour les changer au bon moment.

Un entretien et des contrôles réguliers permettent jusqu'à 10% d'économie.

- Surveiller le stockage des carburants :
- Enlever le dépôt au fond des cuves tous les 5/10 ans.
 - Attendre 2 heures après la livraison avant de pomper dans la citerne.
 - Remplir le réservoir à chaud (le soir, par exemple).
 - Ne pas mettre la crépine d'aspiration trop bas.
 - Ajouter un filtre, si possible, lorsqu'il y a une pompe.
 - Surveiller les risques de fuite.

7. Faire diagnostiquer ses tracteurs

Cette démarche est une sorte de bilan de santé du tracteur qui permet de mettre en évidence les fréquents dysfonctionnements des organes d'injection du moteur. ***Jusque 10 % d'économie*** de carburant est immédiatement réalisable après diagnostic.

L'intérêt du diagnostic en termes d'économie d'énergie est très important. En effet :

- Pour des tracteurs de plus de 5 ans, le diagnostic peut conduire à effectuer des interventions préventives comme le réglage de la pompe à injection et des injecteurs ou encore le changement des filtres.
- Le diagnostic de nouveaux tracteurs permet de vérifier si les performances annoncées par le constructeur sont effectives. Dans le cas échéant, la plupart du temps, le constructeur prend à sa charge les éventuelles interventions à réaliser sur le tracteur.

Une étude menée en 2005 par la Fédération Nationale des CUMA (FNCUMA) en France sur plusieurs centaines de tracteurs a donné les résultats suivants :

- 50 % des tracteurs diagnostiqués présentent au moins une anomalie nécessitant une intervention.
- Plus d'un tracteur sur deux est suralimenté, ce qui entraîne une mauvaise valorisation du carburant.

- 40 % des tracteurs sont surpuissants et peuvent présenter une usure prématurée et une surconsommation.
- 20 % font une mauvaise combustion du carburant, donc mauvaise valorisation du carburant qui est souvent accompagnée d'émissions de gaz d'échappement au-delà des normes en vigueur.
- 50 % ont un débit de pompe différent de celui annoncé par le constructeur.

L'une des conclusions les plus importantes de l'étude est que pour un tracteur d'une puissance de 100 CV faisant 600 h / an testé et bien réglé, l'exploitant peut économiser jusqu'à 900 litres de fuel par année. D'autre part, Ce réglage évite l'émission de 3,5 tonnes de CO₂.

B. Scénario 2 : Réduire la superficie mécanisée, le nombre de passages et le nombre de tâches

Optimiser son organisation, optimiser la fréquence et la durée des tâches et adopter des pratiques simplifiées sont toutes des mesures qui permettent de réduire d'une manière significative la consommation en carburant.

- Réduire les surfaces demandant un travail du sol en introduisant par exemple des cultures capables de réaliser un pré-travail du sol grâce à leur système d'enracinement important (colza, luzerne...).
- Réduire les superficies récoltées, le transport et la distribution des fourrages en maximisant la durée de pâturage.

Les économies sur le seul poste de distribution des aliments peuvent atteindre 15 à 20% (Institut de l'Elevage – France, Collection l'essentiel, septembre 2006).

- Minimiser le nombre de passages à forte consommation de fioul : culture raisonnée, adaptation de l'assolement en fonction du risque maladie, amélioration de la portance du sol, etc.
- Rationnaliser l'implantation des ouvrages de type parc, silo, hangar à paille.
- Organiser de façon rationnelle la circulation des engins entre les parcelles et autour des bâtiments tels que les étables et les hangars.
- L'utilisation collective de matériel permet de diminuer la consommation en carburant grâce à l'utilisation d'équipements plus performants.

Des **économies d'échelle** sont possibles avec le **partage du matériel ou le travail en commun**. D'après AGRIDEA Lausanne-Suisse, une **organisation du travail optimisée, par exemple en chantiers collectifs, peut permettre d'économiser jusque 10 l de fioul/ha**.

C. Scénario 3 : Choisir un matériel de haut niveau technologique

A l'instar des constructeurs automobiles, les constructeurs de tracteurs mettent en place, sur leurs nouvelles séries, des technologies pour diminuer les consommations de carburant.

Au moment de l'achat du tracteur, il est judicieux de comparer l'efficacité de ces technologies en considérant que l'économie de quelques dizaines de grammes de carburant par kilowattheure, réalisée sur plusieurs milliers d'heures représente un gain qui se chiffre en milliers de dinars.

Des travaux réalisés par AGRIDEA en Suisse ont montré que, **pour une même puissance, la consommation entre deux tracteurs de marques différentes peut varier de 15 %, en fonction des technologies embarquées.**

Les principales tendances du marché visant à fournir des tracteurs plus économes sont :

- L'optimisation en temps réel du rapport de transmission et du régime moteur en fonction de la puissance demandée par une gestion électronique.
- Une motorisation adaptée pour utiliser de l'huile végétale pure.
- Une production d'électricité au niveau du moteur par une génératrice entraînée par le vilebrequin. L'électricité produite se substitue partiellement à de l'énergie produite par la pompe hydraulique pour alimenter les groupes axillaires sur le tracteur avec un excellent rendement.
- Possibilité d'utiliser du matériel électrique comme sur un lanceur de balles : le rendement d'un moteur électrique est de 90% et celui d'un moteur diesel est de 45%.
- L'économiseur de carburant :
- Ce système fonctionne avec de l'eau, il est installé dans le pot d'échappement et est relié à la prise d'air.

L'économie estimée est d'environ 20 % de carburant et permet également de dépolluer.

Fonctionnement de l'économiseur de carburant:

L'air ambiant est aspiré dans le bulleur pour former de l'air humide en passant dans l'eau. Cet aérosol est transformé par le réacteur en un gaz de synthèse. Ce dernier est alors mélangé à l'air, provenant du filtre à air, par le diffuseur, et est envoyé en direction de l'admission du moteur situé avant le turbo.

La combustion est améliorée, la consommation baisse. Les gaz d'échappement, partiellement dépollués, fournissent l'énergie nécessaire.

Ces technologies peuvent parfois être présentes conjointement sur le même tracteur.

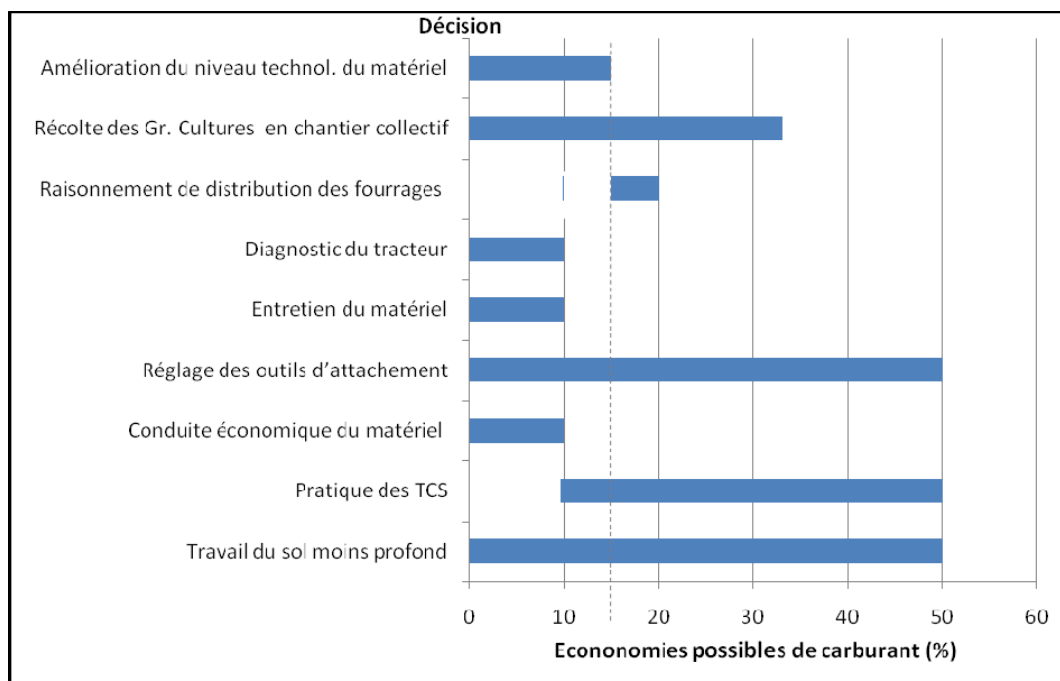
Un tracteur d'une puissance de 100 CV utilisé à raison de 500 heures par an pendant 10 ans consomme environ 100 000 litres de diesel. A partir du coût actuel du diesel, on peut aisément imaginer l'économie résultant de l'usage d'un tracteur qui consommerait 10 % de moins que ce standard.

6.1.2.3. Conclusion

L'étude a exploré les pistes possibles permettant de mobiliser ce gisement en se basant sur trois scénarios différents : i. Agir sur les conditions d'utilisation du matériel ii. Agir sur le degré de mécanisation des cultures et iii. Agir sur le niveau technologique du matériel.

Elle a montré que, pour les trois scénarios, la réduction de la consommation en carburant du matériel agricole est envisageable à plusieurs niveaux de l'exploitation.

Le graphique ci-dessous montre, tous scénarios confondus, des exemples de ces niveaux (Axe Y : Décisions) avec à chaque fois les économies en carburant qu'il est possible de réaliser (Axe X : Economies possibles de carburant).



Graphique 1 : Economies possibles de carburant sur le poste de mécanisation en fonction de la décision à prendre

De manière globale, la combinaison des choix optimaux en termes des itinéraires techniques, du matériel de traction, du mode de conduite et des réglages du matériel utilisé constitue, dans le contexte tunisien, un gisement significatif d'économie d'énergie et par conséquent de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Ces mesures, combinées ensemble, permettent des marges d'économie jusqu'à 120 l/ha qui sont possibles pour une consommation moyenne de 400 l/ha

Ainsi, dans des situations comparables, les agriculteurs les plus économes utilisent 30 % de carburant de moins que les plus consommateurs.

6.1.3. Synthèse du potentiel d'économie d'énergie dans l'agriculture

En conclusion de l'analyse précédente, le potentiel brut d'économie d'énergie est estimé à **environ 20% pour le poste irrigation** et **30% pour le poste mécanisation**. Ainsi, le potentiel d'économie d'énergie pourrait être estimé à environ 82 ktep par an (soit 28% de la consommation finale annuelle), comme le montre le tableau suivant, pour l'année 2008.

Usage	Electricité	Gasoil	Total
Irrigation	11	2	13
Engins agricoles	0	69	69
Total	11	71	82

6.2. LA PECHE

Les principaux éléments jouant sur la consommation du carburant dans le secteur de la pêche sont les suivants :

- La performance et l'état de la machine (moteur) et de la coque ;
- La stabilité du navire (plan, type, coque, ...) ;
- La zone de pêche, et de prospection de captures et l'éloignement par rapport au port d'attache ;
- Le type et catégorie d'engin de pêche ;
- La maîtrise et la conduite des équipements.

Pratiquement nous pouvons les repartir en 3 familles facteurs :

- L'état du moteur, de la technicité et de la maintenance du bateau ;
- La zone de pêche ou la pêcherie ciblée ;
- Les engins de captures et leurs besoins en énergie motrice.

6.2.1. *Concernant l'état du moteur et de la coque :*

L'effet sur la consommation de l'énergie est directe avec comme moyenne :

- Un moteur performant bien entretenu : 0,1275 l/cv-heure
- Un moteur mal entretenu ou vétuste : 0,2000 l/cv-heure

Tenant compte de ce qui précède et de l'état actuel de la flotte active nous pouvons estimer la quantité d'énergie surconsommée du fait de l'état des unités comme suit :

- Motorisation et coque des chalutiers : 68.4% bonne et 32% moyenne à médiocre ;
- Motorisation et coque des thoniers : 65 % bonne et 35% moyenne à médiocre ;
- Motorisation et coque des sardiniers : 45 % bonne et 55 % moyenne à médiocre ;
- Motorisation et coque des barques côtières : 30 % bonne et 70 % moyenne à médiocre.

Compte tenu de ce qui précède, le potentiel de réduction de la consommation d'énergie peut être évalué comme suit :

- Pour le chalutage sur 61 ktep consommées, environ 11,1 ktep sont dues à la mauvaise performance motrice.
- Pour la pêche au thon sur 3 ktep consommées, environ 0,6 ktep est dues à la mauvaise performance motrice.
- Pour la pêche au feu, sur 17 ktep consomme 5,3 ktep sont dues à la mauvaise performance motrice.
- Pour la pêche côtière sur les 12 ktep consomme 4,8 ktep sont dues à la mauvaise performance motrice.

Au total la surconsommation liée à l'état des machines de propulsion est de l'ordre de **21,8 ktep**.

6.2.2. *Concernant la zone de pêche et l'éloignement des pêcheries*

Ce sont les unités de la pêche hauturière et surtout les chalutiers qui exercent au large qui sont concernés et en particuliers ceux exerçant dans le Golfe de Gabes. Le développement du chalutage à partir des ports de Zarzis ou de Houmt Souk, et ou l'augmentation des jours de marée peuvent contribuer à un gain estimé à 7% de la consommation, soit **4,48 Ktep**.

6.2.3. *Pour les engins des captures*

C'est aussi le chalutage qui présente le créneau le plus consommateurs. Pour les chaluts usuels en Tunisie les améliorations possibles portent sur les mesures suivantes :

- L'hydrodynamisme dont l'adaptation des panneaux
- Les chaluts, avec l'utilisation des patins pour les panneaux,
- La réduction du frottement des bourrelets des chaluts benthiques,
- L'élimination des chaines, ainsi que la qualité des nappes et du cordage

Ces mesures peuvent réduire la consommation d'environ 10%, soit **6.1 Ktep**.

6.2.4. *Conclusion*

Au total, cette estimation théorique prévoit une réduction de la consommation d'environ **32 ktep** sur un total de 97 ktep relatif au secteur de la pêche et d'aquaculture, **soit près du tiers**.

7. ANNEXE

Annexe 1 : T-1- LA SUPERFICIE IRRIGABLE PAR REGION

Ha

GOUVERNORAT	SUPERFICIE IRRIGABLE			SUPRFICIE PHYSIQUE IRRIGUEE		
	PPI	P. Privé	Total	PPI	P. Privé	Total
REGION NORD	147 700	69 270	216 970	107 610	63 870	171 480
TUNIS	-	650	650	-	480	480
ARIANA	11 560	1 490	13 050	4 920	910	5 830
MANOUBA	19 600	5 730	25 330	10 900	3 640	14 540
BEN AROUS	7 410	4 380	11 790	5 590	3 670	9 260
NABEUL	23 500	24 200	47 700	22 920	26 660	49 580
BIZERETE	19 750	4 150	23 900	12 060	5 350	17 410
BEJA	17 200	5 490	22 690	15 960	4 300	20 260
JENDOUBA	34 950	2 210	37 160	24 970	1 020	25 990
KEF	2 830	8 530	11 360	2 620	7 730	10 350
SILIANA	8 080	5 160	13 240	6 640	4 540	11 180
ZAGHOUAN	2 820	7 280	10 100	1 030	5 570	6 600
REGION CENTRE	46 230	105 860	152 090	38 040	102 810	140 850
SOUSSE	8 480	3 290	11 770	5 770	2 710	8 480
MONASTIR	3 660	1 710	5 370	2 470	1 780	4 250
MAHDIA	2 350	3 160	5 510	1 520	2 440	3 960
SFAX	2 770	10 430	13 200	1 240	12 480	13 720
KAIROUAN	14 770	38 780	53 550	14 390	38 280	52 670
KASSERINE	9 000	13 490	22 490	8 330	12 990	21 320
SIDI BOUZID	5 200	35 000	40 200	4 320	32 130	36 450
REGION SUD	33 240	25 950	59 190	34 600	26 220	60 820
GAFSA	5 330	9 470	14 800	6 300	9 370	15 670
GABES	9 260	3 760	13 020	9 900	5 220	15 120
MEDENINE	420	1 720	2 140	210	1 840	2 050
TOZEUR	7 060	1 300	8 360	7 060	1 300	8 360
KEBILI	9 880	6 200	16 080	9 950	6 200	16 150
TATAOUINE	1 290	3 500	4 790	1 180	2 290	3 470
TOTAL GENERAL	227 170	101 080	428 250	180 250	192 900	373 150 *

* La superficie réellement irriguée est : 373 150 ha + 56 980 ha de cultures ou en étage soit au total 430 130 ha, (cf. T-2)

Annexe 2 : T-2- LA SUPERFICIE REELLEMENT IRRIGUEE PAR REGION
COMPTE TENU DE L'INTENSIFICATION AGRICOLE

							ha
GOUVERNORAT	C. Céréalières	C. Fourragères	C. Légumineuses *	C. Maraîchères	C. Arboricoles	C .Industrielles **	Total
REGION NORD	30 560	21 900	1 940	66 130	54 080	3 670	178 280
TUNIS	100	70	20	160	130	-	480
ARIANA	310	1 980	-	1 890	1 650	70	5 900
MANOUBA	500	1 500	30	4 410	9 200	120	15 760
BEN AROUS	740	170	-	790	7 520	40	9 260
NABEUL	2 320	1 830	1 200	26 170	17 090	2 350	50 960
BIZERETE	1 450	4 490	30	8 250	3 650	150	18 020
BEJA	6 010	3 010	60	5 850	4 630	810	20 370
JENDOUBA	12 100	4 400	410	7 660	1 290	130	25 990
KEF	1 950	1 540	30	5 130	3 210		11 860
SILIANA	3 720	2 210	-	3 110	3 500		12 540
ZAGHOUAN	1 360	700	160	2 710	2 210		7 140
REGION CENTRE	27 480	22 340	120	57 020	61 050	60	168 070
SOUSSE	110	960	-	4 590	2 990	50	8 700
MONASTIR	-	400		3 420	750		4 570
MAHDIA	-	1 180		2 140	640		3 960
SFAX	330	2 480		10 220	690		13 720
KAIROUAN	18 500	5 120	80	18 320	18 630	10	60 660
KASSERINE	3 450	3 020		4 680	14 240		25 530
SIDI BOUZID	5 090	9 180	40	13 650	23 110		51 030
REGION SUD	2 110	13 580	180	16 380	50 890	640	83 780
GAFSA	1 160	2 700	180	4 240	13 180		21 460
GABES	700	4 870		7 970	8 410	490	22 440
MEDENINE	250	240		1 160	1 600	150	3 400
TOZEUR	-	690		850	8 360		9 900
KEBILI	-	4 950		1 900	16 020		23 370
TATAOUINE	-	130		260	3 320		3 710
TOTAL GENERAL	60 150	57 820	2 240	139 530	166 020	4 370	430 130

MARH- DG/EDA : Enquête PI – 2006

*Cultures assimilées aux cultures maraîchères pour les besoins de la matrice.

** Cultures assimilées aux cultures fourragères pour les besoins de la matrice.

Annexe 3 : T-3- CULTURES REELLEMENT IRRIGUEES PAR GRANDE REGION

		Ha			
REGIONS		NORD	CENTRE	SUD	TOTAL
C.CEREALIERES	E. Electrique *	29 710	24 180	750	54 640
	Diesel	850	3 300	720	4 870
	Artésienisme **			640	640
	TOTAL	30 560	27 480	2 110	60 150
ARBORICULTURE	E. Electrique	51 260	54 960	21 170	127 390
	Diesel	2 820	6 090	11 690	20 600
	Artésienisme	-	-	18 030	18 030
	TOTAL	54 080	61 050	50 890	166 020
MARAICHAGE	E. Electrique	63 240	50 410	6 190	119 840
	Diesel	4 830	6 730	5 100	16 660
	Artésienisme	-	-	5 270	5 270
	Total	68 070	57 140	16 560	141 770
C. FOURRAGERES	E. Electrique	24 190	19 300	5 930	49 420
	Diesel	1 380	3 100	3 240	7 720
	Artésienisme	-	-	5 050	5 050
	Total	25 570	22 400	14 220	62 190
Total E. Elect.		168 400	148 850	34 040	351 290
Total Diesel		9 880	19 220	20 750	49 850
Total artésienisme.				28 990	28 990
TOTAL GENERAL		178 280	168 070	83 780	430 130

* Le taux d'électrification des exploitations agricoles est estimé respectivement à 85.5%, 85.1%, 42.2% et 75.9% pour le Nord, le Centre, le Sud et l'ensemble du pays.

** 46% des ressources en eau souterraines profondes sont artésiennes et l'irrigation s'effectue sans apport externe d'énergie.

Annexe 4 : T-4- BESOINS MOYEN EN EAU DES GROUPES DE CULTURES PAR REGION

REGIONS	NATURE DES CULTURES	BESOIN MOYEN ANNUEL m3/ha
NORD		
	Cult. Céréalières	1 500
	Cult. Fourragères	1 750
	Cult. Maraîchères	4 650
	Cult. Arboricoles	6 500
CENTRE		
	Cult. Céréalières	
	Cult. Fourragères	1 850
	Cult. Maraîchères	4 550
	Cult. Arboricoles	6 500
SUD		
	Cult. Céréalières	
	Cult. Fourragères	6 250
	Cult. Maraîchères	5 150
	Cult. Arboricoles	11 500

Annexe 5 : T-5- BESOINS MOYEN EN EAU DES GROUPES DE CULTURES PAR REGION

REGIONS	NATURE DES CULTURES	BESOIN MOYEN ANNUEL m3/ha	CONSOMMATION ENERGETIQUE En kWh/ha	En l GO/ha
NORD				
	Cult. Céréalières	1 500	390	35
	Cult. Fourragères	1 750	455	40
	Cult. Maraîchères	4 650	1 209	107
	Cult. Arboricoles	6 500	1 690	150
CENTRE				
	Cult. Céréalières	2 000	754	84
	Cult. Fourragères	1 850	697	78
	Cult. Maraîchères	4 550	1 715	191
	Cult. Arboricoles	6 500	2 450	273
SUD				
	Cult. Céréalières	2 500	815	83
	Cult. Fourragères	6 250	2 038	206
	Cult. Maraîchères	5 150	1 679	170
	Cult. Arboricoles	11 500	3 749	380

Annexe 6 : T-6- CONSOMMATION MOYENNE ENERGIE

	Types de ressources en eau	Configuration réseau	Système de pompage*				Energie finale disponible		Valeur moyenne régionale	
			Qm (l/s)	H (m)	Ef.p %	Ef.m %	Nature	kWh /m3	Electricité	Gasol en
										litre/m3
NORD IGO/m3	Barrages	Réseau collectif, haute pression	> 100	70	70-80	93	Electrique	0.273		
	Nappes Profondes	Réseau collectif, basse pression	2	60	65-75	85	Electrique	0.275	0.260 kWh /m3	0.023
	Nappes phréatiques	Irrigation individuelle, basse pression	1	30	50	60 / 80	Elect. /Gasol	0.234 kWh/m3 Ou 0.023 l GO/m3		
CENTRE IGO/m3	Barrages	Réseau collectif, haute pression.	>100	60	70-80	90	Electrique	0.242		
	Nappes profondes	Réseau collectif, basse pression	4.5	80	65-75	85	Electrique	0.366	0.377 kWh/m3	0.042
	Nappes phréatiques	Irrigation individuelle, basse pression	0.25	50	45	60/80	Elect. /Gasol	0.433 kWh/m3 ou 0.042 IGO/m3		
SUD IGO/m3	Nappes profondes	Réseau collectif, basse pression	22	70	65-75	85	Electrique	0.321		
	Nappes phréatiques	Irrigation individuelle, basse pression	0.25	35	40	60 / 80	Elect. /Gasol	0.341 kWh/m3 Ou 0.033 IGO/m3	0.326kWh/m3	0.033
	Artésienisme		50	70	-	-	Sans énergie externe			

* Qm, H, Ef.p, Ef.m sont respectivement le débit, la hauteur manométrique, le rendement des pompes et le rendement des moteurs dans les conditions moyennes régionales.

Annexe 7 : Volumes d'eau pompée au niveau des nappes phréatiques selon les Zone

GOUVERNORAT	POTENTIEL (Mm3)	EXPLOITATION (Mm3)		PUITS EQUIPES		VOLUME POMPE (Mm3)	
		1995	2005	Nb	Electrifiés (%)	Electricité	Diesel
REGION NORD	370.56	406.2	392.88	40 048	85.5 %	327.73	65.15
TUNIS	6.40		2.50	600	84.8	2.1	0.38
ARIANA	6.00		3.88	518	65.4	2.54	1.34
MANOUBA	22.00		11.10	2354	74.9	8.31	2.78
BEN AROUS	12.63	24.1	14.87	1330	91.5	13.6	1.27
NABEUL	181.00	233.5	245.00	21 309	84.8	207.76	37.24
BIZERTE	52.06	58.3	52.33	4 987	71.8	37.57	14.76
BEJA	23.40	6.2	8.29	701	85.3	7.08	1.21
JENDOUBA	14.06	12.3	11.35	2 256	99.4	11.28	0.07
KEF	25.09	28.8	21.98	2 996	81.9	18.00	3.98
SILIANA	14.72	20.5	9.87	1 465	89.0	8.78	1.09
ZAGHOUAN	13.20	8.5	11.71	1 532	91.3	10.69	1.02
REGION CENTRE	250.87	226.5	298.6	40359	85.1	257.87	40.73
SOUSSE	14.08	11.5	14.21	2 199	52.5	7.46	6.75
MONASTIR	9.43	8.7	7.59	2 425	67.7	5.14	2.45
MAHDIA	16.68	14.5	18.87	3 770	94.4	17.81	1.06
SFAX	39.28	28.6	48.12	8 616	94.3	45.38	2.74
KAIROUAN	63.50	58.1	92.1	9 084	90.0	82.89	9.21
KASSERINE	52.90	41.1	42.67	4 723	84.4	36.01	6.66
SIDI BOUZID	55.00	64.0	75.04	9 542	84.2	63.18	11.86
REGION SUD	123.88	112.4	116.03	14 284	42.2	64.05	51.95
GAFSA	33.30	37.6	34.3	4 934	81.9	28.09	6.21
GABES	23.70	23.4	28.3	2 905	36.2	10.24	18.06
MEDENINE	12.67	17.5	13.5	2 658	70.6	9.53	3.97
TOZEUR	33.58	27.0	32.3	1 851	3.6	9.69	22.61
KEBILI	5.49	1.4	0.28	175	0.3	0.08	0.2
TATAOUINE	15.14	5.5	7.32	1 761	87.7	6.42	0.9
TOTAL GENERAL	745.31	745.1	807.51	94 691	75.9	649.65	157.83