

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية الحراش - الجزائر

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE

M E M O I R E

En vue de l'obtention du diplôme de magister en Sciences Agronomiques

Département : Génie Rural

Spécialité : Hydraulique Agricole

Thème



**Contribution à la gestion de l'eau d'irrigation d'un
périmètre: Cas du périmètre irrigué Mitidja Est**

Présenté par : **Ouradi lynda**

Jury:

President:	Mr. AIDAOUA.	Professeur (E.NS.A., Alger).
Directeur de thèse :	Mme SOUAG.D.	Maître de conférences (USTHB).
Examineur :	Mr. HARTANI.T.	Maître de conférences (E.NS.A., Alger).
Examineur	Mr. CHABACA.M.N.	Maître de conférences (E.NS.A., Alger).
Examineur :	Mr MERABET.M.	Maître de conférences (E.NS.A., Alger).

Année Universitaire : 2013 – 2014

REMERCIEMENTS

Je remercie en premier lieu dieu de m'avoir donné la force et la patience de terminer ce travail

Je remercie vivement Monsieur **Aidaoui A.**, professeur au département génie rural pour de m'avoir honoré en présidant ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et mon profond respect.

*Je voudrais remercier très chaleureusement madame **Souag D.**, maître de conférences à l'USTHB, pour avoir accepté de diriger cette thèse et pour les précieux conseils qu'elle a pu me donner pour élaborer ce travail.* Sa modestie et sa compétence m'ont fait bénéficier de son savoir et de ses conseils utiles.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **Hartani T.**, professeur au département génie rural, à Monsieur **Chabaca MN.**, et à monsieur **Merabet B** maîtres de conférences au département génie rural, pour avoir bien voulu accepter de juger ce travail et pour l'intérêt qu'ils lui ont porté.

Nombreuses sont les personnes qui m'ont soutenu, ma famille, mes amies, je ne pourrais tous les citer, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

SOMMAIRE

CHAPITRE I. L'eau et sa disposition dans le monde.....	3
1. La problématique de l'eau dans le monde.....	3
2. La problématique de la maîtrise de l'eau dans les pays du Maghreb.....	6
3. Les enjeux et perspectives de la gestion de l'irrigation dans le monde.....	8
Chapitre II. La gestion de l'eau et l'irrigation en Algérie.....	12
1. Situation et bilan actuel de l'eau en Algérie.....	12
1.1. Potentialités : situation générale.....	12
1.2. La répartition des ressources en eau.....	15
1.2.1. Les ressources superficielles.....	15
1.2.2. Les ressources souterraines.....	17
1.3. La mobilisation des ressources en eau.....	18
1.3.1. Les barrages.....	18
1.3.1.1. Evolution des capacités et des Volumes régularisables des barrages	19
1.3.1.2. Evolution du taux de remplissage des barrages du centre.....	23
1.3.2. Les retenues collinaires.....	33
1.3.3. Les Forages.....	34
1.4. Répartition de la ressource entre les différents consommateurs.....	34
2. L'irrigation en Algérie.....	36
2.1. Aperçu sur l'évolution de l'irrigation en Algérie.....	36
2.1.1. Les grands périmètres d'irrigation (GPI)	37
2.1.1.1. Les périmètres anciens.....	38
2.1.1.2. Les périmètres récents.....	39
2.1.2. La petite et moyenne hydraulique (PMH)	39
2.2. La répartition des terres agricoles.....	40
2.2.1. Le littoral et les massifs montagneux.....	40
2.2.2. Les hauts plateaux.....	40
2.2.3. Le Sahara.....	40
2.3. La gestion de l'eau d'irrigation en Algérie.....	41
2.3.1. Evaluation et contraintes.....	41
2.3.2. Les programmes de développements.....	43
2.3.3. La politique hydraulique.....	44
2.3.4. La stratégie du secteur des ressources en eau.....	44

2.3.5. La politique hydro agricole actuelle (A partir du 2002)	45
2.4. L'état actuel des systèmes d'irrigations.....	45
2.5. L'évolution des superficies irriguées.....	47
2.6. Les contraintes de l'hydraulique agricole algérienne.....	48
2.6.1. Les contraintes naturelles.....	48
2.6.2. Les contraintes historiques.....	49
2.6.3. Les contraintes techniques.....	49
2.6.4. Les contraintes politico-économiques.....	50
3. Les modèles de gestion des systèmes de barrage réservoir.....	51
3.1. Les différents niveaux de la gestion des systèmes réservoirs.....	51
3.2. La complexité des systèmes.....	51
3.2.1. Les incertitudes stratégiques.....	52
3.2.2. Les incertitudes physiques.....	52
3.2.3. Les incertitudes technologiques.....	52
3.3. Les objectifs de gestion.....	52
3.3.1. La régulation des débits d'apports.....	52
3.3.2. L'irrigation.....	52
3.4. Exemple de règles de gestion.....	53
3.4.1 Règles empiriques par courbes objectifs de remplissage.....	53
3.4.2. Règles empiriques paramétrées de gestion (LEBDI et al. 1997)	55
3.5. La gestion par modélisation.....	56
3.5.1. Système dynamique déterministe et stochastique.....	56
3.5.2. Modèle déterministe de gestion d'un barrage.....	57
3.5.3. Modèle stochastique de gestion d'un barrage.....	58
3.6. Quelques modèles d'optimisation.....	69
3.6.1. Optimisation par programmation linéaire.....	60
3.6.2. La programmation linéaire stochastique pour des processus markoviens.....	61
3.6.3. Optimisation par programmation dynamique (PDS)	62
3.6.4. la relation fondamentale de l'optimisation par programmation dynamique.....	63
Chapitre III. Présentation de la région d'étude.....	67
1. Historique de la Mitidja.....	67
1.1. Période précoloniale.....	67
1.2. Période coloniale.....	67

1.3. Après l'indépendance.....	67
2. Le cadre géographique.....	68
2.1. Division géographique de la plaine de la Mitidja.....	69
3. Problèmes de la gestion de la nappe de la Mitidja.....	70
4. Description du périmètre de la Mitidja Est (Hamiz)	71
5. Caractérisation climatique de la zone d'étude.....	72
5.1. Le Diagramme Ombrothermique.....	72
5.2. Variations interannuelles.....	73
6. Topographie et sol.....	75
7. Principales ressources en eau pour le Périmètre Mitidja Est (Hamiz)	76
7.1. Le barrage du Hamiz.....	76
7.1.1. Caractéristiques du barrage Hamiz.....	76
7.1.2. La qualité de l'eau du barrage du Hamiz.....	79
7.2. Marais de Reghaia.....	79
7.3. Station de Bouréah.....	81
8. Etat actuel et potentialité hydraulique du périmètre.....	82
8.1. Le réseau d'irrigation dans le périmètre de Hamiz.....	82
8.2. Mode d'irrigation a la parcelle.....	84
8.3. Distribution de l'eau dans le périmètre.....	85
8.4. Les contraintes.....	86
9. Exploitation agricoles.....	89
9.1. Aspect foncier.....	89
9.1.1. Secteur public.....	89
9.1.2. Secteur privé.....	90
9.2. Situation actuelle par secteur.....	90
9.3. Irrigation actuelle.....	92
9.4. La superficie irriguée.....	92
9.5. Les cultures.....	95
Chapitre IV. Méthodologie de travail.....	101
1. Traitement des données.....	101
1.1. Collecte et analyse des données utilisées par le logiciel et leur homogénéisation..	101
1.1.1. Les données climatiques.....	101
1.1.2. Traitement des données pluviométriques.....	101

1.1.3. Détermination de l'année sèche, l'année humide et de l'année normale.....	102
1.1.4. Les données climatiques entrées dans le Cropwat.....	105
1.1.5. Les données liées au sol.....	106
1.1.6. Les données liées à la culture.....	107
1.1.6.1. Type de culture.....	107
1.6.2. Date de semis ou de plantation et les phases de développement.....	108
1.6.4. Le coefficient cultural (kc)	109
1.1.7. Le choix des critères de la conduite des irrigations.....	110
1.7.3. Efficience d'irrigation.....	110
2. Travail de terrain (Réalisation des enquêtes)	111
Chapitre V. Résultats et discussions.....	112
1. Calcul des besoins en eau de toutes les cultures des superficies souscrites dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est El Hamiz.....	112
1.2. Calcule de la pluie efficace.....	113
1.3. Besoins en eau culture par culture.....	114
1.4. Détermination des besoins en eau de toutes les cultures pour les secteurs liés à la zone de la plaine.....	117
1.5. Détermination des besoins en eau de toutes les cultures pour les secteurs liés à la zone de littoral.....	132
2.6. Variation interannuelle des besoins d'irrigation des cultures.....	140
2.7. Variation mensuelles des besoins en eau des différentes cultures selon les types d'année.....	142
2.7. Besoin en eau cumulée du périmètre Mitidja est.....	148
2.8 .Bilan : Besoins Globaux/ Volumes disponibles.....	150
2. Analyses et interprétation des résultats des enquêtes.....	155
2.1. Les agriculteurs.....	155
2.1.1. L'âge des agriculteurs.....	155
2.1.2. Niveau d'instruction des agriculteurs.....	155
2.2. Structure des exploitations.....	156
2.2.1. Statut juridique de l'exploitation.....	156
2.2.2. Comparaison entre les superficies irrigables et les superficies irriguées dans les exploitations enquêtées.	157
2.2.3. Les ressources hydriques des exploitations enquêtées :	158

2.2.4. Techniques d'irrigation pratiquées dans les exploitations agricoles.	160
2.2.5. Choix de technique d'irrigation dans les exploitations enquêtées	161
2.2.6. Affectations aux techniques modernes d'irrigation.	163
2.2.7. La qualité de l'eau d'irrigation	164
2.3. Système de culture pratiqué dans les exploitations enquêtées	165
2.4. Impact de la redevance sur les charges d'irrigation :	167
2.4.1. Le prix de l'eau :	167
2.4.2. Impact de la redevance sur les cultures irriguées :	170
2.6. Impact de la redevance sur les charges d'irrigation	170
2.6.1. Le prix de l'eau/m³ pratiqué dans le périmètre	170
2.6.2. Impact de la redevance sur les cultures irriguées	174
2.6.3. Impact de la redevance sur les créances de l'ONID.	175
2.6.4. Impact de la redevance sur le revenu des agriculteurs	176
Discussion général	177
Conclusion générale	183

Listes des figures

Figure1: Les différentes demandes en eau : de la plante à l'agriculteur	9
Figure 2 : Différentes échelles emboîtées de gestion quantitative de l'eau	10
Figure3 : Les dix-neuf bassins versants du pays	14
Figure 4: Les ressources en eau renouvelables réelles totales par habitant en Afrique et l'indice de dépendance de chaque pays	15
Figure 5. Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien.	19
Figure 6 : Evolution du volume de remplissage des barrages	20
Figure 7 : Moyenne de la capacité initiale 2001-2009 en %	21
Figure8 : Moyenne de la capacité estimée 2001-2009 en %	23
Figure9: évolution du taux de remplissage des barrages du Centre	26
Figure 10. Variation annuelle de l'évaporation (Mm3) dans les 39 grands barrages	29
Figure 11: Variations annuelles (Mm3) des fuites d'eau dans les 22 barrages	30
Figure 12: Evolution de l'envasement des grands barrages Algériens en exploitation en 1962.	32
Figure 13 : Consommation d'eau par secteur	35
Figure 14: Diagramme des eaux (Milliards de m ³)	35
Figure 15: Pourcentage des superficies irriguées par rapport aux superficies totales dans le nord Algérien	37
Figure 16: Évolution des tarifs d'eau d'irrigation	42
Figure 17 : Les systèmes d'irrigations pratiqués en Algérie.	45
Figure18 : Evolution des superficies irriguées en Algérie	47
Figure 19 : Zones de fonctionnement du réservoir	53
Figure 20: Variation des zones de fonctionnement au cours de l'année.	54
Figure 21: Stratégies placées dans le plan (V,Ap)	55
Figure 22: Règle de gestion empirique	56
Figure 23: Discrétisation des réservoirs par Moran	58
Figure 24. Structure du modèle d'optimisation	60
Figure 25: Position géographique de la plaine de la Mitidja en Algérie du nord.	69
Figure26 : Division géographique de la plaine de la Mitidja.	69
Figure 27: Plan de situation des périmètres de la Mitidja.	70
Figure 28 : Le périmètre de Hamiz	71
Figure29: Diagramme Ombrothermique (1968 – 2010).	72
Figure 30: Variation interannuelle de la température moyenne de l'air (1968– 2010).	73
Figure 31: Variation interannuelle des précipitations (1968 – 2010).	74
Figure 32 : Variation interannuelle des ET ₀ (1968 – 2010).	75
Figure 33: Evolution de volume mise en tête dans le périmètre de Hamiz	76
Figure 34 : Photo de la digue de barrage	78
Figure35 : Le marais de Réghaia	80

Figure 36 : Station de pompage Rhéghaia	81
Figure37: La répartition des différentes ressources selon les secteurs irrigués	82
Figure38: Présentation générale du plan de réseau d'irrigation du périmètre de Hamiz.	84
Figure39: l'état du réseau par secteur	86
Figure 40: Evolution comparative entre les volumes alloués et distribués.	87
Figure41: Evolution des volumes distribués (1938-1960)	93
Figure 42: Evolution des superficies irriguées et du nombre d'irrigants; 1938-1960	93
Figure 43 : Evolution des volumes distribués (1981 -2002)	94
Figure 44: Evolution des superficies irriguées et du nombre d'irrigants (1981 -2002).	94
Figure 45 : Evolution des superficies irriguée de l'arboriculture (1984-2002)	96
Figure 47 : Evolution des superficies irriguée de la vigne (1984-2002)	97
Figure 48 : Evolution des superficies irriguée des cultures maraichères (1988-2002)	98
Figure 49: Plan de cultures dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est	98
Figure 50 : Etude fréquentielle des pluies moyennes annuelles (sur 20 ans).	104
Figure 51: Les besoins d'irrigation unitaires des cultures dans la zone de la plaine de périmètre de Hamiz (Année normale).	119
Figure 52: Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 01 de la plaine de la Mitidja Est.	120
Figure 53 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur01.	121
Figure 54 : Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 02 de la plaine de la Mitidja Est.	122
Figure 55 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur02. Mitidja Est.	123
Figure 56 : Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 03 de la plaine de la	124
Figure 57 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur03.	125
Figure 58 : Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 04 de la plaine de la Mitidja Est.	126
Figure 59 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur04.	127
Figure 60 : Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 05 de la plaine de la Mitidja Est.	128
Figure 61 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur05.	129
Figure 62: Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 06 de la plaine de la Mitidja Est	130
Figure 63: Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur06.	131
Figure 64: Les besoins d'irrigation unitaires des cultures dans la zone de littoral de périmètre de Hamiz (Année normale)	133
Figure 61 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur05.	134
Figure 62: Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 06 de la plaine de la Mitidja Est.	135
Figure 67: Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 08 de la zone de littoral de la Mitidja Est.	136
Figure 68: Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur 08.	137

Figure 69: Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 09 de la zone de littoral de la Mitidja Est.	138
Figure 70: Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur09.	139
Figure 71. Variation interannuelle des besoins totaux en eau des différentes cultures	141
Figure 72. Variation interannuelle des besoins en eau des différentes cultures pour chaque secteur	142
Figure 73 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d'année (Mithidja Est)	143
Figure 74 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d'année (Mithidja Est : La plaine)	143
Figure 72. Variation interannuelle des besoins en eau des différentes cultures pour chaque secteur	144
Figure 73 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d'année (Mithidja Est)	145
Figure 74 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d'année (Mithidja Est : La plaine)	145
Figure 78 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : Le littoral)	146
Figure 79 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est)	147
Figure 80 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : La plaine)	147
Figure 81 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : Le littoral)	148
Figure 82 : Besoins en eau d'irrigation cumulés des cultures pratiquées dans la Mitidja Est	149
Figure 83: Besoins en eau d'irrigation cumulés des cultures pratiquées dans la Mitidja Est- plaine	149
Figure 84 : Besoins en eau d'irrigation cumulés des cultures pratiquées dans la Mitidja Est- littoral	150
Figure 85 : Comparaison entre les volumes lâchés et distribués (année 2012)	153
Figure 86 : Evolution de l'efficience du réseau d'irrigation de Mitidja Est	153
Figure 87 : Comparaison entre les besoins en eau théorique et les volumes distribués du barrage Hamiz et du lac de Réghaïa	154
Figure 88 : Comparaison entre les volumes distribués et besoins en eau cumulés (année 2012)	155
Figure 89: Evolution des bilans hydrologiques (2004 - 2010).	157
Figure 90 : Bilan hydrologique mensuel du barrage de Hamiz (2004-2010) et les besoins en eau mensuelle d'irrigation du périmètre de la Mitidja Est.	158
Figure 91: Comparaison entre les superficies irrigables et les superficies irriguées	162
Figure 92: Origine de la ressource en eau dans les exploitations enquêtées.	164
Figure 93: Les techniques d'irrigation utilisées par les exploitations enquêtées.	165
Figure 94: Choix des agriculteurs en fonction des techniques d'irrigation	167
Figure 95: Estimation de la qualité de l'eau d'irrigation selon les agriculteurs enquêtés.	168

Figure 96: Les systèmes de cultures dans les exploitations enquêtées.	169
Figure 97: Le plan de culture de chaque exploitation enquêtée.	170
Figure 98: Les avis des agriculteurs enquêtés vis-à-vis le prix de l'eau agricole.	171
Figure 99: La part de l'irrigation dans les charges des exploitations.	174
Figure 100: Les cultures les plus affectées par l'augmentation du prix de l'eau agricole selon les agriculteurs enquêtés.	175
Figure101 : Impact de la redevance sur les créances de l'ONID.	176

Liste des tableaux

Tableau 1: Les différentes problématiques, échelles et acteurs de la gestion quantitative de l'eau.	11
Tableau 2 : Volumes d'eau fournis par les différentes ressources	13
Tableau 3: Répartition des précipitations sur le territoire national, unité (mm/an).	13
Tableau 4 : les zones hydrologiques ou bassins versants algériens	14
Tableau 2 : Volumes d'eau fournis par les différentes ressources	16
Tableau 3: Répartition des précipitations sur le territoire national, unité (mm/an).	18
Tableau 4 : les zones hydrologiques ou bassins versants algériens	19
Tableau 8: moyenne annuelle de la capacité initiale des barrages algériens (2001-2009)	21
Tableau9 : Moyenne annuelle de la capacité estimée des barrages algériens (2001-2009) en %	23
Tableau10: Taux de remplissage des barrages du Centre (mars 1998 et mai 2000)	24
Tableau 11: Evolution du taux de remplissage des barrages du Centre (2001-2009)	27
Tableau 12 : Apport liquide au niveau de certains barrages	27
Tableau13:Répartition mensuelle de l'évaporation au niveau de certains barrages (en hm3)	28
Tableau 14: Apports de certains barrages	31
Tableau 15: Barrages affectés par la pollution	31
Tableau 16 : Liste des barrages les plus envasés d'Algérie.	32
Tableau17: Evolution de l'envasement de certains barrages	33
Tableau 18: Les grands périmètres Algériens réalisés avant 1962	38
Tableau 19 : Les grands périmètres Algériens réalisés après 1962	39
Tableau 20:Les potentialités en terres et terres irriguées des quatre régions	41
Tableau 21: Consommation en eau selon le mode d'irrigation	46
Tableau22 : Situation actuelle des systèmes d'irrigation	47
Tableau23 : Caractéristiques du barrage du Hamiz :	78
Tableau24: La qualité de l'eau du barrage du Hamiz	80
Tableau25: réseau d'irrigation du périmètre de Hamiz.	84
Tableau26 : Doses d'irrigations officielles de l'OPIM par type de culture (m ³ /ha)	86
Tableau 27 : Evolution des volumes distribués et superficies irriguées de l'année2002 jusqu'à 2012	88
Tableau 28 : Répartition de la superficie des EAC et du privé par classe de superficie des unités	89
Tableau 29 : Répartition de la superficie par secteur et par type d'exploitation	91
Tableau 30 : Superficies irriguée, volumes d'eau distribuées et le nombre d'irriguant avant et après la	95
Tableau 31 : Les précipitations mensuelles de la série climatique Dar El Beida (1990-2010).	102
Tableau 32 : Calcul des probabilités de pluie	103
Tableau 33 : Calcul des probabilités 20, 50 et 80% de pluie.	104

Tableau 34: Les pluies moyennes mensuelles de l'année sèche (80%), normal (50%) et humide (20%)	105
Tableau 35: Les 5 données climatiques entrées dans le Cropwat (Exemple pour l'année sèche)	106
Tableau 36 : Les profondeurs d'enracinement des principales cultures	107
Tableau 38 : Superficies irriguée dans le périmètre irrigué d'EL Hamiz selon les différents secteurs	108
Tableau 39 : Synthèses des données liées aux cultures	109
Tableau 40 : L'évapotranspiration (mm/j) dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est El Hamiz	112
Tableau 41: Pluie efficace mensuelles de l'année humide dans le périmètre irrigué de Hamiz.	113
Tableau 42: Pluie efficace mensuelles de l'année normale dans le périmètre irrigué de Hamiz	114
Tableau 43: Pluie efficace mensuelles de l'année sèche dans le périmètre irrigué de Hamiz	114
Tableau 44 : Besoins nets en eau d'irrigation d'un hectare moyen de la tomate en année normale et par	115
Tableau 45: Récapitulatif des besoins en eau unitaires en année normale de la zone de la plaine du	118
Tableau 46 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 01	121
Tableau 47: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 02	123
Tableau 48: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 03	125
Tableau 49: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 04	127
Tableau 50: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 05:	129
Tableau 51 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 06	121
Tableau 52: Récapitulatif des besoins en eau unitaires en année normale de la zone de littoral du	132
Tableau 53 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 07	136
Tableau 54 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 08	137
Tableau 55 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 09	139
Tableau 56. Superficie irriguées et souscrite des 9 secteurs d'étude	140
Tableau 57 : Comparaison des volumes distribués et des besoins théoriques calculés, de 2007 à 2011 au	151
Tableau 58 : Volumes lâchés et distribués par semaine (campagne d'irrigation 2012)	152
Tableau 59: Comparaison entre le volume distribué et les besoins en eau d'irrigation par secteur pour l'année 2012.	155
Tableau 59: Comparaison entre le volume distribué et les besoins en eau d'irrigation par secteur pour l'année 2012.	155
Tableau 60 : Distribution d'âge des agriculteurs enquêtés	160
Tableau 61: Niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés.	161
Tableau 62: Répartition des exploitations selon le statut juridique.	161
Tableau 63: Le recours à l'eau de la nappe et/ou de l'oued dans les exploitations enquêtées.	163
Tableau 64: Les techniques d'irrigation utilisées par les exploitations enquêtées.	164
Tableau 65: Choix des agriculteurs en fonction des techniques d'irrigation.	166
Tableau 66: Productions liées aux techniques modernes d'irrigation au niveau des 168exploitations	168
Tableau 67: Les charges d'irrigation dans les exploitations enquêtées.	172
Tableau 68: Charges de production pour un hectare d'agrume en production	173

ملخص

إن الهدف من هذا العمل هو المساهمة في تسيير المحيط المسقي للحميز. لأجل ذلك قمنا بتحديد احتياجات المزروعات من مياه السقي لسهل المتيجة (المنطقة الشرقية). بينت أهم النتائج أن كمية المياه الكلية اللازمة لتلبية احتياجات المزروعات للمنطقة المدروسة هي 9.5 هـ³ وذلك لمساحة مسقية تقدر ب 2001 هكتار بالنسبة لسنة عادية، منها 7.9 هـ³ مخصص لسهل الحميز أي ما يعادل 80 % من الاحتياجات الكلية للمنطقة، حيث يعد القطاع رقم 5 الأكبر استهلاكاً للماء بقيمة تقدر ب 1.6 هـ³. في المقابل نلاحظ أن، الكمية المستهلكة لساحل الحميز تقدر ب 1.9 هـ³، حيث يعتبر القطاع رقم 9 الأقل استهلاكاً للماء وذلك بنحو 0.43 هـ³. من جهة أخرى لاحظنا أن الكمية الكلية الممنوحة من طرف شبكة السقي للحميز (8.9 هـ³) غير كافية لتلبية الطلبات المقدرة لمحيط السقي وهذا ما يدفع بالفلاحين لإيجاد البدائل والمتمثلة في استغلال المياه الجوفية.

الكلمات الأساسية

المتيجة شرق – الحميز- الاحتياج المائي للسقي- التسيير العقلاني

Résumé

Le périmètre de Hamiz a fait l'objet de notre présente étude. Les besoins en eau d'irrigation des cultures ont été calculés pour la zone de Mitidja Est, ce qui représente une première étape pour une gestion rationnelle. Les principaux résultats montrent que le volume total nécessaire pour couvrir les besoins d'irrigation des cultures de périmètre de Hamiz (Mitidja-Est) est de 9.5 Hm³ pour une superficie irriguée de 2001 ha en année moyenne avec 7.9 Hm³ pour la plaine de Hamiz soit 80% des besoins totaux. Le secteur 05 de la plaine est le secteur le plus consommateur en eau d'irrigation avec un maximum de 1608367 m³ par contre la zone de littoral de périmètre ne consomme que 1.9 Hm³ où le secteur 09 du littoral est le secteur qui présente une consommation en eau d'irrigation la plus faible avec 430100 m³. Le volume total d'eau fourni par le réseau du Hamiz est loin de satisfaire les demandes estimées dans le périmètre ce qui fait que la majorité des agriculteurs font recours à l'eau de la nappe.

Mots clés

Mitidja Est, Hamiz, Besoin en eau d'irrigation, gestion rationnelle.

This study aims to estimate the irrigation water demand from the downstream agricultural area of Mitidja Est which is the first step for a rational management water. The principal results show that total volume necessary to meet the needs for irrigation of the cultures of perimeter of Hamiz (Mitidja-Est) is 9.5 Hm³ for an irrigated surface of 2001 ha with 7.9 Hm³ for the plain of Hamiz is 80% of the total needs. Where the sector 05 is more consumer of water irrigation with a maximum of 1608367 m³ on the other hand the zone of littoral perimeter consumes only 1.9 Hm³ where sector 09 of the littoral is the sector which presents a weakest water consumption of the irrigation with 430100 m³. The total quantity of water given to the perimeter by the network of Hamiz is far from satisfying the demand water irrigation. With the result that the majority of the farmers make recourse to the water nonrenewable.

East Mitidja- Hamiz- Irrigation water requirements- Rational management

Introduction

L'eau est une matière très précieuse au point d'être appelée « or bleu ». Or ce n'est pas tant sa valeur en tant que denrée ou produit qui compte mais en tant que source de vie. Son utilisation a varié dans ses formes au cours des temps. Aujourd'hui, les concurrences s'aiguisent entre les différents utilisateurs de l'eau (agriculture, industrie, villes) et partout l'accroissement de la demande en eau potable et industrielle est résolu au détriment de l'agriculture. Le problème de la raréfaction de cet élément à travers la planète et avec le temps se pose fortement. Il est donc logique et sensé de poser le problème de sa gestion et de sa préservation.

Dans les pays méditerranéennes, notamment les pays du Maghreb, l'agriculture est confrontée à un déficit hydrique important qui n'a pas pu permettre une offre suffisante en produits agricoles. L'agriculture irriguée est à la fois le principal consommateur de l'eau.

D'après la Banque Mondiale, l'Algérie se classe parmi les pays les plus pauvres en potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté qu'elle a fixé à 1 000 m³ par habitant et par an.

Une gestion rationnelle et rigoureuse de l'eau dans le domaine agricole s'avère donc nécessaire. Une des premières solutions pour économiser l'eau dans ce domaine consiste à piloter la demande, c'est-à-dire, optimiser les apports, en fonction des besoins réels de la culture à un moment donné de son développement en tenant compte des conditions environnementales.

Le prix de vente de l'eau d'irrigation est fixé et imposé par les pouvoirs publics et ne représente qu'une valeur dérisoire qui ne couvre pas les charges réelles des organismes de gestion des périmètres d'irrigation. Ceci les a entraîné dans des problèmes lourds sur le plan financier et institutionnel et a découragé tout progrès pour l'amélioration de leurs services auprès des agriculteurs irrigants et pour l'entretien de l'infrastructure hydro agricole.

Dans notre étude et afin de gérer rationnellement les irrigations dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est El Hamiz, nous avons déterminé les besoins en eau des cultures pratiquées dans la région du périmètre irrigué de la Mitidja Est. La détermination de ces besoins en eaux des cultures été faite par le biais du logiciel CROPWAT8.0, et pour ce la les données climatiques fournies par l'ONM de la station de Dar El-Beida ont été analysées.

Nous avons voulu savoir :

Quel est le volume qu'il faut solliciter pour couvrir la totalité des besoins en eau pour l'irrigation de l'ensemble des cultures d'un périmètre irrigué comme El Hamiz ?

Quel est le niveau de satisfaction des besoins en eau comparés aux ressources hydriques ?

La présente étude a pour objectifs de :

- Caractériser la demande climatique de la Mitidja Est à travers l'évapotranspiration de référence (ET_o),
- Procéder à une analyse fréquentielle des pluies (détermination de l'année sèche et l'année humide et l'année normale),
- Calculs des besoins en eau (maximums ET_m, et d'irrigation) mensuels pour les principales cultures dans le périmètre, en année normale, sèche, et humide,
- Etablir le bilan de consommation en eau des cultures de du périmètre de la Mitidja Est El Hamiz.
- De faire des enquêtes sur terrain pour savoir si l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation, incite les agriculteurs à introduire des systèmes de culture plus rentable et s'ils adoptent des techniques d'irrigation économes en eau.

Notre travail est divisé en :

1^{ère} partie : Etude bibliographique qui nous permet de maîtriser les principales parties qui constituent l'essentiel de notre étude et qui permet de mieux comprendre les bases sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour la réalisation de notre travail.

2^{ème} partie : Matériel et méthodes, elle regroupe toutes les informations utiles sur la zone d'étude, donc du périmètre irrigué, ainsi que la méthodologie du travail.

3^{ème} partie : Résultats et interprétation où nous finalisons notre étude en présentant les résultats obtenus et interprétant les résultats de nos enquêtes, pour la région de la Mitidja Est El Hamiz.

CHAPITRE I. L'eau et sa disposition dans le monde

Introduction

L'eau devient rare non seulement dans les régions arides et les secteurs prédisposés à la sécheresse mais également dans les régions où les précipitations sont abondantes: la pénurie de l'eau concerne la quantité de ressource disponible et la qualité de l'eau, parce que la ressource en eau dégradée deviennent indisponible pour des conditions plus rigoureuses.

1. La problématique de l'eau dans le monde

La valeur moyenne de ressource en eau renouvelable est estimée à 42784 Km³/an dans le monde, les plus importantes ressources se trouvent en Asie et en Amérique de sud avec respectivement 13510 et 12030 Km³/an. Les plus faibles ressources estimée à 2900 et 2404 Km³/an se trouvent en Europe, Australie avec l'Océanie.

Les besoins fluctuent d'un pays à un autre en relation avec le niveau de vie, les habitudes et surtout les conditions climatiques locales. Ils varient entre 20 l/jour à 500 l/j. Selon les spécialistes de l'UNESCO (**UNICEF, 2002**), quand la dotation décline au-dessous de 1000 m³/habitant et par an (tous usages confondus), l'eau devient rare et on parle de pénurie. Entre 1000 et 2000m³/an/habitant, la situation est caractérisé par un stress hydrique (**Zella et Samadhi, 2005**)

En Europe occidentale, la totalité des ressources hydriques internes annuellement renouvelables avoisines les 2000 milliards de mètres cubes avec une disponibilité moyenne annuelle par habitant par an de 4600 mètres cubes mais, 15% de la population en particulier dans la région méditerranéenne, dispose de ressources insuffisantes et doit faire face à de sérieux problèmes dans les années de faibles précipitations

Ainsi, les experts estiment que 6% de la population de l'Europe méditerranéenne dispose d'une quantité d'eau insuffisante d'environ 1000 m³/habitant/an.

Si l'eau est abondante, elle n'est pas répartie uniformément sur la terre. L'eau est, en outre, irrégulièrement répartie d'une année à l'autre ou d'une saison à l'autre, plus de 60% de débit annuel mondial (**Peter et Gleick, 2004**).

Les pays les plus riches en eau (France, Turquie, Italie, ex-Yougoslavie) cumulent les deux tiers des ressources (825 sur 1189Km³/an). D'autre pays, tels que Malte, Jordanie, Libye, sont en dessous du seuil de pénurie (<500 m³/habitant/an), (**ONU, 2006**).

Au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, « les ressources en eau disponibles par habitant baissent progressivement en dessous de seuil de pénurie de 1000 m³ / habitant /an », (**Moelle, 2004**), et pour la FAO, plus de 30 pays où vivent 250 millions d'habitants et situés essentiellement dans le monde arabe, sont aujourd'hui confrontés à une pénurie chronique (**Mutin, 2000**). Environ 18% seulement de la population bénéficie d'une disponibilité comprise entre 1000 et 2000 mètre cubes par habitant et par an (catégorie faible). Néanmoins, certains pays dont l'Algérie ne dispose que moins de 500 m³/habitant/an, (**Mouhouche et Guemraoui, 2004**), la Tunisie moins de 500 m³/habitant/an, (**Al Atiri, 2004**), et le Maroc un peu plus de 1013 m³/habitant/an (**Filali, 2004**).

Neuf pays se partagent 60% des ressources en eau naturelle du monde (40000 km³/an). Les zones arides et semi-arides du globe qui constituent 40% de la superficie continentale ne bénéficient que de 2% du ruissellement.

A l'échelle mondiale, la consommation est répartie entre agriculture (75%), industrie (20%) et l'eau potable domestique (5%). Ces chiffres sont des ordres de grandeurs (moyennes) utilisées par les institutions internationales et ne constituent nullement des références de précision et de fiabilité pour des études locales. L'agriculture française consomme à peine 12% alors que pour un pays ayant une agriculture traditionnelle, la consommation dépasse les 90% (**UNICEF, 2002**).

L'agriculture irriguée, qui consomme aujourd'hui environ 70 % du volume total d'eau douce utilisée par l'homme, a eu de graves conséquences sur l'environnement, telles que la salinisation, la baisse des niveaux phréatiques, l'engorgement des sols et la dégradation de la qualité de l'eau. La gestion des ressources naturelles concerne les processus et les pratiques en matière d'affectation et d'utilisation de celles-ci. Une gestion durable tire le meilleur parti possible des ressources naturelles pour satisfaire les besoins de subsistance actuels, tout en maintenant et en améliorant le stock et la qualité des ressources naturelles pour les générations futures.

La gestion durable des ressources naturelles est essentielle pour lutter contre la pauvreté sur deux principaux fronts. Premièrement, elle doit permettre de répondre aux besoins nutritionnels à long terme de la population mondiale. Deuxièmement, la gestion intégrée des ressources naturelles contribue à lutter contre la pauvreté en améliorant les possibilités de revenu pour les agriculteurs pauvres et leurs communautés locales.

Plusieurs projets de recherche sont actuellement à l'essai et des nombreux rassemblements dédiés à cet enjeu majeur, nous citons à titre d'exemple :

Le cinquième forum mondial de l'eau, en 2009 à Istanbul. Face au défi de l'eau, l'OCDE a choisi dans ce forum de faire cause commune avec d'autres organisations internationales, les gouvernements, les milieux d'affaires et la société civile, et voici le résumé des principaux messages présentés :

1. Une application plus effective de la gestion intégrée des ressources en eau serait souhaitable pour faire face à la concurrence grandissante pour l'accès à l'eau entre l'agriculture, les autres usages et la satisfaction des besoins environnementaux ; cela nécessite une meilleure information.
2. Dans les pays de l'OCDE comme dans les pays en développement, des investissements nettement plus importants sont nécessaires pour atteindre les objectifs d'action relatifs à l'eau et, surtout, ceux relatifs à l'assainissement, ainsi que pour concrétiser les avantages économiques, sociaux et environnementaux dont ils sont porteurs.
3. Une meilleure gouvernance peut optimiser les besoins d'investissement, favoriser une utilisation plus rationnelle des ressources existantes, rendre le secteur de l'eau mieux à même d'attirer des financements et canaliser les efforts de l'ensemble des parties prenantes, secteur privé compris ; cela passe entre autres par une amélioration de la surveillance réglementaire, des incitations et de la responsabilité des opérateurs de services liés à l'eau, qu'ils soient publics ou privés.
4. Une planification financière stratégique faisant appel tout à la fois à la tarification, aux taxes et aux transferts – les « trois T » – constitue un outil important pour parvenir à un accord sur les objectifs d'investissement dans le domaine de l'eau et de l'assainissement, ainsi que sur la façon dont ils seront atteints ; elle peut aussi contribuer à mobiliser des sources de financement supplémentaires.
5. Une tarification bien conçue est essentielle pour parvenir à un recouvrement durable des coûts; elle doit être établie de façon transparente, en tenant compte des conditions locales et en prenant les mesures nécessaires pour faire en sorte que les couches pauvres et vulnérables de la population aient accès de manière durable, et à un coût abordable, à l'eau potable et aux services d'assainissement.

6. Les flux d'aide dans le secteur de l'eau devraient continuer d'augmenter et désaccorder avec les stratégies développées par les pays bénéficiaires ; ils devraient être utilisés de façon stratégique pour compléter et appuyer les efforts déployés par les pays en développement pour atteindre les objectifs relatifs à l'eau et l'assainissement, et contribuer ainsi à la réalisation de plusieurs des Objectifs du Millénaire pour le développement.

7. La crise financière actuelle est source de risques, mais elle est aussi l'occasion de renforcer les engagements à l'égard du secteur de l'eau et d'investir dans les infrastructures de l'eau dans le cadre des programmes de relance budgétaire.

2. La problématique de la maîtrise de l'eau dans les pays du Maghreb :

En Afrique du Nord, les pays du Maghreb – Algérie, Libye, Maroc, Mauritanie, Tunisie – se trouvent dans une région aride à semi-aride avec un climat saharien dans la partie sud, océanique dans la partie ouest et méditerranéen dans la partie Nord. La partie centrale du Maghreb, constituée par le Maroc, l'Algérie et la Tunisie regroupait déjà 65 millions d'habitants en l'an 2000 et plus de 72 millions en 2010. Une population regroupée pour plus des deux tiers sur les cotes méditerranéennes et atlantiques du nord de la région.

Dans ces pays la vie des populations est très liée au climat et ses fluctuations. L'économie est très dépendante de l'eau, de l'agriculture, du tourisme, du littoral. Ceci est particulièrement frappant pour le Maroc et la Tunisie.

Les données climatiques relevées dans la région durant le 20ème siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée les 30 dernières années. Ces données montrent aussi une augmentation nette de la fréquence des sécheresses et inondations. Ainsi on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle à cinq à six années de sécheresses en dix ans actuellement

Pour ce qui est du secteur de l'eau, Les ressources en eau renouvelables sont de l'ordre de 61 milliards de m³/an. La dotation en eau annuelle par personne, qui était de 879,9 m³/an en 1994, est actuellement passée à 771,9 m³/an, et diminue rapidement pour atteindre le seuil de pénurie en eau absolue vers l'an 2030. Alors qu'on estime qu'il faut en moyenne 1 100 m³ d'eau/an pour répondre aux besoins de chaque habitant, tous les pays du Maghreb sont très loin de pouvoir répondre à ces besoins (**Filali, 2004**).

Les l'analyse faite au niveau du Maghreb a mis en relief les risques suivants :

- Diminution probable des écoulements des eaux;

- Modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur l'efficacité de certains aménagements hydrauliques et agricoles;
- Augmentation de l'évapo-transpiration et donc de la salinité des eaux;
- Baisse du niveau des nappes et augmentation de la salinité des eaux souterraines côtières; et des eaux de surface plus chaudes, moins aérées, à débits plus réduits et donc moins capable de diluer et de biodégrader certaines pollutions.

Les crises de l'eau dans ces pays nécessitent une planification à long terme et une bonne et efficace maîtrise de la demande en eau plutôt que de la ressource car dans la majorité de ces pays, les consommations en eau avoisinent les ressources mobilisables dont : 30 milliards de m³ annuellement mobilisable au Maroc, 4,56 milliards de m³ en Tunisie, 14,32 milliards de m³ en Algérie et 0,60 milliards de m³ en Lybie (**Filali, 2004**). Avec une population estimée à 80 millions d'habitants.

L'eau est un facteur déterminant dans le développement au le Maghreb, d'où sa gestion est nécessaire, des politiques et des actions d'adaptation s'imposent déjà :

- Mobilisation des eaux conventionnelles non mobilisées à ce jour (ceci concerne le Maroc et l'Algérie, la Tunisie ayant pratiquement tout mobilisé);
- Développement du recours aux eaux non conventionnelles (eaux usées, dessalement, recharge artificielle);
- Dépollution des systèmes hydriques et épuration des eaux usées avant leur rejet (dans ce domaine le Maroc a un grand retard);
- Recours aux techniques d'économie d'eau en particulier en agriculture et choix de cultures moins consommatrices d'eau;
- Application des principes préleveur-payeur et pollueur-payeur;
- Sensibilisation et éducation des citoyens à la valeur de l'eau dans cette région.

Pour y faire face des actions conjoncturelles sont menées : Il faudrait maintenant que ces actions s'intègrent dans une politique globale d'adaptation du pays en particulier du secteur de l'eau à cette nouvelle donnée.

3. Les enjeux et perspectives de la gestion de l'irrigation dans le monde

Dans les pays de climat tempéré, l'agriculture pluviale suffit en théorie à la croissance des plantes et l'irrigation joue sans plus un rôle de régulation. Mais dès que les saisons sèches atteignent une certaine durée et que la hauteur des précipitations est insuffisante, l'agriculture pluviale n'autorise que de maigres récoltes, blé dur méditerranéen, sorgho ou mil africain. Seule, l'irrigation permet alors d'étoffer la gamme des plantes cultivées, d'en assurer le cycle végétatif et d'accroître les rendements.

Les superficies irriguées sont près de 277 Millions d'hectares dans le monde, sur 1,6 Milliards d'hectares de terres arables au totales (FAO, 2002). Elles produisent près du tiers (1/3) de la production alimentaire mondiale (FAO 2003). Dans le centre des Etats-Unis, le rendement du maïs passe de 5 t/ha en agriculture pluviale à 11 t/ha en système irrigué et les écarts de rendement sont encore plus forts pour le blé dur ou le sorgho. Dans l'Afrique sahélienne, l'irrigation permet de substituer aux faibles rendements du mil (0,8t/ha), la culture du blé ou du maïs, plus nourrissants et aux rendements plus élevés.

Ces données expliquent le succès de l'irrigation et le passage de 50 millions d'hectares irrigués en 1950 à 280 millions d'hectares en 2005 (dont 160 millions d'hectares pour l'Asie) pour un total de 1,6 milliards d'hectares de terre cultivés à cette date.

Ainsi, l'irrigation est un secteur vital sur le plan économique et social, contribuant fortement à la sécurité alimentaire. En 30 ans, les surfaces irriguées en France ont alors été multipliées par trois. Depuis le début des années 2000, les surfaces ont eu tendance à se stabiliser voire même à présenter une légère réduction après 2003. Les raisons telles que les fortes sécheresses récurrentes, les modifications de la PAC, la périurbanisation ou les pressions sociales peuvent être avancées (Darses, 2007).

Outre la sécurité alimentaire et les impératifs de productivité et de compétitivité, l'une des préoccupations majeures des pouvoirs publics dans le domaine agricole est d'assurer le développement d'une agriculture durable, qui produit plus en quantité et en qualité, mais aussi qui sauvegarde les ressources naturelles et protège l'environnement. Il s'agit en effet de l'un des buts essentiels recherchés à travers la nouvelle stratégie du développement de l'irrigation, notamment l'économie et la valorisation de l'eau en irrigation, qui permettra de mieux rationaliser l'utilisation des ressources en eau, de limiter la surexploitation des nappes

phréatiques, de protéger l'environnement contre les effets néfastes de l'irrigation et de réduire la demande énergétique du secteur de l'irrigation.

Pour bien comprendre la question de l'irrigation, il est important de bien définir ce qu'on appelle les prélèvements en eau d'irrigation par les agriculteurs (**Figure1**).

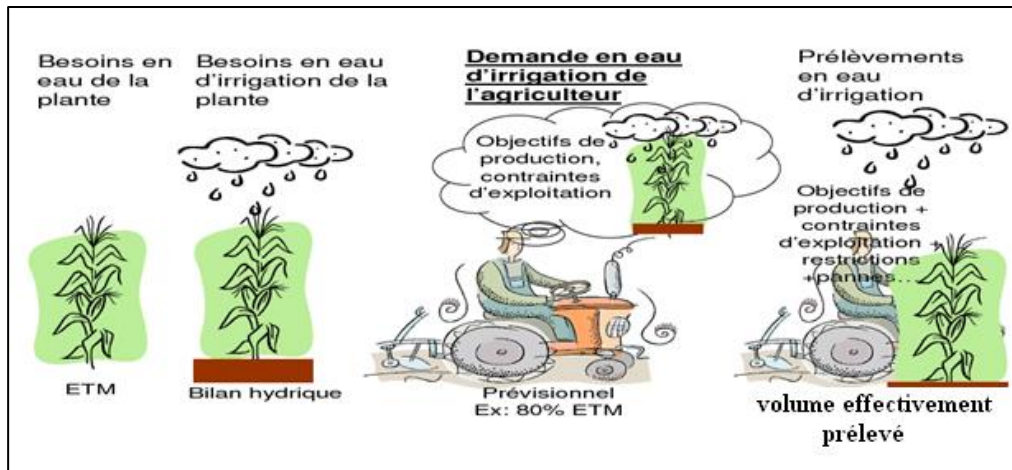


Figure1: Les différentes demandes en eau : de la plante à l'agriculteur (Maton, 2006).

1) Pour satisfaire la demande évaporative de l'atmosphère, un peuplement végétal dans une parcelle est susceptible d'évapotranspirer en bonnes conditions hydriques une certaine quantité d'eau. Il s'agit de l'ETM (Evapotranspiration Maximale) ;

2) Le climat permet un certain apport d'eau (pluies, rosées et brouillards). Le sol, qui peut être vu comme un réservoir plus ou moins bien rempli, fournit également de l'eau. Les besoins en eau d'irrigation sont alors la différence entre l'ETM et les apports du climat et du sol ;

3) L'agriculteur peut avoir des stratégies de production qui ne sont pas obligatoirement d'irriguer à 100% d'ETM. Il peut choisir pour des raisons diverses (économiques, de temps de travail, d'équipement) d'irriguer à 60 ou 80% de l'ETM. Une raison très simple est qu'il est impossible à l'agriculteur d'irriguer tous les jours au complément de l'ETM : le matériel utilisé en grandes cultures ne le permet pas ;

4) Finalement, l'agriculteur va demander une certaine quantité d'eau d'irrigation, mais celle-ci pourra être réduite du fait de différentes pannes ou restrictions (arrêtés préfectoraux de restriction de pompage en période d'étiage). Cette dernière valeur correspond aux prélèvements d'irrigation des agriculteurs.

La gestion de l'irrigation peut être vue à plusieurs échelles de temps et d'espace (**Figure2**). A chacune de ces échelles, des questions sont posées et des acteurs différents sont mobilisés (**Tableau1**).

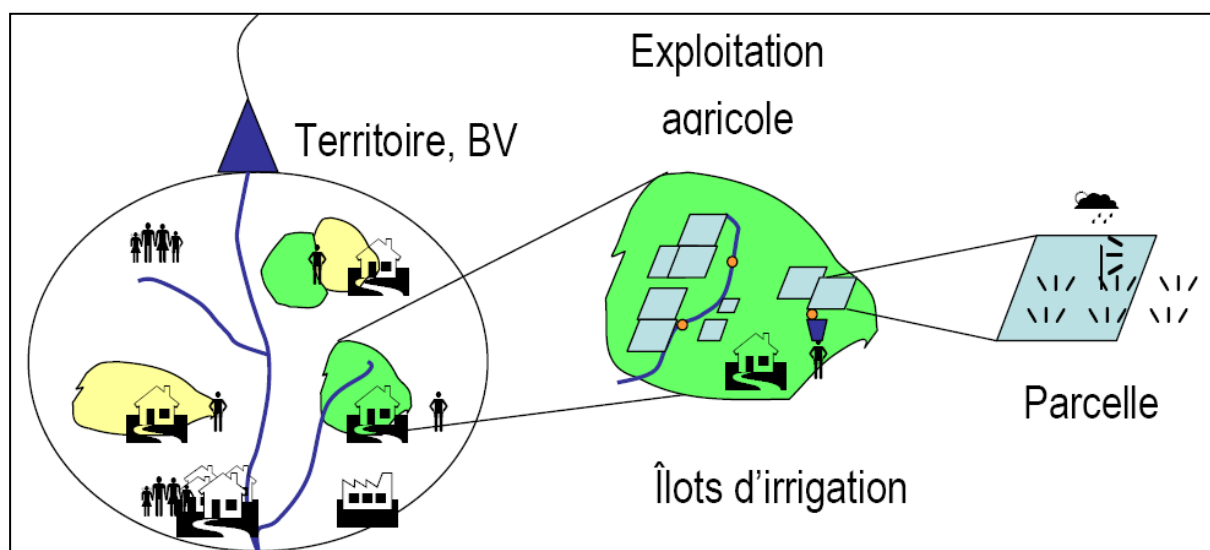


Figure 2 : Différentes échelles emboîtées de gestion quantitative de l'eau (Leenhardt et Trouvat, 2004)

Tableau 1: Les différentes problématiques, échelles et acteurs de la gestion quantitative de l'eau.

Quels problèmes ?	A quelle échelle d'espace ?	A quelle échelle de temps ?	Pour quels secteurs ?
<p>Irriguer</p> <p>Quand débiter</p> <p>Quelle dose apporter et à quelle fréquence ?</p> <p>Que faire en cas de pluie</p>	Bloc d'irrigation, exploitation	Mise en oeuvre du plan d'action au cours de la campagne d'irrigation	L'agriculteur irrigant
<p>Fournir de l'eau</p> <p>Aux irrigants en quantité voulue et à l'endroit voulu</p>	Périmètre irrigué	Gestion annuelle	Le prestataire de service gestionnaire de la ressource
<p>Préserver ou conforter la ressource en eau</p> <p>Pour divers usages (eau potable, irrigation, industrie, salubrité)</p>	Région, département, Bassin hydrographique	Planification à long terme	L'administration, les collectivités territoriales (Etat, Agence de l'eau, Conseils Régionaux et généraux,...)

Conclusion

Avec la raréfaction des ressources en eau, les effets du changement climatique et l'augmentation exponentielle des besoins en eau douce, la concurrence autour de la ressource s'accroît. Les pénuries d'eau, la mauvaise gestion et la généralisation de la pollution sont les causes des problèmes de santé. Elles limitent le développement économique et surtout agricole et portent atteinte à tout l'écosystème.

Chapitre II. La gestion de l'eau et l'irrigation en Algérie

Introduction

L'Algérie se trouve dans la case des pays les plus pauvres en matière de ressource en eau en, mal répartie dans l'espace avec une forte disparité entre l'Ouest du pays (région riche en plaines mais mal arrosée) et l'Est (région montagneuse où s'écoulent les principaux oueds). Les précipitations sont très irrégulières elles sont souvent sous forme d'averses qui causent parfois des inondations, à noter aussi les fortes évaporations causées par la chaleur, qui provoquent la sécheresse surtout aux mois de l'été.

1. Situation et bilan actuel de l'eau en Algérie

En Algérie, la population est tous jour en augmentation, elle était estimée à 23 millions en 1987; 28 en 1995; 32 en 2000; et de 39 en 2010; avec une consommation potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³. Face à cette augmentation démographique et aux autres problèmes qui touches les ressources en eau dans ce pays, le recours à l'analyse et à la bonne gestion de l'eau est nécessaire pour répondre aux besoins.

La superficie du territoire algérien couvre 2, 381,740 km² rien que 15% de cette dernière reçoit 90% des écoulements superficiels qui se trouvent concentrés dans les bassins versants du nord, dits tributaires de la Méditerranée dont la superficie n'est que de 123.000 Km³ (**Ajabi, 2005**). Les ressources en eau en Algérie sont définies comme l'ensemble des écoulements superficiels (oueds) et souterrains (nappes). Seulement 80% de ces ressources sont renouvelables (70% pour les eaux de surface et 10% pour les eaux souterraines) et elles se concentrent dans la partie nord du pays. Dans la partie sud, les ressources souterraines sont considérables, mais par contre, elles ne sont que très peu renouvelables (**Imache, 2003**).

1.1. Potentialités : situation générale

Du fait de son appartenance géographique à la zone aride et semi-aride, l'Algérie est soumise à des conditions physiques et hydro climatiques défavorables. En effet, depuis 1975, un abaissement graduel de la pluviométrie s'est manifesté dans la région ouest avant de s'étendre à l'ensemble du pays. Le déficit pluviométrique par rapport à la moyenne est d'environ 30%. Les ressources en eau en Algérie étaient estimées à environ 11,667 milliards m³/an, où la part des eaux de surface est de 10,150 milliards m³/an et 1,517 milliards m³/an pour les eaux souterrains

avec un indice de dépendance de 3.6%. Les écoulements superficiels sont essentiellement concentrés dans la frange septentrionale du pays, s'étend sur environ 300 000 km², soit 13 % de la superficie du pays. Les régimes hydrographiques dans cette zone soumis à un régime climatique méditerranéen semi-aride, sont caractérisés par l'extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des apports en eau, la violence et la rapidité des crues et l'importance des transports solides. Schématiquement, les ressources en eau superficielles décroissent du Nord au Sud, au fur et à mesure que croissent les ressources en eau souterraines. Les eaux des surfaces figurent pour 32 % du bilan alors qu'elles constituent 80 % des ressources globales (**Loucif, 2002**).

Malheureusement, vu qu'une faible partie seulement de cette eau est mobilisée, 72% des volumes d'eau consommés annuellement en Algérie proviennent des forages.

Selon l'Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), les volumes d'eau utilisés s'élèvent à environ 4 milliards de m³ par an, soit près du quart du potentiel, la répartition de ces volumes, selon l'origine de la ressource est représentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Volumes d'eau fournis par les différentes ressources (ANRH, 1993)

	Millions de m ³	%
Barrage de régulation	932	24
Lacs collinaires	28	1
Puits et forages	2044	51
Sources, prises au fil de l'eau	950	24
Total	3954	100

Avec une précipitation moyenne de 89 mm/an (représente un volume de 211,5 milliards m³/an), dont 11,667 milliards m³/an. Ces précipitations sont aussi inégalement réparties; allant de l'Est à l'Ouest elles connaissent une régression importante (**Tableau 3**).

Tableau 3: Répartition des précipitations sur le territoire national, unité (mm/an)

Région	Ouest	Centre	Est
Littoral	400	700	900
Atlas tellien	600	700-1000	800-1600
Hautes plaines	250	250	400

Le découpage de l'Algérie du nord en différentes régions repose sur les critères suivants :

- Les caractéristiques géographiques et naturelles des régions ;
- Le groupement des bassins versants et sous bassins hydrographiques entre lesquels existent des nécessités de transfert (**Remini, 2005**).

Le territoire national est actuellement subdivisé en cinq régions hydrographiques regroupant les 17 bassins versants du pays (**Figure3**).

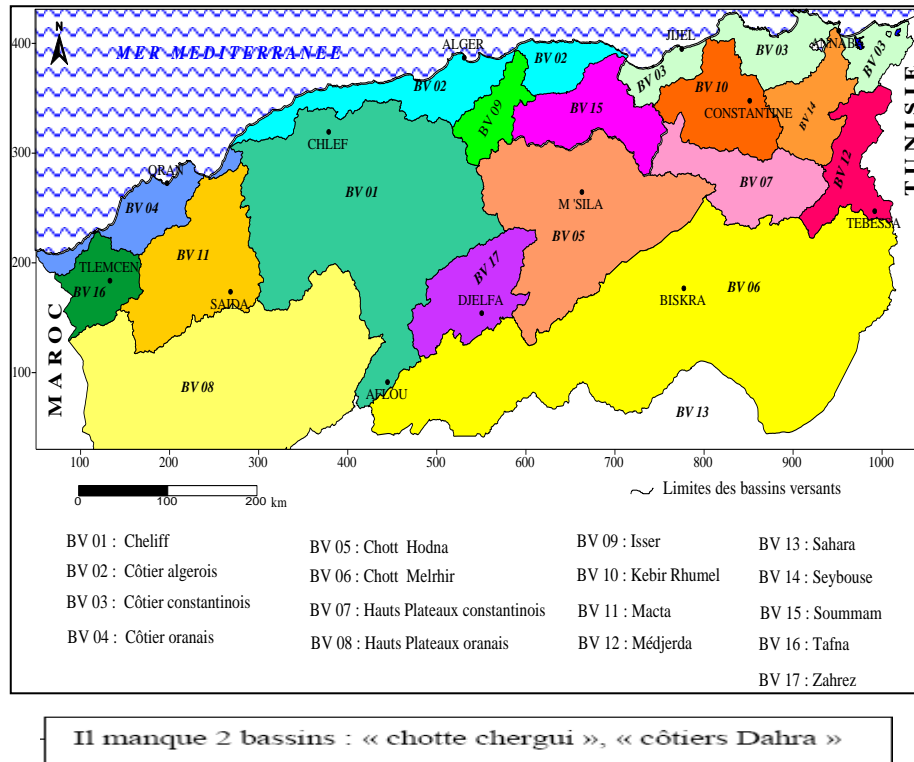


Figure3 : Les dix-neuf bassins versants du pays

Tableau 4 : les zones hydrologiques ou bassins versants algériens

Code	Bassin versant	Superficie en (km ²)	Code	Bassin versant	Superficie en (km ²)	Code	Bassin versant	Superficie en(km ²)
1	Cheliff	43.750	7	H.plateaux constantinois	9.578	13	Sahara	2.087.991
2	Côtiers algérois	11.975	8	H.plateaux oranais	49.370	14	Seybouse	6.475
3	Côtiers constantinois	11.570	9	Isser	4.149	15	Soummam	9.125
4	Côtiers oranais	5.831	10	Kebir	8.815	16	Tafna	7.245
5	Chott Hodna	25.843	11	Macta	14.389	17	Zahrez	9.101
6	Chott Melghir	68.751	12	Medjerda	7.785			

L'Algérie se trouve dans la case des pays les plus pauvres en matière de ressource en eau en Afrique et dans le monde avec seulement 361 m³/an/hab. (Figure 04).

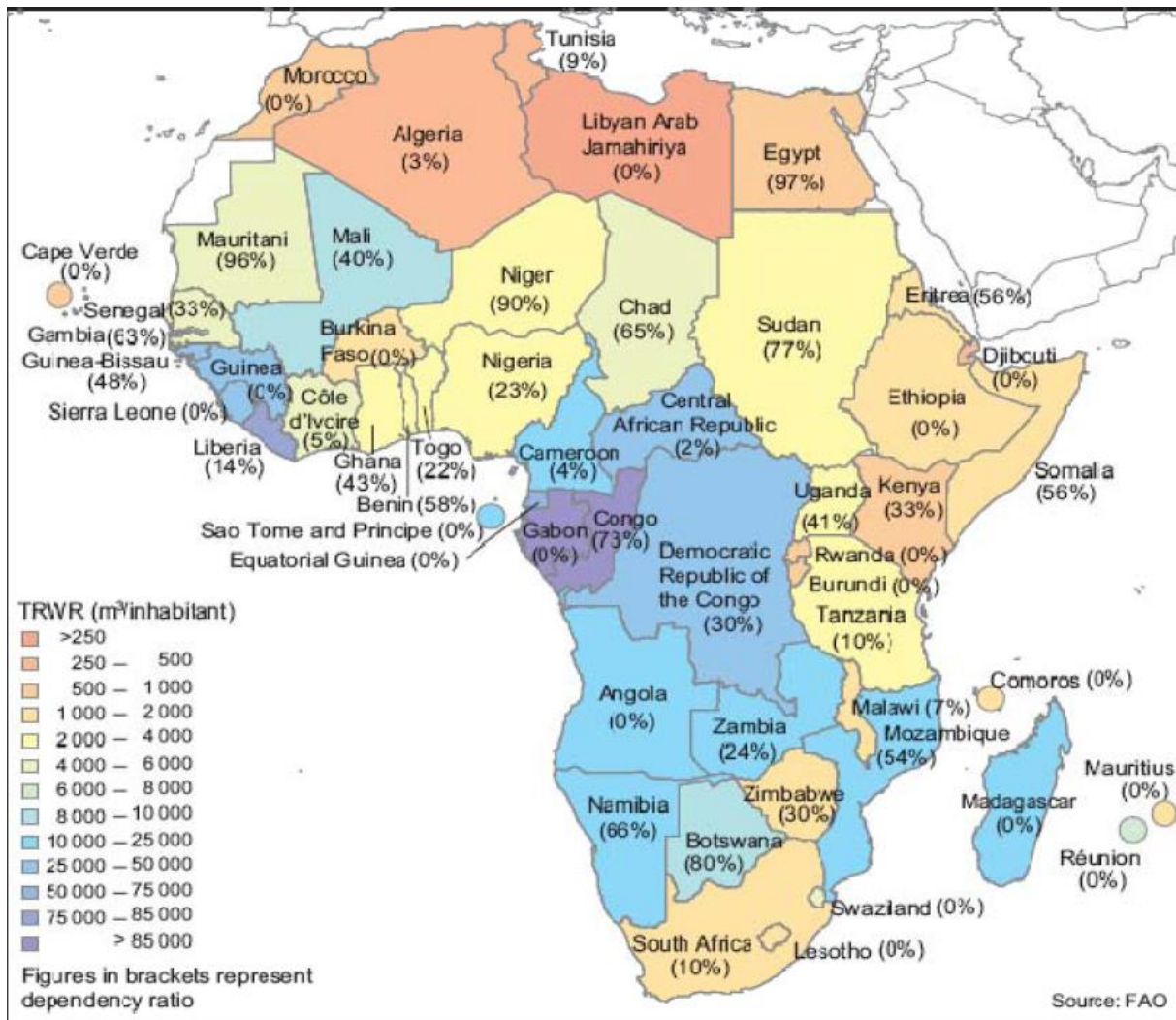


Figure 4 : Les ressources en eau renouvelables réelles totales par habitant en Afrique et l'indice de dépendance de chaque pays

1.2. La répartition des ressources en eau

1.2.1. Les ressources superficielles

Les ressources en eau dépendent évidemment du climat, à la fois dans leur répartition spatiale et dans l'évaluation de leur bilan saisonnier ou annuel. Les eaux superficielles sont, pour leur plus grande part, entraînées, par ruissellement et par écoulement torrentiels, vers la mer ou les dépressions fermées ; Les débits sont irréguliers dans l'année avec des étiages nuls et des crues de courtes périodes mais violentes, causant une érosion à l'amont et des inondations à l'aval. L'irrégularité inter-annuelle est aussi marquée. Les besoins en eau ont tendance à être à forte

composante saisonnière : l'irrigation, la population, ainsi que la part du tourisme concentré dans les zones littorales concourent à déterminer une forte saisonnalité des utilisations de l'eau. A l'inverse de la variabilité saisonnière des ressources : les demandes en eau sont maximales quand les ressources sont minimales. Ce déphasage entre le régime des ressources et des demandes se produit également à l'échelle inter-annuelle, ce qui accentue les risques de pénurie conjoncturelle. Pour atténuer ce déséquilibre, une meilleure gestion de la ressource en eau est impérative. Ces écoulements de surface qui constituent les deux tiers des ressources du pays avaient été estimés pendant la période coloniale à 15 milliards dem³. Pour les bassins tributaires de la Méditerranée (123.000 km²), c'est-à-dire sans tenir compte des bassins qui dépendent des chotts. Dans les études menées dans le cadre du Plan National de l'Eau (ANRH et DGAIH) et qui intègrent des années de sécheresse (jusqu'à 1993), ce potentiel est revu à la baisse puisque les ressources en eau de surface ont été, cette fois - ci évaluées à 12,350 milliards de m³ répartis par bassin hydrographique (**Tableau 5**)

Tableau 5 : Répartition spatiale des eaux de surface (Ajabi 2005).

Régions	Apports moyens (Hm ³)	Apports contrôlés (Hm ³)	Taux de mobilisation%	Apports résiduaire (Hm ³)
Oranie Chott Chergui	988	461	47	527
Chélif Zahrez	1605	1145	71	460
Algérois Hodna Soummam	4587	2383	52	2204
Constantinois Seybouse	4527	2542	56	1985
Sud	600	170	28.26	430
Totaux	12307	6700	54.44	5606

Au plan spatial, les ressources en eau sont concentrées dans les bassins côtiers, qui reçoivent 11,1 milliards de m³ (90,2 %) de l'écoulement total, celles des hautes plaines ne sont estimées qu'à 0,7 milliards de m³ (5,7 %) et enfin les bassins sahariens entrent pour 0,5 milliards de m³ (4,1 %). Ces eaux superficielles sont deux fois plus importantes à l'Est qu'à l'Ouest où se

trouvent les terres les plus fertiles. En valeur relative, seuls 1,7 milliards de m³ (13,82 %) étaient régularisés dans les années 1980 pour passer à 6,44 milliards de m³ (52,35 %) en 2009.

Ces chiffres sont en fait la capacité théorique des barrages qui sont soumis à des réductions importantes en raison de l'envasement, des fuites et de la forte évaporation notamment en cas de sécheresse prolongée.

1.2.2. Les ressources souterraines

Au regard des ressources mobilisables existantes, les prélèvements exercés sur les ressources hydriques apparaissent comme importants. Ils ont été estimés à près de 4.2milliards de m³ dont 78 % issus des nappes souterraines (**Ferrah et Yahiaoui, 2004**). Les potentialités en eaux souterraines directement exploitables sont évaluées, par les services techniques de l'ANRH et par la DGAIH, à 1,8 milliards de m³ dans la région Nord. Ces ressources sont relativement faciles à mobiliser et sont, aujourd'hui, exploitées à plus de 90%. A l'inverse des ressources en eaux souterraines situées dans le Sud, les réservoirs du Nord du pays sont renouvelables, ils concernent au total 126 nappes principales. Les ressources en eau souterraines du Nord du pays connaissent un niveau de surexploitation avancé. Dans le sud, les ressources en eau souterraines sont beaucoup plus importantes et sont contenues principalement dans des aquifères, qui s'étendent, pour certains, au-delà même des frontières algériennes : il s'agit des nappes du Continental Intercalaire (CI) ou nappe albienne, et du Complexe Terminal (CT). Les réserves théoriques des deux aquifères sont estimées à près de 60.000 km³. Les volumes emmagasinés dans ces deux aquifères sont énormes, mais ils ne sont que très peu renouvelables pour ne pas dire qu'ils sont fossiles. Les nappes du Sahara septentrional sont exploitées à hauteur de 5 milliards de m³ par an, ce qui porte le total des ressources en eau exploitables (souterraine et superficielle à 6,8 milliards de m³. La répartition par région hydrographique des eaux souterraines se présente comme suit (**Tableau 6**) :

Tableau 6 : Répartition des ressources souterraines (millions de m³) (Ajabi, 2005)

Bassin hydrographique	Oranie Chott Chergui	Cheliff Zahrez	Algérois Hodna Soummam	Cons Mallegue Seybouse	Sud	Total
Ressources disponibles	375	231	745	543	5000	6894

Ressources exploitées	284	333	720	276	1400	3013
Taux de mobilisation	75%	144%	97%	80%	28%	43.70%

1.3. La mobilisation des ressources en eau

1.3.1. Les barrages

Depuis 1962, de nombreux barrages ont été réalisés, 57 barrages sont aujourd'hui en exploitation dont 16 barrages destinés pour l'irrigation d'une capacité de 869 millions de m³, et 23 barrages mixtes (AEP, Irrigation et Industrie) d'une capacité de 3.6 milliards de m³ ; 14 ouvrages sont en construction, 63 barrages en étude de faisabilité, 16 barrages en étude d'avant-projet détaillé (**Figure5**).

Les barrages ont été longtemps le principal vecteur disponible en matière de domestication des eaux superficielles ; La mobilisation de ces eaux par les grands barrages se fait comme suit :

- ◇ Région Ouest : 14 Barrages
- ◇ Région Chélif : 11 Barrages
- ◇ Région Centre : 10 Barrages
- ◇ Région Est : 19 Barrages

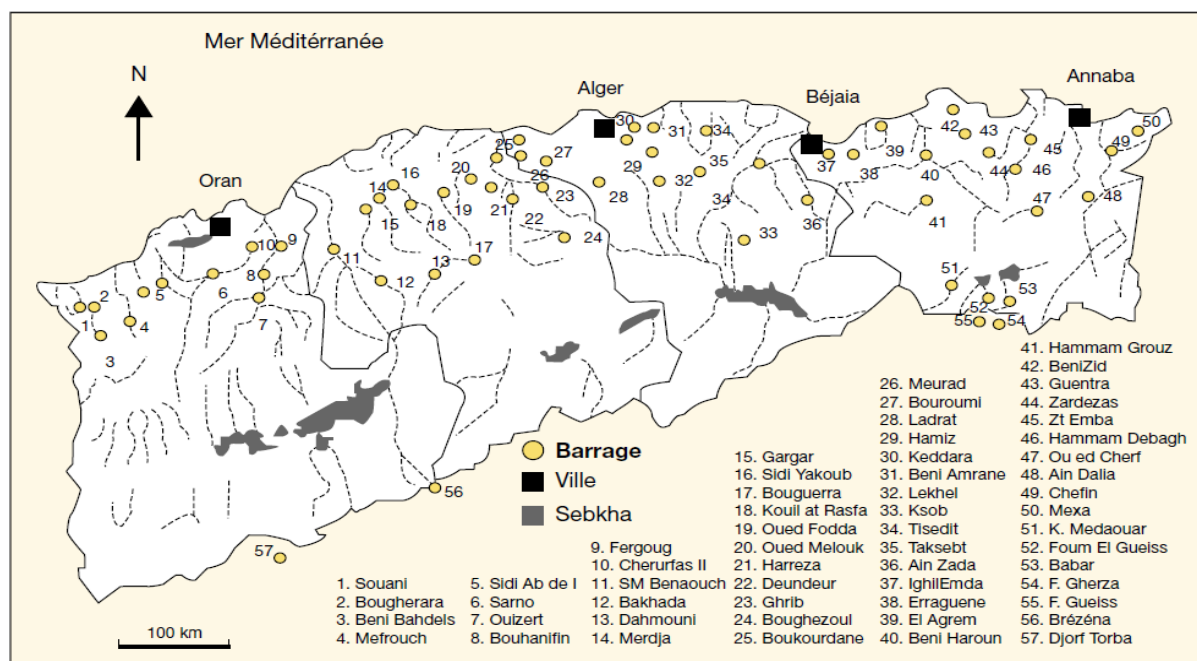


Figure 5. Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien.

Le tableau 7 donne les principales indications sur ces barrages :

Tableau 7 : Principales indications sur les barrages (Ajabi, 2005).

Désignation		Ouest	Chélif	Centre	Est	Total
Capacité (Million/m ³)	Initiale	1727	1323	782	2399	6233
	Actuelle	1045	1045	757	2276	5721
Apports annuels		1278	667	778	1776	4500
Volumes régularisés/an		623	376	474	959	2432
AEP (Million/m ³)		222	121	340	685	1368
Irrigation (Million/m ³)		401	255	134	274	1064

1.3.1.1. Evolution des capacités et des Volumes régularisables des barrages

Selon les statistiques officielles, fournies par l'ANBT mais non actualisées, les barrages ont déjà perdu 510 hm³ (passant de 6447 hm³ de capacité initiale à 5938 hm³ de capacité estimée), à partir de là et en se basant sur les chiffres officiels de l'envasement qui est estimé à 2 ou 3 % par an, le volume emmagasiné en 2009 doit être amputé de 120 hm³ annuellement durant

les 9 années, ce qui donne un envasement effrayant de plus d'un milliard de m³ (dans l'hypothèse de 2 %/an) pour les 57 barrages. On peut ainsi dire, sans exagération aucune, que si rien n'est envisagé pour limiter ce phénomène, somme toute naturel, l'avenir (dans le moyen et long terme) hydraulique de l'Algérie est fortement compromis d'autant plus que les sites susceptibles "d'accueillir" les barrages se font de plus en plus rares. Etant intimement lié à la pluviométrie, le remplissage des barrages est généralement moyen à médiocre. Le graphe ci - après (2001-2009) montre que le volume des barrages n'a atteint et dépassé les 3 milliards de m³ (50 % de la capacité estimée) que durant la dernière année(2009).

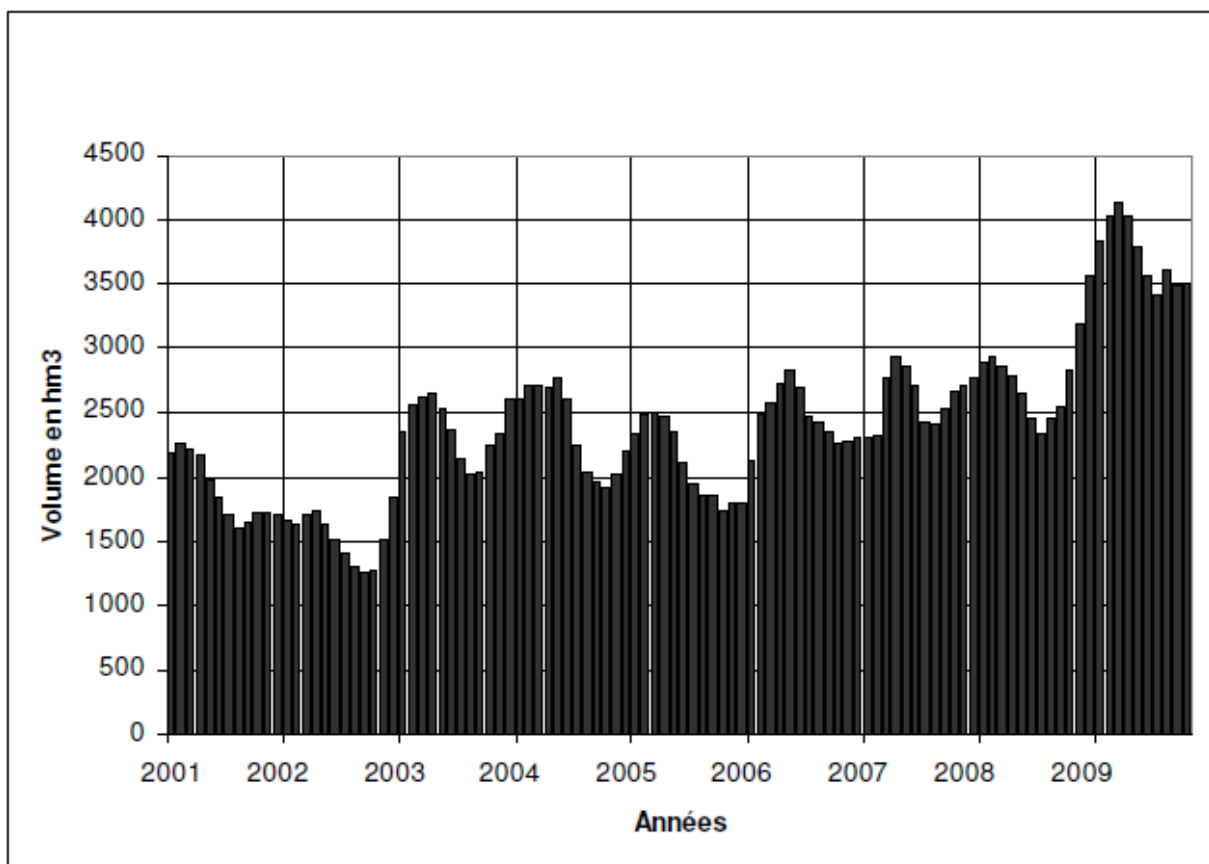


Figure 6 : Evolution du volume de remplissage des barrages

Tableau 8: moyenne annuelle de la capacité initiale des barrages algériens (2001-2009) en % (ABHCSM, 2009)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	moyenne
Ouest	30.50	27.03	24.53	21.39	13.48	17.82	18.82	22.91	52.11	25.4
Est	37.13	31.91	68.04	64.12	65.67	63.40	60.80	56.19	65.79	57.01
Cheliff	39.32	28.59	31.87	29.23	16.96	20.93	20.67	21.67	43.94	28.13
Centre	32.09	24.78	55.72	58.25	55.42	51.87	54.53	54.04	57.02	49.3
moyenne	34.76	28.08	45.04	43.25	37.88	38.5	38.71	38.70	54.72	39.96

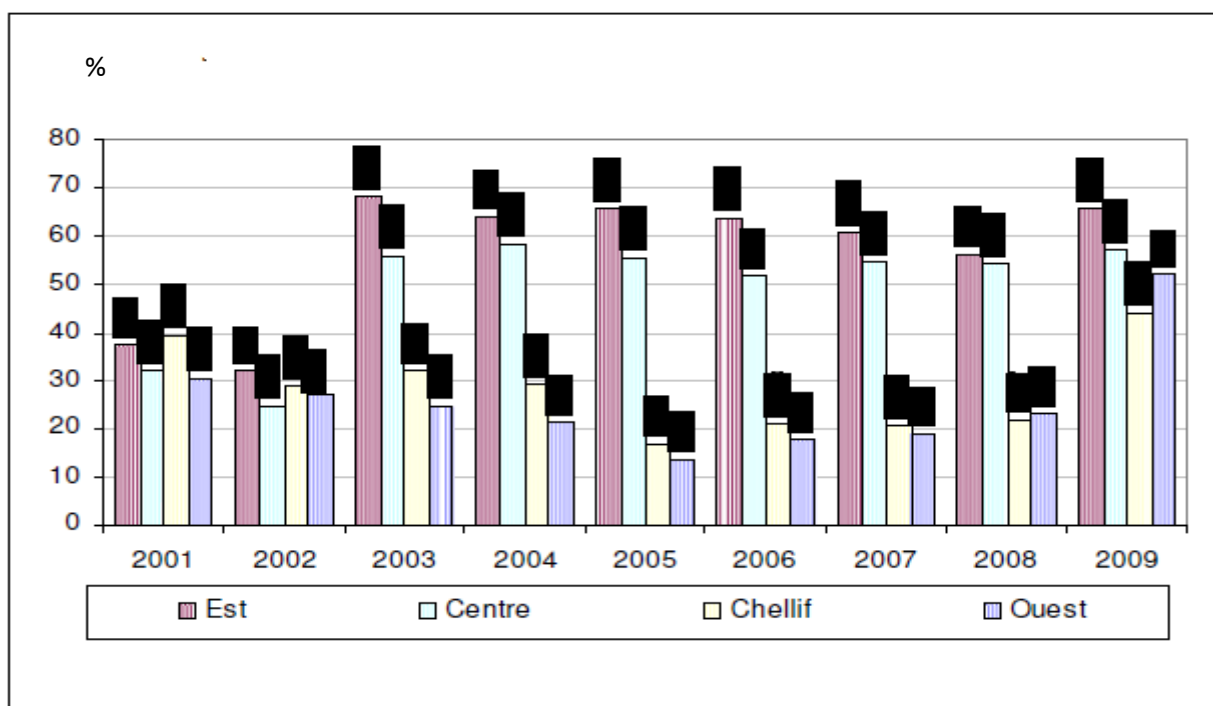


Figure 7 : Moyenne de la capacité initiale 2001-2009 en %

Les 48 barrages que comptait le pays en 2001 ont enregistré une chute importante entre mai et Août passant de 49,9 % à 37,5 %. Si, les barrages de l'Est et du Centre se remplissaient considérablement entre 2002 et 2003, passant respectivement de 36 à 73 % et de 29 à 62 % (Plus que du simple au double) et ceux du Cheliff passaient modestement de 35 à 39 %, les barrages de l'Ouest, eux chutaient de 33 à 28 %.

Le remplissage a été médiocre durant l'année 2002 avec seulement 33,74 % de capacité estimée; heureusement pour le pays, qui comptait déjà sur une réserve, plutôt, confortable en 2001 avec 42 %, sinon le recours à l'importation de l'eau aurait été inévitable. En revanche, l'année 2003 a été celle de la reconstitution des réserves puisqu'un bond important a été enregistré (53,73 %). Il fallait attendre 2009 pour voir le volume atteindre le record de la période étudiée (2001-2009) avec 60,20%. En 2002, donc, beaucoup de barrages ont connu un rabatement important de leur niveau. Paradoxalement, les barrages de l'Ouest ont connu leur meilleur taux de remplissage en 2001 (près de 37 %) et 2002 (33,45 % de capacité estimée), quand ces années ont été les moins bonnes pour les barrages du Centre (avec 37 et 29 %) et de l'Est (44 et 36 %). Ce n'est que vers la fin de 2002 que la situation s'améliora pour ces derniers. En effet, du 1 au 7 décembre 2002, si les barrages algériens ont reçus 215 hm³, 84 % de ce volume a été enregistré au niveau des barrages de l'Est et du Centre. L'ouest et le Cheliff ont du attendre 2009 pour établir le record avec, près de 56 % pour le premier et près de 52 % pour le second quand le Centre atteint plus de 61 % et l'Est plus de 71 %. L'année 2003 a été particulièrement bénéfique pour les barrages algériens puisqu'ils avaient dépassé le seuil symbolique des 50 % du taux de remplissage.

Notons que l'analyse globale fait ressortir que le meilleur remplissage a été enregistrée en 2009 pour l'ensemble des régions. Cependant, des différences sont à souligner; 2009 pour l'Ouest avec près de 56 % et le Cheliff pour près de 52 %, 2003 pour l'Est avec 73 % et 2004 pour le Centre avec 68 %. La décroissance Est Ouest est donc confirmée puisqu'on retrouve par ordre : l'Est, le Centre et loin derrière l'Ouest et le Cheliff avec des taux qui se rapprochent.

Le taux de remplissage connaît également une décroissance apparente et évidente à partir des mois de juin et juillet suite aux diminutions sensibles des précipitations, aux ponctions estivales qui sont importantes et à l'évaporation intense. La courbe reprend son ascension à partir du mois de novembre qui correspond à l'arrivée des premières pluies d'automne.

Tableau9 : Moyenne annuelle de la capacité estimée des barrages algériens (2001-2009) en % (ABHCSM, 2009)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	moyenne
Ouest	36.93	33.45	28.66	27.31	18.29	21.79	20.82	25.76	55.94	29.88
Est	44.02	36.08	73.06	69.92	70.13	68.69	65.52	60.26	71.66	62.15
Cheliff	49.85	35.63	38.89	37.76	20.71	23.46	23.06	24.65	51.67	33.96
Centre	37.61	29.78	62.30	68.07	60.58	55.92	58.62	57.98	61.52	54.71
moyenne	42.10	33.74	50.73	50.76	42.43	42.46	42.00	42.16	60.20	45.18

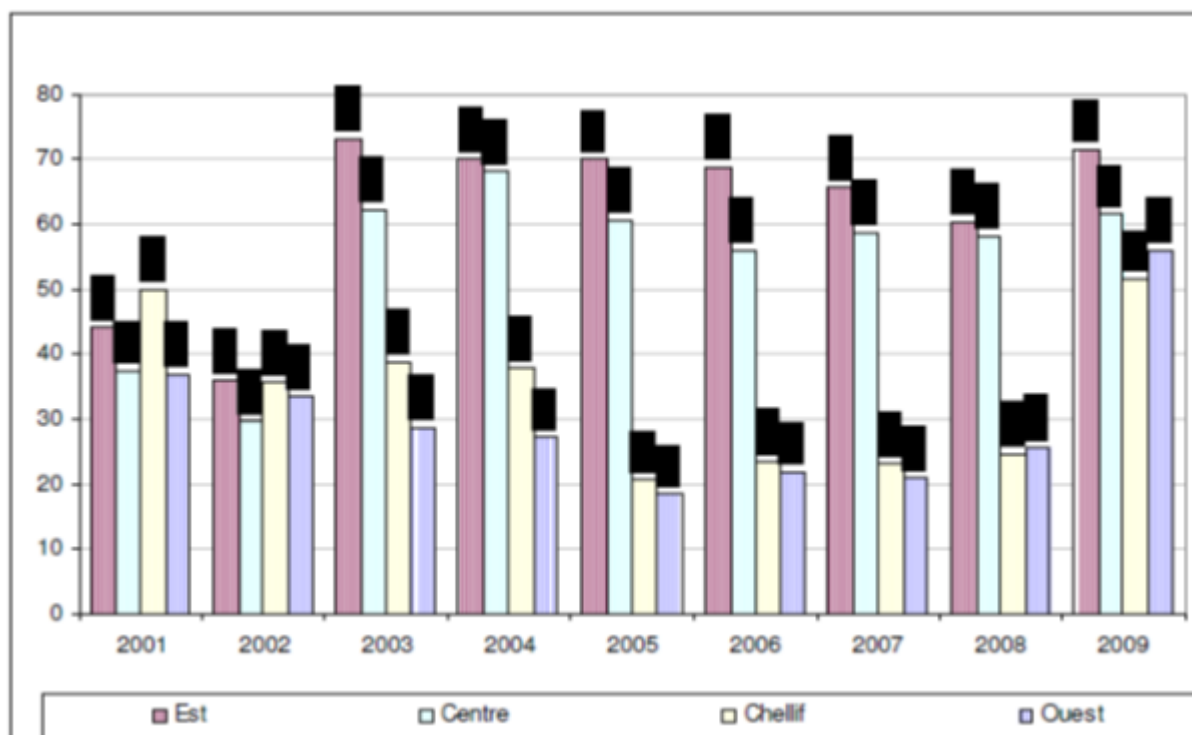


Figure8 : Moyenne de la capacité estimée 2001-2009 en %

1.3.1.2. Evolution du taux de remplissage des barrages du centre

a. Situation favorable

Le taux de remplissage des barrages, dans la région, était honorable, supérieur à 40 %, en mars 1998 et mai 2000, même si le barrage de Bouroumi, le plus important, était faiblement rempli, avec moins de 14 %. Néanmoins, le remplissage moyen durant 2001-2009 se situait à plus de 56 %.

Tableau10: Taux de remplissage des barrages du Centre (mars 1998 et mai 2000)
(ANBT, 2003)

Barrage		Capacité initiale hm ³	Capacité estimée hm ³	Mars 1998 %	Mai 2000 %
1	Beni-Amrane	16.00	6.00	70.5	16.22
2	Boukourdane	97.00	96.00	28.14	54.11
3	Bouroumi	188.00	182.00	4.54	13.79
4	Hamiz	21.00	15.60	41.7	42.76
5	Keddara	145.6	143.80	43.37	45.68
6	Ladrat	10.00	9.00	78	56.67
7	Lekhal	30.00	29.00	34.73	22
8	Meurad	0.30	0.25	80	96
Moyenne				47.62	43.40

Le barrage de **Keddara** (145 hm³) est passé de 3,5 hm³ (04/10/2002), à 6 hm³ (05/11/2002), à 15 hm³ (04/12/2002), à 39 hm³ (31/12/2002), à 72 hm³ (29/01/2003) et à 143 hm³ en juin 2003 après un remplissage médiocre d'environ 5 % durant l'année 2002. Il se remplit totalement de la mi-mars à la mi-juillet 2004. Hormis cette année défavorable (2002) c'est un barrage qui connaît un niveau de remplissage honorable dépassant les 70 % entre 2003 et 2009.

Le barrage de **Taksebt**, d'une capacité de 175 hm³, est passé, au début de son remplissage de 3 %, en mars 2002 à 16 % en décembre. Il passe, ensuite de 47 hm³ (27%) en janvier à près de 100 hm³ (55%) en décembre 2003, a failli se remplir totalement entre mai et juin 2006 et déversa son trop-plein entre avril et juillet 2007, entre novembre 2007 et juillet 2008 et entre janvier et juin 2009. Le reste du temps, il a gardé un niveau de remplissage digne d'un barrage devant assurer une desserte régionale (Alger, Tizi Ouzou et Boumerdès). Des 10 barrages de cette région, 6 d'entre eux (Hamiz, Keddara, Ladrat, Lekehal, Taksebt et Tilesdit) se remplissent de façon convenable entre 2003 et 2009. Leur remplissage se situe entre 59 et 95 %. Lekehal (29 hm³), mis en service en 1985, s'est rempli une première fois en 1994, une seconde fois en 2003 et enfin une troisième fois entre janvier et début juin 2005. Il a constamment maintenu un niveau acceptable (entre 35 % en 2002 et 89 % en 2003) avec une moyenne inter – annuelle (2001-2009) de 60 %. Quant au petit barrage de Ladrat (9 hm³), il est resté constant durant toute l'année 2002 avec environ 47 % de remplissage pour enregistrer une évolution positive jusqu'à atteindre, parfois, les 100 % durant 3 années successives 2004, 2005 et 2006.

b. Situation critique

Le barrage de **Keddara** (143 hm³) comptait une capacité de 23 hm³ en mai 1989 et chute à 8,4hm³ en décembre. Son taux de remplissage oscillait entre 2 et 6 % durant l'année 2002. Il n'a atteint les 20 % qu'en décembre 2002. Il connaîtra une évolution régressive de juillet 2001 à septembre 2002 où il atteint un seuil critique inférieur à 3 hm³ (2%). Le barrage de Hamiz n'a pas atteint les 5 % de remplissage durant les 11 premiers mois de 2002. **Boughzoul** est resté à sec entre février 2002 et janvier 2003, puis entre juin et septembre 2003. **Boukerdane**, barrage non moins important avec ses 96 hm³ n'a nullement atteint les 50 % durant les neuf années (2001-2009), il oscillait entre 30 % en 2009 et 46 % en 2005. Les signes les plus inquiétants sont signalés au niveau du barrage de **Bouroumi** qui n'atteindra les 27 % qu'en 2009, année considérée particulièrement bénéfique pour la quasi-totalité des barrages algériens. Durant les autres années (2001-2008) son remplissage n'est passé qu'entre 16 hm³ (9 % en 2002) et 30 hm³ (16 % en 2008) alors que sa capacité estimée est de 182 hm³, faisant de lui, le plus grand ouvrage de la région.

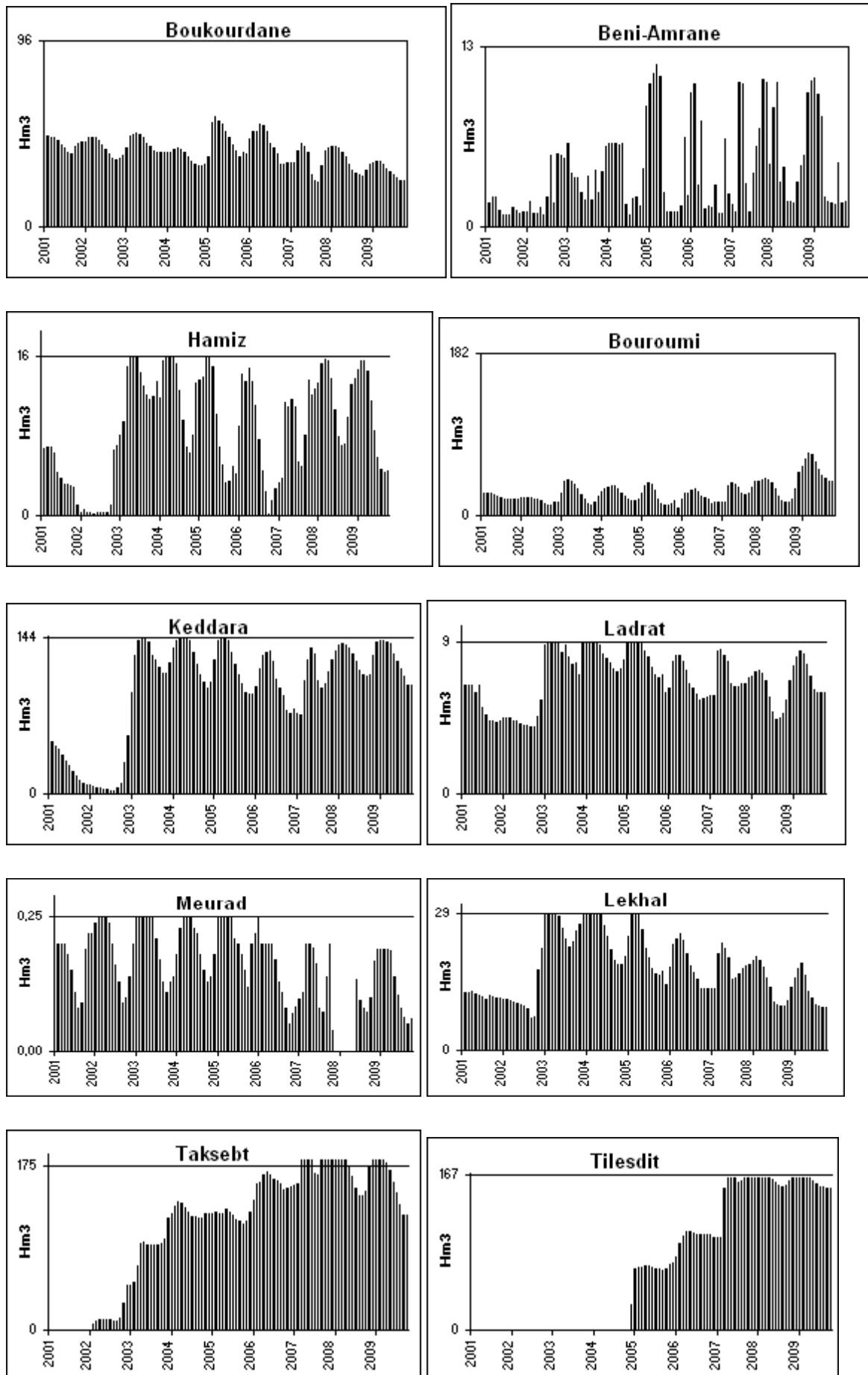


Figure 9: évolution du taux de remplissage des barrages du Centre

Tableau 11: Evolution du taux de remplissage des barrages du Centre (2001-2009) (ABHCSM, 2009)

Barrages	CI (hm ³)	CE (hm ³)	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2001-2009	
			% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE	% CI	% CE
1 Beni-Amrane	16,00	13,00	10,29	27,44	14,37	38,33	22,07	48,30	24,99	66,64	35,05	43,13	25,24	31,06	32,61	40,14	31,02	38,18	33,33	41,02	25,44	41,58
2 Boukourdane	97,00	96,00	44,42	44,89	42,58	43,02	44,13	44,44	37,72	38,11	46,24	46,72	44,80	45,27	34,36	34,72	35,94	36,31	30,38	30,70	40,06	40,46
3 Bouroumi	188,00	182,00	11,62	12,01	8,95	9,25	13,34	13,68	13,44	13,88	11,59	11,97	11,08	11,45	13,92	14,38	15,71	16,23	26,94	27,82	14,07	14,52
4 Hamiz	21,00	15,60	22,20	29,88	4,44	5,97	57,99	71,25	56,90	76,60	46,87	63,09	37,15	50,01	36,38	48,97	54,29	73,08	48,76	65,63	40,55	53,83
5 Keddara	145,60	143,80	20,47	20,73	5,28	5,35	82,30	82,99	87,78	88,88	82,78	83,82	72,46	73,37	70,90	71,79	86,00	87,08	86,31	87,39	66,03	66,82
6 Ladrat	10,00	9,00	54,09	60,10	42,79	47,55	81,87	87,98	83,31	92,56	81,77	90,85	68,13	75,70	69,43	77,14	61,04	67,82	69,85	77,61	68,03	75,26
7 Lekehal	30,00	29,00	39,03	40,38	33,91	35,08	86,81	88,91	83,51	86,39	73,33	75,86	61,59	63,71	56,79	58,74	49,79	51,51	42,22	43,68	58,55	60,47
8 Meurad	0,30	0,25	54,56	65,47	63,74	76,49	67,71	77,88	65,00	78,00	68,94	82,73	51,72	62,06	46,62	55,95	14,56	17,48	44,81	53,78	53,07	63,32
9 Taksebt	175,00	175,00			6,94	6,94	45,24	45,24	71,60	71,60	69,46	69,46	87,81	87,81	97,43	97,43	95,55	95,55	91,75	91,75	70,72	70,72
10 Tiledit	167,00	167,00									38,21	38,21	58,73	58,73	86,91	86,91	96,54	96,54	95,83	95,83	75,24	75,24
	849,90	830,65	32,09	37,61	24,78	29,78	55,72	62,30	58,25	68,07	55,42	60,58	51,87	55,92	54,53	58,62	54,04	57,98	57,02	61,52	49,30	54,71

NB: la capacité estimée du barrage de **Beni Amrane** est passée de 6 hm³ entre 2001 et 2004 à 13 hm³ entre 2005 et 2009

Tableau 12 : Apport liquide au niveau de certains barrages

Barrages		Apports en hm ³	Barrages		Apports en hm ³	Barrages		Apports en hm ³
Boughzoul	1	66	F.E.Gherza	1	11	Sarno	1	10
	2	352		2	46		2	39
Ghrib	1	70	Hamiz	1	24	Cherfas	1	54
	2	488		2	58		2	72
Oued Fodda	1	122	Zardezas	1	6	Bouhanifa	1	93
	2	175		2	72		2	148
Bekkhada	1	44	K'sob	1	34	Beni Bahbel	1	59
	2	117		2	81		2	63
Cheffia	1	52	F.E.Gueiss	1	4	Meffrouch	1	8
	2	259		2	15		2	14

Tableau13: Répartition mensuelle de l'évaporation au niveau de certains barrages (en hm³)

		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Total
Beni Bahbel	1	0.474	0.253	0.148	0.041	0.070	0.186	0.247	0.287	0.437	0.434	0.572	0.510	3.659
	2	0.327	0.211	0.115	0.030	0.090	0.154	0.210	0.274	0.352	0.506	0.556	0.535	3.333
Samoa	1	0.007	0.010	0.012	0.014	0.033	0.064	0.107	0.151	0.250	0.259	0.215	0.117	1.239
	2	0.007	0.010	0.014	0.022	0.051	0.108	0.109	0.135	0.227	0.261	0.240	0.110	1.294
Bou Hanifia	1	0.492	0.278	0.14	0.105	0.217	0.292	0.523	0.657	1.042	0.858	0.839	0.635	6.078
	2	0.317	0.214	0.252	0.175	0.207	0.233	0.364	0.547	0.789	0.961	1.193	0.790	6.042
Bakkada	1	0.06	0.036	0.013	0.013	0.033	0.096	0.161	0.207	0.308	0.291	0.186	0.103	1.507
	2	0.078	0.045	0.039	0.053	0.060	0.121	0.165	0.184	0.258	0.191	0.203	0.149	1.546
Ghrib	1	1.045	0.755	0.376	0.294	0.239	0.484	0.754	0.930	1.217	1.050	1.251	1.011	9.406
	2	0.454	0.309	0.244	0.152	0.262	0.252	0.522	0.938	1.089	1.338	1.785	1.367	8.712
Hamiz	1	0.155	0.010	0.010	0.010	0.120	0.074	0.116	0.155	0.202	0.165	0.195	0.135	1.347
	2	0.278	0.120	0.067	0.013	0.020	0.085	0.104	0.101	0.152	0.221	0.242	0.220	1.623
F.E.Gherza	1	0.403	0.376	0.336	0.163	0.154	0.168	0.207	0.282	0.375	.0348	0.426	0.355	3.593
	2	0.571	0.266	0.254	0.201	0.171	0.267	0.426	0.382	0.568	0.885	1.007	0.918	5.916
Zardezas	1	0.114	0.08	0.046	0.026	0.018	0.046	0.070	0.081	0.103	0.107	0.104	0.096	0.891
	2	0.083	0.043	0.021	0.027	0.035	0.054	0.078	0.068	0.093	0.116	0.173	0.178	0.969

Cette évaporation est donc importante à la surface des lacs et notamment les retenues des barrages et des réservoirs à ciel ouvert (**Tableau 13**). Ce pouvoir évaporatoire est illustré par la diminution des stocks au niveau des barrages, pendant la période chaude notamment. L'ANB réalise des mesures quotidiennes d'évaporation dans 39 grands barrages d'une capacité totale de 3 800 Mm³. L'évaporation maximale, 350 Mm³, a été enregistrée en 1992-1993 et la minimale, 100 Mm³, en 2001/2002. La moyenne annuelle sur la période 1992-2002 est de 250 Mm³, soit 6,5 % de la capacité totale (**Figure10**).

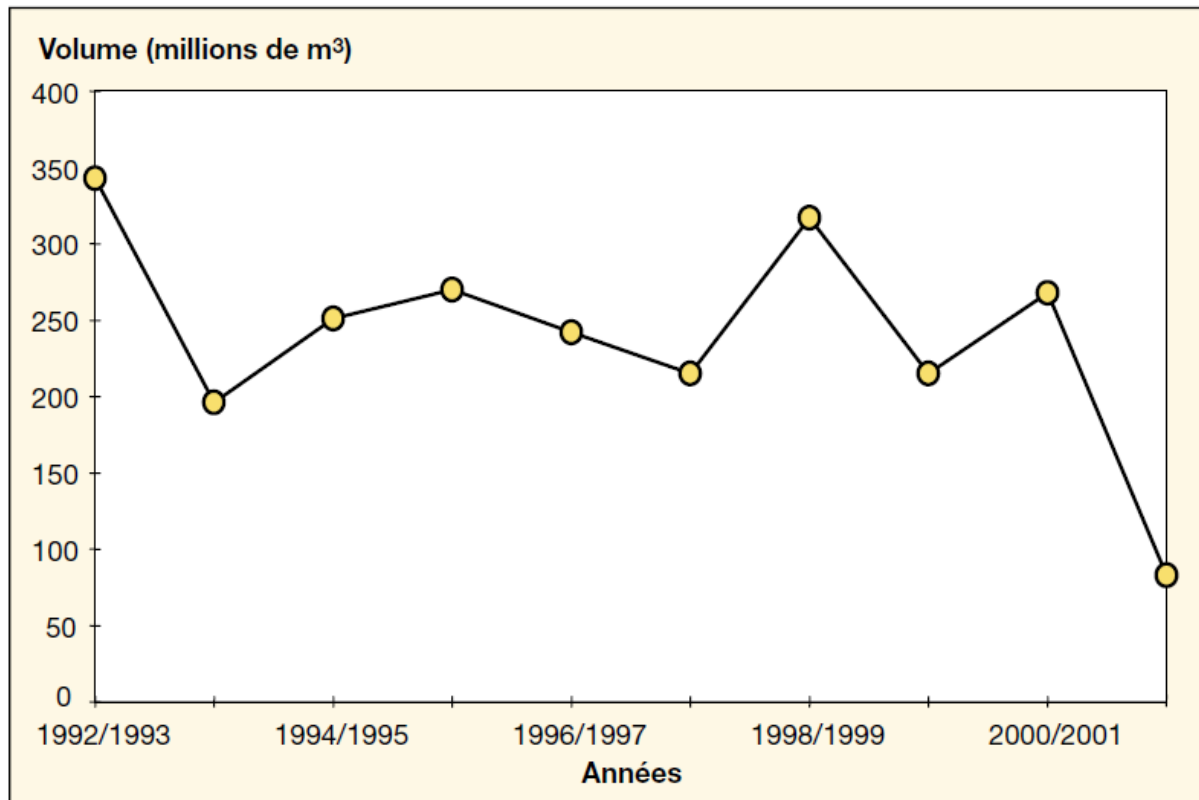


Figure 10. Variation annuelle de l'évaporation (Mm³) dans les 57 grands barrages (ANB, 2005).

Ces observations permettent d'identifier clairement un gradient d'évaporation: dans la zone littorale (à moins de 50 km de la mer), l'évaporation annuelle est inférieure à 0,5 m ; dans une bande intermédiaire (entre 50 et 150 km de la côte), l'évaporation est comprise entre 0,5 et 1 m/an ; plus au sud, l'évaporation dépasse 1 m/an. Les 57 grands barrages actuellement exploités se trouvent essentiellement dans les zones littorales (24) et intermédiaires (25) ; seuls huit se trouvent au sud. L'ANB suit depuis 1992 les fuites dans 22 barrages, mais, jusqu'à ce jour, aucune analyse détaillée n'a été réalisée. Dans certains cas, les fuites sont tellement importantes qu'un réseau de collecte récupère à l'aval les eaux perdues et les réorientent vers les terres agricoles. Selon les années, le volume total perdu par infiltration a varié de 20 à 75 Mm³. Les volumes perdus plus faibles sur la période 1998-2002 s'expliquent simplement par l'assèchement de plusieurs barrages durant cette période de pluies déficitaires (**Figure 11**).

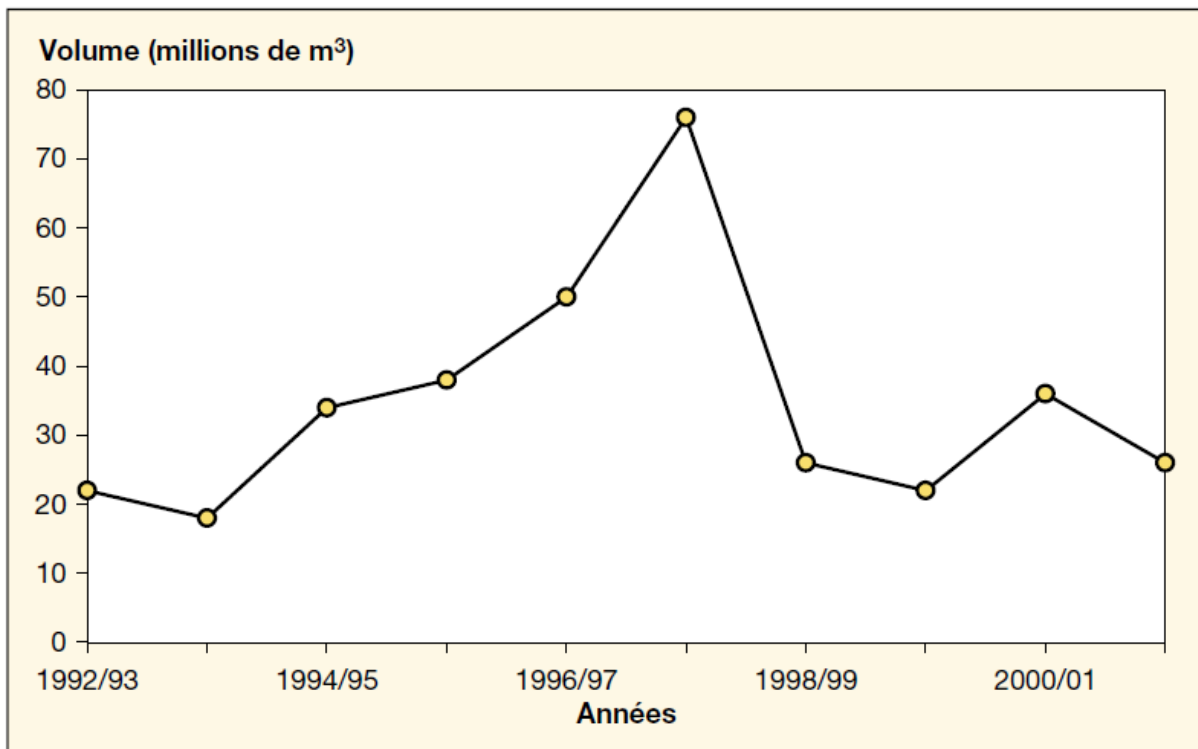


Figure 11. Variations annuelles (millions m³) des fuites d'eau des 22 barrages (ANB, 2005).

L'Algérie est périodiquement « secouée » par des sécheresses répétées et connaît depuis plus d'une vingtaine d'années une sécheresse sévère et persistante. Pour avoir une idée de l'ampleur de cette sécheresse, on peut donner un aperçu des apports au niveau de certains barrages pendant les périodes 1945-1975 et 1976-1998 (**Tableau 14**).

Tableau 14: Apports de certains barrages (CNES, 2000).

Barrages	Apports (hm ³)			Rapport		
	45 -75	76 - 98	45 - 98	4 = 2/3	5 = 2/1	6 = 3/1
	1	2	3			
Beni Bahbel	88	36	62	0.58	0.41	0.70
Cherfas	94	31	63	0.49	0.33	0.67
Ouizert	69	27	48	0.56	0.39	0.69
Ghrib	173	89	131	0.67	0.51	0.75
fodda	113	51	82	0.62	0.45	0.72
Bakkada	78	34	56	0.60	0.43	0.71
Hamiz	47	31	39	0.79	0.66	0.83
Chéffia	161	119	140	0.85	0.74	0.87
Zardezas	70	52	61	0.85	0.74	0.87
					0.51	0.76

La pollution de certains barrages, (tableau ci-dessous), tant par les eaux usées domestiques que par des rejets industriels, est à soulignée.

Tableau 15: Barrages affectés par la pollution (SNAT, 2004)

Barrages	Wilaya	Sources de pollution
Lakhal	Bouira	ENAD Sour-El-Ghozlane
Béni Amrane	Boumerdes	ENAD Lakhdaria et Hydrocarbures
Keddara	Boumerdes	Hydrocarbures
Hamiz	Alger	Hydrocarbures
Fergoug	Mascara	Rejets urbains et industriels
Beni Bahdel	Tlemcen	Rejets urbains et industriels
Sidi Abdelli	Tlemcen	Rejets urbains
Mardja Sidi Abed	Relizane	Rejets urbains et industriels
Hammam Boughrara	Tlemcen	Rejets industriels

L'une des conséquences immédiates de l'érosion est la sédimentation dans les barrages. Le premier barrage construit en Algérie, Si en 1846, a été abandonné à cause de son envasement rapide et de sa faible capacité initiale (1 Mm³). En 1957, les barrages d'Algérie avaient une capacité totale de 900 Mm³, dont 200 déjà occupés par les sédiments (Valembos et Migniot, 1975). En 1962, les 16 grands barrages en exploitation représentaient une capacité de 1,3 Gm³ et un envasement de 240 Mm³. Depuis lors, l'envasement n'a cessé d'augmenter dans ces 16 barrages pour atteindre 492 Mm³ en 2006, soit une perte de capacité de 38 % (Figure 12).

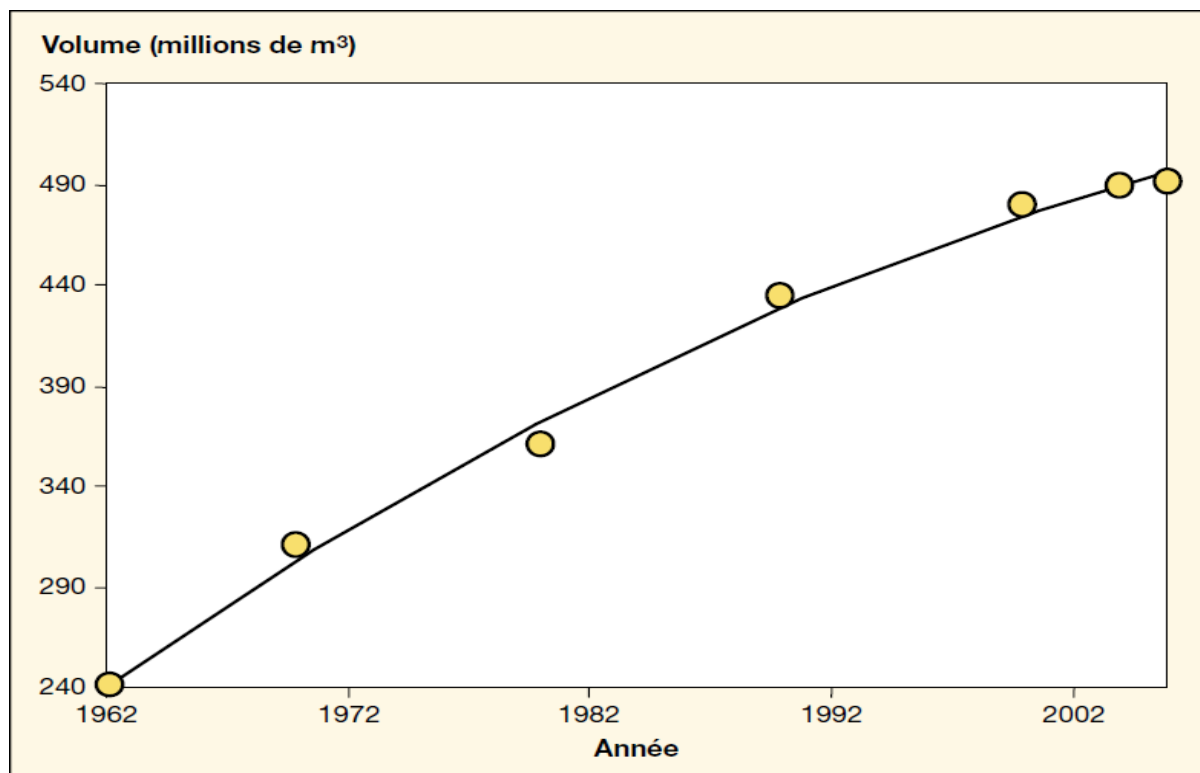


Figure 12. Évolution de l'envasement des grands barrages Algériens en exploitation en 1962.

Tableau 16 : Liste des barrages les plus envasés d'Algérie.

Barrages	Année de	Capacité initiale	Comblement	Dévasement
Fergoug	1970	18	100	7
Béni Amrane	1988	16	80	3
Meurod	1960	1	80	
Foum El Gharza	1950	47	70	4
Foum El Gueiss	1939	3	67	
Ghrib	1939	280	60	
Ksob	1977	30	60	4
Oued Fodda	1932	228	57	45
Bouhanifia	1940	73	57	
Boughzoul	1934	55	56	
Zardezas	1977	27	54	10
Ighil Emda	1953	155	35	47
Hamiz	1935	21	27	8
Djorf Torba	1969	350	27	
Sarno	1954	22	24	
Bakhada	1963	56	20	
Beni Bahdel	1952	63	17	
Merdja	1984	55	14	5

Le phénomène de l'envasement se pose avec acuité et constitue un problème majeur en Algérie (dégradation des sols agricoles, alluvionnement des retenues).

Tableau17: Evolution de l'envasement de certains barrages (Arrus, 1985).

	Année de mise en	Capacité initiale	Capacité 1967	Capacité 1986 (hm ³)	Capacité 1996 (hm ³)	Taux d'envasement en
Beni Bahdel	1946	63	54.8	56.5	55.1	12.5
Mefrouch	1963	15	14.9	14.6	14.4	4.0
Bouhanifia	1984	73	55.4	51.6	46.6	36.1
SMBA	1978	235		225.6	214	8.9
Oued Fodda	1932	228	134.9	132.7	115.2	49.4
Boughzoul	1934	55	34.6	20	11.8	78.5
Ghrib	1939	280	178	165.6	141.4	49.5
Hamiz	1935 (S)	21		16.4	15.5	26.2
Zardezas	1974 (S)	32		20.2	8.2	74.3
Ksob	1977 (S)	29.5	1.6	26.4	21.4	27.4
Foum El Gueiss	1969 (S)	3.4	0.54	1.6	1.3	61.7
Foum El Gharza	1950	47	34.2	26.5	21	55.3
Djorf Torba	1969	350		316.4	296.8	15.2

(S) : surélevé

La lecture du tableau fait ressortir que l'envasement touche sans discernement aussi bien les grands que les petits barrages.

1.3.2. Les retenues collinaires

La mobilisation de l'eau en Algérie s'effectue, par ailleurs, grâce à 700 retenues collinaires totalisant une capacité globale de stockage de 90 millions de m³. Il faudra néanmoins, relever que près de 57 % de ces retenues collinaires sont dans un état d'envasement prématuré et que 20 % d'entre elles ne sont pas opérationnelles pour des raisons qui tiennent notamment à l'absence d'exploitants, de matériel d'irrigation et de terre de proximité. Ces incohérences laissent suggérer que la politique des retenues collinaires ne semble pas fondée et exécutée sur des bases rationnelles. C'est du moins le constat établi par les experts de l'eau qui relèvent que

beaucoup d'ouvrages ont été construit à la hâte, sans technique sûre ni aménagement particulier des bassins versants (**Ferrah et Yahiaoui, 2004**).

1.3.3. Les Forages

En 1985, le nombre de forages exploités était d'environ 5500. En 1999, plus de 2000 forages ont été encore réalisés dans le Nord du pays, fournissant un volume de 1 milliard de m³ répartis entre l'alimentation en eau potable pour 852 millions de m³ et l'irrigation pour 147 millions de m³. Par ailleurs, 742 forages auraient été également réalisés dans le sud et mobiliseraient un volume annuel de 221 millions de m³ pour l'alimentation en eau potable et 505 millions de m³ pour l'irrigation (**Loucif, 2002**). En ce qui concerne les eaux souterraines, les volumes exploités actuellement sont estimés à 3.2 Milliards de m³/AN (**Messahel et Benhafid, 2005**):

- 1.8 Milliards de m³/an dans le Nord.
- 1.4 Milliards dans les régions sahariennes.

Total mobilisé est de 7 Milliards de m³/an.

1.4. Répartition de la ressource entre les différents consommateurs

L'agriculture, premier secteur consommateur d'eau, représente actuellement 70 % de la consommation totale, suivie de l'alimentation en eau potable avec 23 % chiffre en progression enfin l'industrie avec 7 % de la consommation totale. La figure 13 montre la part de chaque secteur en % de consommation d'eau annuelle des volumes mobilisés.

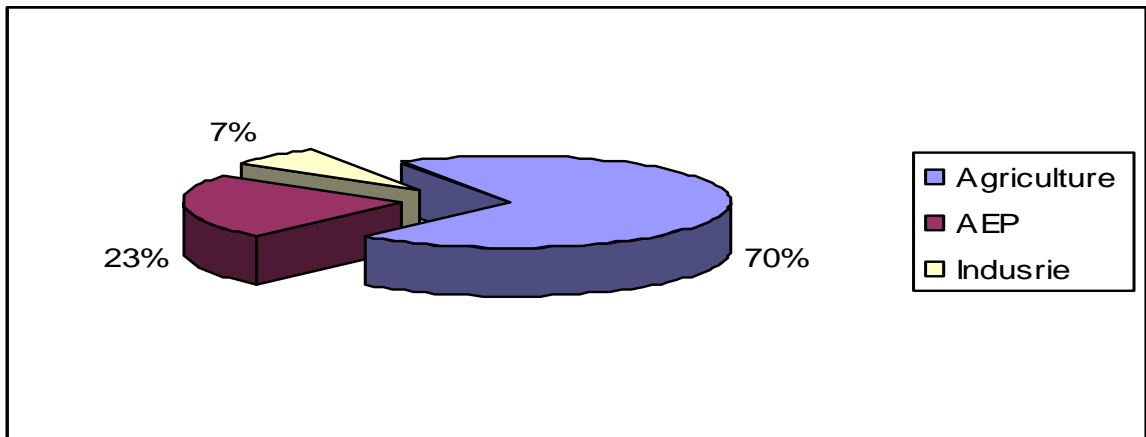


Figure 13 : Consommation d'eau par secteur (MADR, 2007).

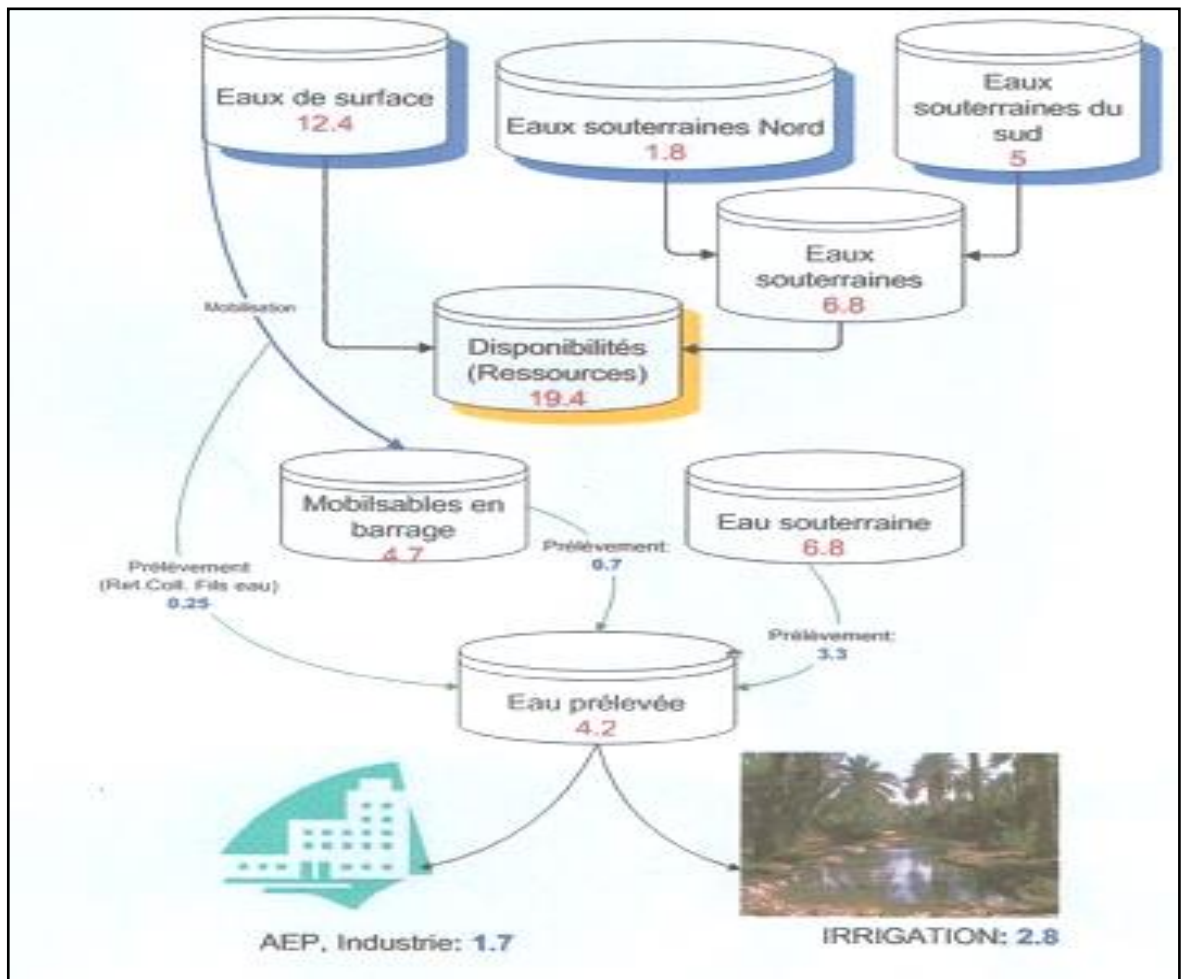


Figure 14: Diagramme des eaux (Milliards de m³) (Ferrah et Yahiaoui ,2004)

2. L'irrigation en Algérie

L'irrigation en Algérie a toujours été un impératif et un instrument privilégié pour assurer l'accroissement de la production agricole, et garantir une stabilité de la production. Son développement reste cependant tributaire des potentialités en eau du pays. La valeur des importations de denrées alimentaires dépasse le quart du leur total.

La nécessité de développer une agriculture irriguée a de tous les temps constitué une préoccupation majeure des responsables de l'agriculture algérienne. Des objectifs importants ont toujours été affichés par l'Etat à travers des politiques agricoles ambitieuses visant l'intensification des productions agricoles. Toutefois, force est de constater que les résultats ont été fort décevants sinon mitigés pour des raisons sur lesquelles il importe de se pencher (**Ferrah Et Yahiaoui, 2004**).

Jusqu'en 1995, plus de 200 000 hectares de surface agricole utile (SAU) ont été perdus et le ratio surface agricole utile par tête d'habitant diminue constamment, de 0,52 ha/habitant en 1967-1969 à 0,21 en 2000 (**RGA, 2003**).

Les potentialités en sol irrigables de bonne qualité dépassent 1,5 million d'hectares selon les études menées par l'agence nationale des ressources hydrauliques (**ANRH, 2001**). Actuellement les réformes des politiques de l'eau sont nécessaires pour répondre à un besoin croissant de la demande en eau à usage agricole.

2.1 Aperçu sur l'évolution de l'irrigation en Algérie

L'usage de l'irrigation en Algérie est très ancien comme en témoignent les vestiges de l'époque romaine (bassins, aqueducs...). Des techniques d'irrigation séculaires fonctionnent encore à ce jour. Ces différentes techniques (foggaras, seguias, ceds, puits balanciers...) sont adaptées à un potentiel d'une grande diversité (plaines côtières, piémonts, hautes plaines, steppes, oasis...).

Les superficies irriguées se concentrent essentiellement dans le nord du pays avec un pourcentage de 70%. L'irrigation s'opère pour 69 % à partir des eaux souterraines, les eaux de surfaces ne contribuant qu'à hauteur de 29 % et 2% seulement sont irriguées à partir d'un mélange d'eau de surface et souterraine.

La figure suivante montre la concentration des superficies irriguées dans le nord du pays et le pourcentage de ces dernières par rapport aux superficies totales :

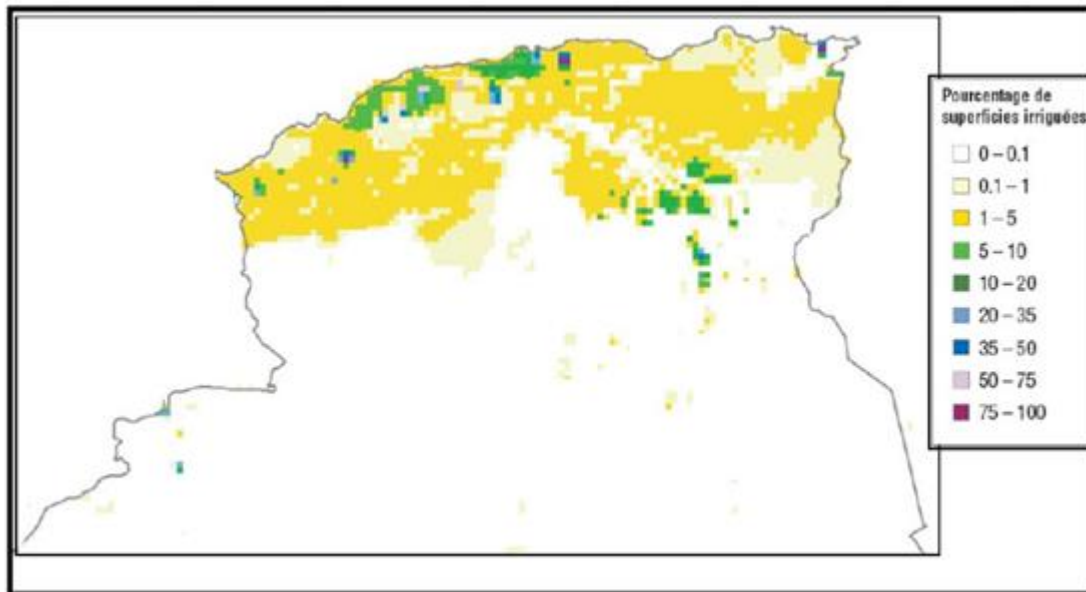


Figure 15: Pourcentage des superficies irriguées par rapport aux superficies totales dans le nord Algérien (WWW.FAO.ORG)

Ces superficies sont classées en deux grandes catégories

- **Les grands périmètres d'irrigation**
- **La petite et moyenne hydraulique**

2.1.1. Les grands périmètres d'irrigation (GPI)

Classés dépassant en général 500 ha d'un seul tenant et alimentés en eau à partir de barrages ou de batteries de forages profonds avec d'importants investissements collectifs totalement réalisés par l'Etat, cette catégorie de périmètres représentent actuellement 173.350 ha équipés dont seulement 100.000 ha (58%) sont considérés irrigables vu la vétusté des réseaux (gravitaire et par aspersion) et le déclassement de certaines superficies.

Les grands périmètres d'irrigation existants, alimentés en eau essentiellement à partir des barrages sont au nombre de dix-sept (17) et totalisent une superficie équipée de l'ordre de 173.350 ha.

Les périmètres d'irrigation peuvent être classés en deux (02) catégories :

- ◇ Les périmètres anciens hérités de la colonisation avec une irrigation traditionnelle gravitaire (canaux et séguias)

◇ Les périmètres récents : réalisés après l'indépendance où domine une technique moderne d'irrigation : l'aspersion.

2.1.1.1. Les périmètres anciens

Au nombre de huit (08), ils ont été réalisés entre 1937 et 1960. Ils occupent une superficie équipée de l'ordre de 123.900 ha.

Les infrastructures de ces périmètres étaient pour certains d'entre eux, très vétuste, a eu pour conséquence une diminution considérable des superficies irrigables. Tous ces périmètres ont fait ou font pratiquement l'objet de travaux ou d'études de réhabilitation (**Figure 18**).

Tableau 18: Les grands périmètres Algériens réalisés avant 1962 (Messahel et Benhafid, 2005)

Périmètre	Localisation (Wilaya)	Date de création	Superficie équipée (ha)	Superficie irrigable (ha)	Mode d'irrigation
Moyen Cheliff	Chélif	1936	21 800	10 000	Gravitaire
Hamiz	Alger Boumerdès	1937	17 000	12 000	Mixte
Bas Cheliff	Rélizane	1937	22 500	5 000	Gravitaire
Haut Cheliff	Ain-Defla	1941	20 200	16 000	Mixte
Habra	Mascara	1942	19 600	6 500	Gravitaire
Mina	Rélizane	1943	9 600	5 000	Gravitaire
Sig	Mascara	1946	8 200	4 500	Gravitaire
K'sob	M'sila	1954	5 000	4 000	Gravitaire
			123 900	63 00	

2.1.1.2. Les périmètres récents

Ces périmètres au nombre de neuf (09) réalisés depuis 1970 sont pour la plupart équipés de réseaux sous pression permettant l'utilisation de techniques modernes d'irrigation. Ils représentent une superficie équipée de 49.450 ha (**Figure 19**).

Tableau 19 : Les grands périmètres Algériens réalisés après 1962 (Messahel et Benhafid, 2005)

Périmètre	Localisation	Date de	Superficie	Superficie	Mode
Soummam	Bejaia	1971	3 500	2 000	Sous pression
Maghnia	Tlemcen	1974	5 100	4 000	Sous pression
Ain -	Saida	1974	2 850	2 000	Sous pression
Abadla	Bechar	1974	5 400	4 500	Gravitaire
Bouamouss	El Tarf	1977	16 500	14 800	Sous pression
Isser-Sebaou	TiziOuzou	1983	3 700	2 000	Sous pression
Mitidja Ouest	Tipaza Blida	1988	8 600	7 500	Sous pression
Arribs	Bouira	1988	2 200	2 000	Sous pression
M'chedallah	Bouira	1988	1 600	1 400	Sous pression
			49 450	40 00	

2.1.2. La petite et moyenne hydraulique (PMH)

La petite et moyenne hydraulique est définie par le mode d'accès à la ressource en eau. Celle-ci est fournie à partir des puits, forages, oueds, retenues collinaires, Ceds. Il y a très peu de données sur les superficies irriguées. Ils ont été estimés par recoupement entre la SAU totale irriguée de 620 687 ha et les superficies irriguées en grande hydraulique (37 000 ha), soit 583 687 ha (94% de l'ensemble des superficies irriguées) (**RGA, 2003**).

Avec 94% des superficies irriguées, la PMH, assure près de la moitié de la production agricole, constituée par les cultures maraîchères et l'arboriculture. Son dynamisme semble lié à l'autonomie qu'elle procure aux agriculteurs dans la maîtrise de la ressource eau (**Benmouffok, 2003**). Le développement de la PMH soulève de nombreuses questions sur

son avenir et sa durabilité dans certaines zones. Les informations recueillies par le biais du MRE, confirment en effet un développement assez anarchique de milliers de forages et puits, dont la majorité sont illicites sans autorisation et dont l'exploitation porte souvent un préjudice irréversible aux nappes souterraines. En ce qui concerne le développement de la PMH à partir des ressources superficielles.

2.2. La répartition des terres agricoles

Trois ensembles fortement contrastés climatiquement caractérisent le territoire:

2.2.1. Le littoral et les massifs montagneux

Le littoral et les massifs montagneux occupent 4% de la superficie totale dont 2.5 millions d'ha sont des terres agricoles, riches en ressources et très menacées par la concentration excessive de la population et des activités, ainsi que par l'urbanisation anarchique. Ces terres sont fragiles et peu résistantes à l'érosion. Le climat est de type méditerranéen, avec des pluies très violentes en hiver provoquant une forte érosion. En été, les précipitations sont extrêmement rares et les chaleurs très fortes. Les pluies pouvant atteindre 600 mm/an, sont irrégulières d'une année sur deux et inégalement réparties.

2.2.2. Les hauts plateaux

Les hauts plateaux occupent environ 9% de la superficie totale, dont 5 millions d'ha de terres agricoles, sont caractérisés par un climat semi-aride (pluviométrie comprise entre 100 et 400 mm/an). Les terres y ont une forte teneur en sel. Le processus de désertification est important du fait de la sécheresse, de la fragilisation des sols soumis à l'érosion éolienne, de la faiblesse des ressources hydriques et de la pratique intensive de l'agropastoralisme.

2.2.3. Le Sahara

Le Sahara, ensemble désertique aride (pluviométrie moyenne inférieure à 100 mm/an), couvre 87% du territoire et la surface agricole utile est estimée à 100 000 ha. Les terres y sont pauvres, les conditions climatiques extrêmes et les amplitudes thermiques très fortes (FAO, 2005).

Le Centre et le Sud regroupent 31% de la SAU et concentrent 58% des superficies irriguées. A l'Est se trouvent 36% de la SAU, 20% de la SAU irriguée et la plus grande partie du réseau hydrographique et des précipitations. L'Ouest avec un potentiel sol irrigable important, ne dispose que de 18% de la SAU irriguée (**Tableau 20**)

Tableau 20: Les potentialités en terres et terres irriguées des quatre régions (Chabaca, 2007).

Régions	SAU(Ha)	SAU	Rapport SAU/SAU Irriguée (%)
Est	3013543	120991	4,01
Centre	2188370	180082	8,22
Ouest	2820387	111443	3,95
Sud	436380	177067	40,57
Total	8458680	620687	7,33

2.3. La gestion de l'eau d'irrigation en Algérie

Les difficultés que connaît l'irrigation découlent, certes, de la rareté des ressources hydrique en Algérie, mais elles trouvent aussi explication dans l'absence d'une gestion rationnelle de cette ressource rare. Qu'il s'agisse des politiques générales de l'eau, de législation, des instruments de régulation ou des institutions, la question de l'eau a été appréhendée, depuis le début des années soixante-dix, en terme d'offre et de réalisation d'infrastructures ou plus exactement de construction de barrages. Cette approche, centrée sur des initiatives et des ressources strictement étatiques, s'est avérée insuffisantes dans la mesure où elle n'a pas permis une bonne satisfaction des besoins des populations et des infrastructures économiques, malgré le poids relatif des investissements réalisés.

2.3.1. Evaluation et contraintes

1- Le secteur hydro agricole en Algérie, en particulier sur les grands périmètres irrigués, fait face à de grandes difficultés, d'ordre technique, financier et organisationnel. Ainsi, moins de 40.000 ha ont été, en moyenne irrigués pendant 20 dernières années dans les GPI (OPI régionaux et Offices de Wilaya), et dans certains cas, avec une dose minimale de « survie ».

2- Un manque crucial de ressources en eau dans les GPI.

3- La superficie irriguée limitée est due en premier lieu à un manque de ressources en eau disponible. Les volumes distribués n'ont ainsi pas dépassé 200 millions de m³ /an depuis 1984, alors que les besoins pour les surfaces actuellement équipées et irrigables (100 000 ha) sont de l'ordre de 500 millions de m³ avec une dose moyenne de 5 000 m³/ha, 40% seulement des

besoins ont été satisfaits – cette situation est très variable selon les périmètres aggravé par des facteurs

a- Externes:

1- La faiblesse en matière de planification des ressources en eau, liée notamment au manque de coordination sectorielle et intersectorielle.

2- Les conflits avec les autres usages.

3. L'absence d'outils pour gérer cette situation (prévision ; définition des règles de gestion de la pénurie ; communication ; tarification).

b- Internes:

1. La dégradation alarmante des infrastructures par manque d'entretien.

2. Les importantes pertes dans les réseaux.

3. Les gaspillages, conséquence de la faiblesse du prix de l'eau agricole.

➤ La sous tarification de l'eau d'irrigation :

« Les tarifs appliqués différenciés d'un périmètre à un autre, sont passés de 0.12-0.17 DA par m³ en 1985 à 1.00- 1.25 par m³ en 1998 et à 2.5 DA actuellement».

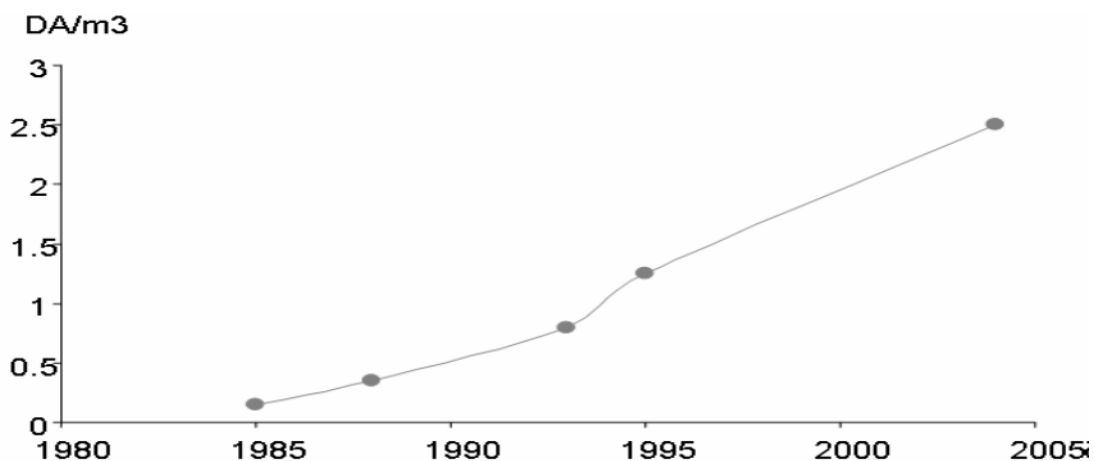


Figure 16: Évolution du prix du m³ d'eau d'irrigation dans les périmètres publics algériens (Guemraoui et Chabaca, 2005).

Dans le cas de l'agriculture, la sous tarification de l'eau est telle qu'elle se traduit par des gaspillages relativement importants. Le prix payé est quasiment nul dans les grands périmètres irrigués. D'après l'AGID, avec la tarification actuelle, l'eau ne représente que 4 à 30 % des coûts

de production suivant les cultures (4% dans le cas de la pomme de terre et l'oignon et 30% pour la pastèque (**Ferrah et Yahiaoui 2004**).

2.3.2. Les programmes de développements

Pour mieux gérer l'eau l'état à lancer en 2006-2007 des programmes de développement.

a. en matière de GPI

➤ Les programmes en cours :

- 11 projets d'études : 125890 ha.
- 13 projets de travaux : 11700 ha.

➤ Les programmes 2007 :

- 02 études lancées en 2004 pour une superficie de 4850 ha.
- 02 projets de travaux.
- Des programmes d'aménagement des périmètres pour une superficie de 4731ha.

b. En matières PMH :

➤ Les programmes en cours :

- Réhabilitation d'aire d'irrigation 400ha.
- Réalisation d'aire d'irrigation 1200ha.
- Travaux d'équipements d'aires d'irrigation 700ha.
- Etudes des retenues collinaires 101.
- Réalisation de retenues collinaires 18 permettant la mobilisation de 06 millions de m³ pur l'irrigation de 1200 ha (**F.A.O, 2007**).

2.3.3. La politique hydraulique.

- Avant 70.

La politique de l'eau a été une sorte de continuité de ce qui avait prévalu avant l'indépendance. Par la suite, de nouveaux objectifs ont été définis par les pouvoirs publics et qui existent dans les différents plans de développements. Dans tous ces plans l'accent a été mis sur la mobilisation de l'eau, l'extension des superficies irriguées et l'amélioration des conditions d'hygiène des populations par le raccordement aux réseaux d'eau potable et d'assainissement. (Loucif, 2002).

- A partir 1980.

Le secteur a pu bénéficier d'un plan hydraulique national destiné essentiellement à définir les priorités, les objectifs et les moyens d'une politique en la matière.

Ce plan avait dégagé des orientations nouvelles : après la priorité quasi-exclusive accordée à la grande hydraulique, il a préconisé une relance de la petite et moyenne hydraulique (PMH) qui s'est traduite par la multiplication des forages, des lacs collinaires des dérivations d'oueds. (Loucif, 2002).

2.3.4. La stratégie du secteur des ressources en eau

En 1995 une nouvelle politique de l'eau a été mise en place, basé sur des principes nouveaux de gestion intégré, participative et écologique. Cette nouvelle politique s'est concrétisée par la création de cinq agences de bassin hydrographiques et de comité de bassin

- Création d'un ministère spécifique des ressources en eau (1999).
- Création de (ADE) et (ONA).
- Transformation des statuts d'EPA en EPIC de l'ANB et de l'AGID (en cours).

Les grands axes de la stratégie du ministère sont les suivantes :

- la maîtrise des connaissances (ressources, besoin).
- La protection du patrimoine existant.
- La mobilisation des ressources conventionnelles et non conventionnelles.
- Une nouvelles stratégie de gestion ; celle-ci incluse notamment les réformes institutionnelles, juridiques, l'introduction de nouvelles formules de partenariat avec le secteur privé, la gestion de la demande, la révision du système tarifaire, un programme

de communication et sensibilisation à l'économie de l'eau et à la préservation de la qualité.

2.3.5. La politique hydro agricole actuelle (A partir du 2002)

Pour une meilleure gestion de l'eau en termes d'efficacité et d'efficience, l'Etat a mis en place une politique d'irrigation dans le cadre du PNDA (plan national pour le développement agricole) lancé en 2002. Cette nouvelle politique vise à encourager les nouvelles techniques d'irrigation afin d'économiser l'eau et d'étendre les superficies à irriguer.

Des subventions importantes sont attribuées aux agriculteurs dans ce cadre. L'objectif visé par ce soutien financier est la redynamisation de l'agriculture algérienne en assurant :

- Une meilleure utilisation et valorisation des ressources naturelles ;
- La préservation des ressources naturelles pour un développement durable ;
- Une intensification de la production agricole dans les zones favorables et sa diversification dans le but d'améliorer la sécurité alimentaire nationale ;
- L'adaptation des systèmes de production aux vocations des sols des différentes régions du pays et aux conditions climatiques ;
- La promotion de l'emploi ;
- L'amélioration du revenu des populations agricoles.

2.4. L'état actuel des systèmes d'irrigations

Des gaspillages énormes sont entraînés par les méthodes d'irrigation traditionnelles (par rigoles et immersion) et par manque de formation à l'utilisation de l'eau de très nombreux néo-irriguant. Quand on sait la rareté de cette ressource et le coût élevé de sa mobilisation, il apparaît évident que toute intervention de l'Etat qui permet de l'économiser de façon conséquente est socialement hautement rentable.

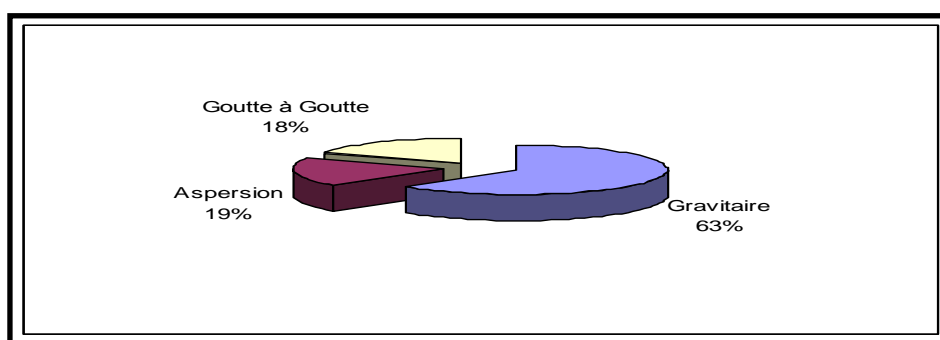


Figure 17 : Les systèmes d'irrigations pratiqués en Algérie.

Les nouvelles techniques d'irrigation peuvent diminuer les pertes de l'eau jusqu'à 50 %.

Tableau 21: Consommation en eau selon le mode d'irrigation (INSID, 2002)

Pour les besoins identiques, des apports différents		
Irrigation traditionnelle	Irrigation sous pression	
100 litres	70 litres	40 litres
Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte

Tableau22 : Situation actuelle des systèmes d'irrigation (MADR, 2007).

Années Techniques d'irrigation		2000	2001	2002	2003	2004	2005	Evolution en (%) 2000 -2005
GRAVITAIRE	Irrigué (ha)	275000	458421	433531	485019	516108	524503	90
ASPERSION	Irrigué (ha)	70000	102978	127570	138301	159739	153006	118
LOCALISEE (Goutte à Goutte)	Réalisé (ha)	5000	56028	83877	99000	117487	147697	2900
TOTAL		350000	617427	644978	722320	793334	825206	135

D'après ce tableau on remarque que les superficies irriguées ont doublé de 350 000 ha en 1999 à 825 206 ha en 2005.

Le système d'irrigation par aspersion a doublé de 70 000 ha en 2000 à plus 150 000 ha en 2005. Pour le système goutte à goutte, il a connu aussi une progression très remarquable passant de moins de 5 000 ha en (1999-2000) à plus de 147 697 ha en 2005, cette technique a permis d'enregistrer des gains en eau d'irrigation estimés à 470 millions de m³ soit l'équivalent d'une fois et demi le volume alloué annuellement à l'irrigation des grands périmètres irrigués classés. Ce volume économisé nous permet d'irriguer, en goutte à goutte,

une superficie supplémentaire de près de 58 000 ha (équivalent à presque une fois et demi la superficie irriguée annuellement au niveau des grands périmètres irrigués classés sans autant mobiliser une quelconque ressource).

2.5. L'évolution des superficies irriguées

La superficie irriguée n'a pratiquement pas évolué de 1960 à 1970. Au cours de 1980-84, environ 40 000 ha nouveaux ont été mis en irrigation, soit 8 000 ha/an ; 10 000 ha existants ont en outre été réhabilités.

Les superficies irriguées s'élevaient en 1989 à 378 000 ha; en 1995, elles ont atteint 454000 ha (y compris les épandages de crues), soit 50 % du potentiel irrigables.

Ces superficies sont de l'ordre de 498 430 ha en 1998 dont 37 % concernent les cultures maraîchères, 36 % pour les cultures fruitières, 14 % pour les céréales et le reste, soit 12 % pour les vignes, les cultures industrielles et divers (Loucif, 2002)

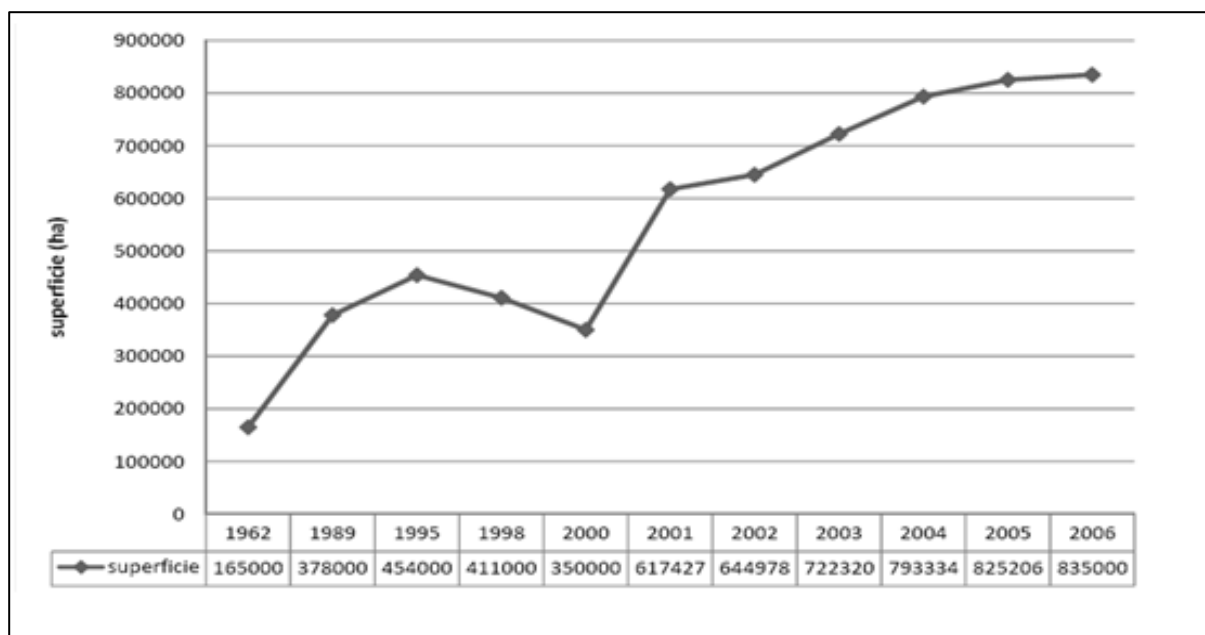


Figure18 : Evolution des superficies irriguées en Algérie

D'après ce graphe on remarque une extension significative de la superficie irriguée et ce, malgré les contraintes vécues ces dernières années par l'agriculture en matière de déficit pluviométrique, du fait qu'elle est passée de 350 000 ha en 1999 à 825 206 ha à la fin 2005, soit 475 206 ha de gain en surfaces irriguées, cela s'explique surtout par les efforts

enregistrés et la dynamique remarquée pour la mobilisation de la ressource en eau et l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation, telle que le localisé.

2.6. Les contraintes de l'hydraulique agricole algérienne

L'hydraulique algérienne a connu différentes phases depuis la période coloniale à nos jours. Plusieurs types de contraintes l'ont entravée et d'autres continuent à freiner son développement et rendent difficile la tâche du gestionnaire. D'une manière générale on peut trouver quatre types de contraintes : les contraintes naturelles, historiques, techniques et politico-économiques.

2.6.1. Les contraintes naturelles

L'Algérie possède des ressources hydriques très mal réparties dans l'espace. Il existe une forte disparité entre l'Ouest du pays (région riche en plaines mais mal arrosée) et l'Est (région montagneuse où s'écoulent les principaux oueds comme le Rhumel avec $910 \text{ hm}^3/\text{an}$) (**Imach, 2004**). Le climat est aléatoire et à dominante aride. Les précipitations sont très irrégulières : elles sont souvent sous forme d'averses qui causent parfois des inondations, à noter aussi les fortes évaporations causées par la chaleur, qui provoquent la sécheresse surtout aux mois de l'été. En outre, l'un des problèmes majeurs est l'érosion. Effectivement, et c'est bien connu, la terre cultivable perdue par ravinement est très importante en Algérie, ce qui envase les retenues et réduit considérablement leurs capacités (certains barrages ne sont plus qu'à un quart de leur capacité initiale) (**ANB, 1999**).

Selon l'**ANRH (1993)**, sur les 35 bassins versants de barrages étudiés, 8 sont érodés sur près de 40 % de leur superficie. Evidemment, les grands périmètres irrigués alimentés par ces barrages ne sont pas épargnés par ces problèmes, ils souffrent d'un manque d'eau crucial, dû entre autre au climat. Ce déficit, combiné à une tarification faible, engendre des problèmes financiers lourds pour les organismes de gestion chargés de l'entretien des réseaux et de la distribution de l'eau.

D'autre part, l'exploitation des aquifères côtiers entraîne un problème d'intrusion d'eau marine qui diminue la qualité de l'eau en fonction de la baisse du niveau piézométrique. Alger est actuellement alimentée en grande partie par un parc forage (165 forages) situé sur la partie Est de la nappe de la Mitidja (près de la cote) (**AGID, 2003**). D'autres forages sont en réalisation dans la partie Ouest (à Mouzaia notamment).

Une étude effectuée par l'ANRH dans la plaine de la Mitidja dans ce sens, montre que des rabattements allant parfois jusqu'à 30 m et ce durant les deux dernières décennies. Aussi l'invasion saline en Mitidja Est (baie d'Alger) a atteint une distance inquiétante de 1,6 km de la cote, ainsi que d'autres régions touchées.

2.6.3. Les contraintes historiques

Comme tout pays colonisé, l'Algérie a hérité de la France une hydraulique ayant ses avantages et ses inconvénients.

Après l'indépendance et jusqu'en 1981, la politique hydraulique était quasiment absente ; l'héritage laissé par le colonisateur français était trop lourd à gérer. Le manque d'ingénieurs et de techniciens en hydraulique s'est fait vite ressentir, aussi le manque de données suffisantes sur les oueds et leurs écoulements, ont fait que des ouvrages ont été construits et reconstruits à plusieurs reprises.

En effet, en cette période, les données physiques du milieu sur presque toutes les régions du pays et le manque de spécialistes, ont affecté à l'hydraulique algérienne un retard fort préjudiciable qui se fait ressentir actuellement, aussi la période d'insécurité qui régnait dans le pays a retardé de dix années de plus son évolution. Les besoins en la ressource se sont fait sentir, après un boum démographique.

Selon **Arrus 1998**, des investissements considérables ont été consentis ces dernières années, mais qui restent très insuffisants pour rattraper le retard cumulé dans le passé.

2.6.4. Les contraintes techniques

L'absence de techniciens et d'experts en hydraulique s'est fait vite ressentir, ceci a eu un impact conséquent sur le bon fonctionnement des infrastructures hydrauliques, ainsi que dans la réalisation des ouvrages futurs, destinés à alimenter une population en forte progression.

Actuellement, beaucoup de périmètres irrigués connaissent une situation de dégradation des infrastructures, due notamment au fait que la plupart des réalisations sont anciennes.

De plus, on observe des gaspillages et des pertes dans les réseaux qui sont estimées à 40 % pour l'AEP et 50 % pour les eaux d'irrigation, sans perdre de vue les pertes de capacités engendrées par l'envasement des barrages (1,07 milliard de m³ perdus) (**Imach, 2004**). L'évaluation économique de ces pertes s'élève à 0,62 % du PIB (**Ferrah et Yahaoui, 2004**).

En plus du manque de disponibilité de l'eau attribuée à l'irrigation, la gestion du peu disponible constitue une contrainte majeure dans l'optimisation des surfaces irriguées (généralement seuls des petits secteurs du périmètre sont programmés à la distribution, en fonction des disponibilités hydriques, parfois des secteurs ont de l'eau à la demande au détriment des autres secteurs).

On observe un retard important dans le développement des périmètres irrigués. Selon **l'AGID 2005**, sur les dix-sept périmètres irrigués existants qui correspondent à 170 000 ha équipés, seuls 40 000 ha sont effectivement irrigués et ce sont surtout les nouveaux périmètres.

A partir de 1980, les infrastructures hydrauliques existantes ne permettaient plus de répondre aux besoins en eau d'irrigation avec fiabilité à cause de leur dégradation, de l'absence de systèmes d'assainissement et de drainage, ce qui a conduit dans certains endroits à des problèmes irréversibles de salinisation des sols. Plusieurs constructions de nouveaux barrages ont été lancées, mais à un rythme trop long.

2.6.5. Les contraintes politico-économiques

Une brève rétrospective historique permet de relever une inflation d'institutions et de textes chargés de l'hydraulique. Pas moins de douze étapes ont caractérisé cette évolution institutionnelle et l'on peut dire qu'aucun schéma stable n'a pu fonctionner correctement. **(Ferrah et Yahiaoui, 2004)**.

Dès les années soixante-dix, le secteur de l'eau a pris une forme d'organisation étatique centrée sur la mobilisation des ressources publiques et les soutiens aux prix. De fait, la plupart des textes juridiques et réglementaires conçus entre 1970 et 1995, n'ont joué aucun rôle effectif sur le terrain ; ils ont au contraire contribué à la complication du fonctionnement et de l'organisation des institutions chargées de la gestion de l'eau. Au même titre, beaucoup d'organisations sociales de paysans ont connu un échec insurmontable devant l'étatisation de l'économie de l'eau.

Le manque de l'eau pluviale, la dégradation des infrastructures de la grande hydraulique, la gestion administrée de l'eau et la pratique de tarifs fortement subventionnés (qui n'encouragent pas l'économie de l'eau) entraînent les organismes de gestion dans des déficits budgétaires considérables qui les empêchent ainsi d'assurer correctement leur rôle, ce qui aggrave davantage la situation.

3. Les modèles de gestion des systèmes de barrage réservoir

Dans les pays arides et semi-arides, les gestionnaires doivent prendre en considération la rareté et l'irrégularité de la ressource d'une part et les besoins en eau d'autre part pour satisfaire la demande en eau des usagers au moindre coût de façon sûre et durable. Donc la gestion d'un système de réservoir doit

- permettre de satisfaire une demande qui peut avoir un fort caractère aléatoire ;
- faire face aux aléas climatiques (étiage ou crues prolongées) ;
- gérer les réserves en eau sur le moyen et le court terme.

3.1. Les différents niveaux de la gestion des systèmes réservoirs

On ce qui concerne la gestion d'un système réservoir, on distingue (**Souag, 2007**) :

- La gestion stratégique : c'est la gestion des réserves de la ressource en eau, elle consiste à définir une stratégie de répartition de l'eau sur une base annuelle en fonction de l'état initiale des réserves, des conditions climatiques, des contraintes environnementales et techniques liées à l'infrastructure installée. La gestion se fait à un pas de temps d'un mois et le cycle est annuel.
- La gestion tactique : elle concerne l'affectation des ressources aux différents usagers en fonction des besoins exprimés qui sont éventuellement affectés de priorités et soumis à des contraintes techniques résultant de l'infrastructure existante. Cette gestion se fait à un pas de temps de l'ordre du jour à la semaine et son horizon de l'ordre d'un mois à la saison.
- La gestion en temps réel où régulation : elle concerne les canaux et les ouvrages d'irrigation et vise à satisfaire les objectifs de distribution définis par la gestion tactique dont le pas de temps va de quelques minutes à quelques heures. Elle doit être adoptée aux techniques en œuvre de distribution de l'eau mises en aval de système.

3.2. La complexité des systèmes

Dans la gestion des réservoirs d'eau, il existe de nombreuses incertitudes, qui peuvent être classées en trois grands types (**Lebdi, 1996**)

3.2.1. Les incertitudes stratégiques

Elles interviennent lors de la discussion sur l'opportunité d'un aménagement et par suite d'un investissement. Il arrive qu'on soit incapable de prédire les objectifs futurs de l'ouvrage hydraulique et d'élaborer une planification correcte qui tient compte de cette vision dynamique de définition des objectifs.

3.2.2. Les incertitudes physiques

Pour cerner l'incertitude due à la variabilité des phénomènes hydrologiques dans le temps et dans l'espace, on se sert d'outils statistiques dans les modèles mathématiques de gestion de l'eau.

3.2.3. Les incertitudes technologiques

A la méconnaissance des processus physiques (relation entre la pluie et le débit qui ruisselle vers le barrage, évaluation correcte des besoins en eau, fonction de production reliant la quantité d'eau à la plante et son rendement,... etc.) et économiques (comportement de l'agriculteur face au marché, choix de culture moins consommatrice en eau et plus rémunératrices,... etc.), s'ajoute la nature de l'information disponible (information incomplète et limitée dans le temps, entachée d'erreurs, ...etc.).

3.3. Les objectifs de gestion

Il existe plusieurs objectifs dans la gestion des systèmes hydrauliques, où on peut citer :

3.3.1. La régulation des débits d'apports

Un barrage peut avoir un rôle de laminage des crues ou de soutenir un étiage (sous un climat à forte irrégularité), l'objectif est donc valorisation de l'eau (**Yiping et Chen, 2013**).

3.3.2. L'irrigation

On sait que dans les pays arides et semi-arides, Les apports pluviométriques ne correspondent pas avec les besoins hydriques des plantes, parce que pour la plus part des années, l'essentiel des apports proviennent des pluies dites automne/hiver. Les apports au printemps sont non négligeables. En été, on peut considérer les apports au barrage et la réserve du sol comme quasi nuls malgré certains apports d'orage. En effet, l'incertitude d'apport d'eau en début d'automne existe toujours, ce qui impose que pour les grands barrages, la gestion est interannuelle. Il ne

s'agit pas de vider le barrage en fin de période de gestion car il faut toujours s'assurer d'un stock minimal.

3.4. Exemple règles de gestion

Quelques règles de gestion simples et classiques empruntées à **Parent (1990)** sont présentées ci-après. Ces règles correspondent à une décision prise d'après les états du système. On a trois catégories de règles:

- règles empiriques ou recalage sur une courbe objectif
- règles linéaires
- règles paramétrées

3.4.1. Règles empiriques par courbes objectifs de remplissage

Le gestionnaire observe de façon continue des niveaux dans le barrage et les rivières afin de juger de la situation actuelle et pour pouvoir définir des zones de fonctionnement du réservoir.

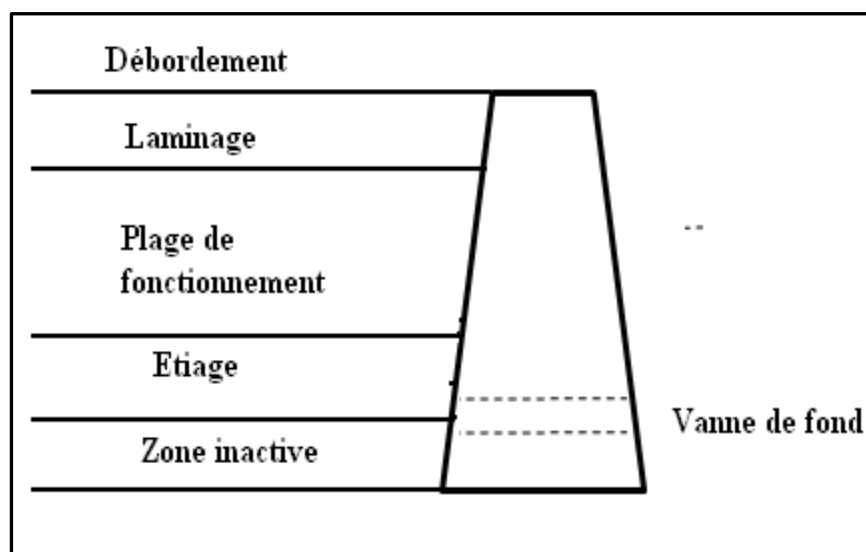


Figure 19 : Zones de fonctionnement du réservoir

Selon la figure 19 on distingue :

La **zone de fonctionnement** normale où se situe l'état idéal du réservoir et qui permet une marge due aux aléas hydrologiques.

La **zone d'écrêtement** qui permet de faire face à des crues. Au-delà de cette zone, il y a débordement.

La **zone d'étiage** où il faut réduire le plus sévèrement possible les lâchers.

La **zone inactive**, sous le niveau de la prise d'eau.

L'épaisseur de zone de fonctionnement) de fonctionnement fluctue au cours de l'année, ce qui permet de modéliser des effets tampons plus faibles en périodes critiques (**Figure 20**).

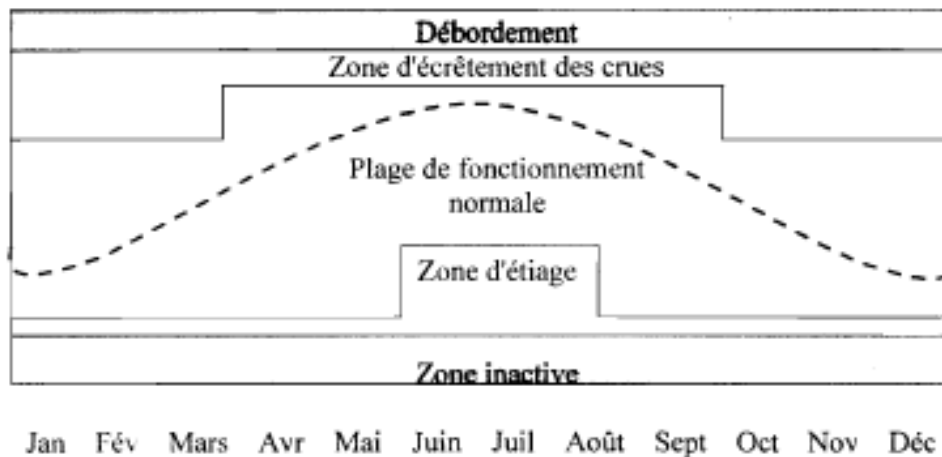


Figure 20: Variation des zones de fonctionnement au cours de l'année.

L'objectif du gestionnaire est donc de se rapprocher le plus possible de cette courbe de fonctionnement idéal pour éviter les carences et retomber sur les mêmes conditions initiales chaque année (**Pabiot, 1999**).

Une stratégie de gestion consiste à choisir un lâcher fonction linéaire du stock dans le réservoir (V) et des apports (Ap):

$$L(t) = a + b V(t) + c.Ap(t)$$

Où a , b et c représentent des constantes périodiques dans le cas de réservoir unique ou des matrices périodiques dans le cas d'un système multi-varié.

On peut déterminer sa stratégie en fonction de la position à l'instant t dans le plan (V , Ap):

(**Figure 21**)

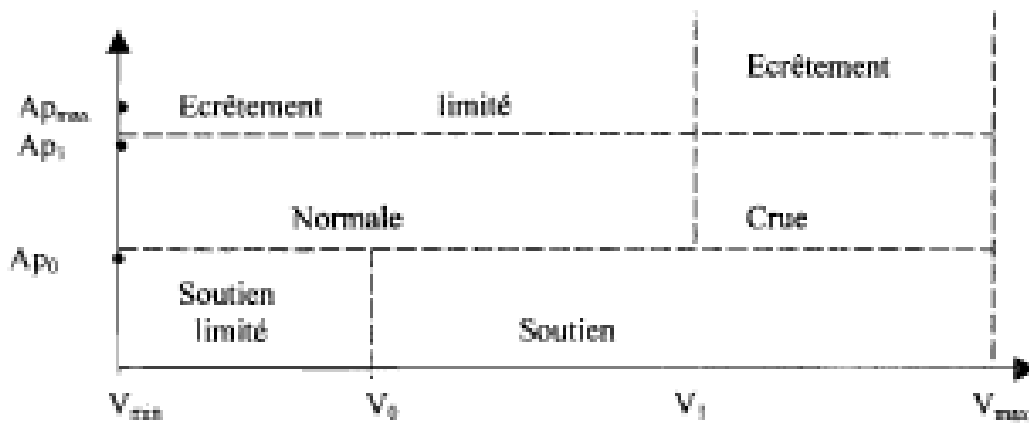


Figure 21: Stratégies placées dans le plan (V, Ap)

Stratégie normale: on cherche alors à rejoindre le stock objectif en un faible nombre de pas de temps.

Stratégie d'écrêtement : l'apport est très élevé. On décide que $L(t) = Ap_1 = \text{lâcher normal}$

Stratégie d'écrêtement limité : l'apport est très élevé mais le stock est déjà grand, il faut alors trouver un compromis entre l'écrêtement et le lâcher maximal: $L(t) = \alpha Ap_1 + (1 - \alpha) Ap_{\max}$, Ap_{\max} correspondant aux potentialités de lâchure maximale de la retenue.

Stratégie de crue : on cherche un compromis entre rejoindre le stock objectif en un faible nombre de pas de temps et une stratégie d'écrêtement.

Stratégie de soutien : apport faible mais stock suffisant. On considère $L(t) = Ap_0$

Stratégie de soutien limité : apport et stock faible. On décide alors d'un compromis entre une politique de soutien et une politique de restriction afin de retarder le moment où l'on arrivera à V_{\min} , en espérant qu'il y ait des apports futurs.

3.4.2. Règles empiriques paramétrées de gestion (Lebdi et al. 1997)

La règle traduit le comportement du gestionnaire de la ressource avec la logique suivante:

- Quand le niveau de stock est faible, le gestionnaire sera prudent pour augmenter ou diminuer l'allocation d'eau, selon un schéma par exemple linéaire.

- Pour un stock d'eau variant dans les limites moyennes, le gestionnaire restera encore prudent en apportant un pourcentage de la satisfaction en eau, espérant des apports futurs.
- Pour les stocks d'eau approchant la capacité maximale du barrage, le gestionnaire tend vers une satisfaction totale de la demande avec un souci d'écrêtement de crues. Le schéma est supposé linéaire (figure 22).

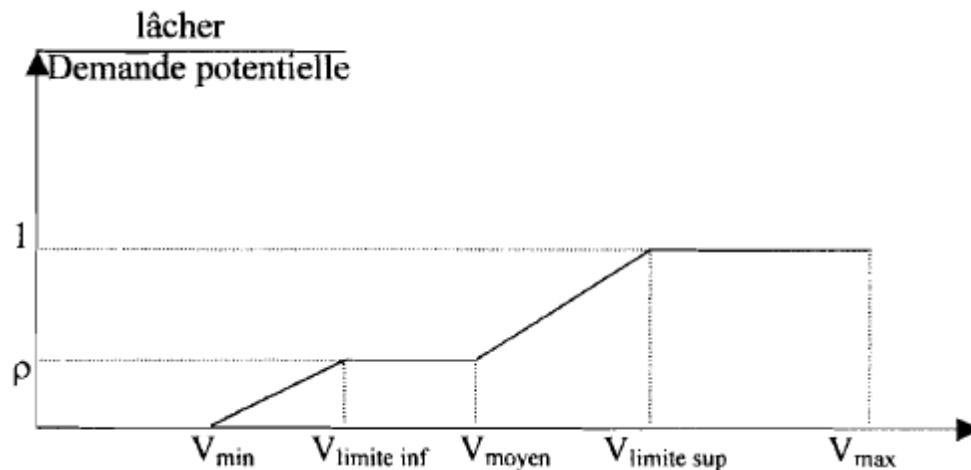


Figure 22: Règle de gestion empirique

Les paramètres de gestion (pente des droites et seuils de la figure ci-dessus) sont déterminés par simulation et/ou reconstitution historique. Ils peuvent être estimés pour différents scénarios (ex: années humides, sèches).

3. 5. La gestion par modélisation:

3.5.1. Système dynamique déterministe et-stochastique

La gestion rationnelle d'un système peut être supportée par des outils d'aide à la décision. Le système peut alors être représenté d'un pas de temps à un autre selon deux évolutions :

- déterministe utilise des données d'entrées connues à priori
- Evolution stochastique utilise des données d'entrées définies par un aléa.

La réalité hydrologique impose toujours une évolution stochastique du système. En outre, la formulation d'un modèle, se définit par:

- Les états du système, correspondant aux niveaux d'eau dans la retenue, au niveau de l'apport, de l'évaporation et des pertes dans la retenue.
- Les commandes, sont des variables sur lesquelles le gestionnaire peut agir, comme les lâchers.
- La fonction d'évolution du système qui dépend du temps en plus des deux paramètres précédents:

$$V(t+1) = V(t) + Ap(t) - Vev(t) - L(t) - Vd(t)$$

Avec: $V(t)$: volume de la retenue à l'instant t

$Ap(t)$: apport à la retenue à l'instant t

$Vev(t)$: évaporation de la retenue à l'instant t

$L(t)$: lâcher à l'instant t

$Vd(t)$: déverse à l'instant t

Remarque: Cette fonction d'évolution peut être plus complète en ajoutant d'autres termes telles que les infiltrations, les écoulements.....etc.

- Les contraintes du système qui peuvent être d'ordre physique (capacités de transfert et de stockage limitées) ou d'ordre institutionnel (seuil minimum pour garantir un niveau recherché).
- La fonction objectif, permettant d'évaluer les performances d'un système en terme de manque ou de gains, comme par exemple de minimiser sur la période de gestion, la somme des carrés des écarts entre les lâchers et les demandes en eau.

3.5.2. Modèle déterministe gestion d'un barrage

Par définition, toutes les variables d'entrée pour chaque pas de temps ($Ap(t)$ et $Vev(t)$) sont connues dans le cas d'un modèle déterministe. Alors, les différents niveaux d'eau ne dépendent que des décisions de lâchers. Compte tenu des problèmes de conditions aux limites (réservoir vide et déverse). Il est difficile de définir analytiquement la fonction décrivant l'évolution du système (**Howard, 1969**). Il faut donc trouver les relations entre la fonction d'évolution et ses contraintes pour pouvoir ensuite estimer chaque état du système.

Prenons l'exemple où - la fonction d'évolution s'écrit:

$$V(t+1) = V(t) + Ap(t) - Vev(t) - L(t) - Vd(t)$$

- les contraintes sont

$V(t+1) > 0$ et $V(t+1) < V_{max}$, sinon il y a déverse et $V_d = V(t+1) - V_{max}$,

Les contraintes donnent les conditions aux limites suivantes:

$$V \in [0, V_{max}]$$

$$L \in [0, V(t) + A_p(t) - V_{ev}(t) - V_d(t)]$$

$$V_d(t) = \text{Sup}(0, V(t+1) - V_{max})$$

$$V(t+1) = \text{Inf}(V_{max}, V(t) + A_p(t) - V_{ev}(t))$$

Ainsi, la fonction d'évolution est vraie si les conditions aux limites sont respectées.

La fonction objectif n'intervient qu'après l'évolution du système pour juger de la pertinence de la décision de lâcher. Cette fonction doit exprimer de la qualité du résultat par rapport aux objectifs. Par exemple, pour illustrer la satisfaction de la demande en eau elle pourra s'écrire comme le rapport de la fourniture sur la demande.

3.5.3. Modèle stochastique de gestion d'un barrage.

Dans ce cas, les apports ne sont plus connus pour chaque pas de temps. Pour une décision de lâcher, la fonction d'évolution donnera plusieurs résultats possibles selon l'apport considéré. La probabilité d'avoir le volume d'eau V à $(t+1)$ est égal à la probabilité conditionnelle d'avoir l'apport $A_p(t)$ sachant que la fonction donnant l'évolution du système est réalisable. Ainsi, pour un niveau initial, le système évoluera vers au plus (n) états finaux; (n') étant le nombre d'apports possibles, Il est donc nécessaire que l'ensemble des apports soit discrétisé en un nombre fini de valeurs. En parallèle, le réservoir est aussi discrétisé, ce qui permet d'envisager des lâchers d'eau par unités de discrétisation. MORAN (1954) a fait de nombreux travaux dans ce domaine et a montré qu'un schéma simple de discrétisation de réservoir était suffisant pour une modélisation correcte (**Figure 23**)

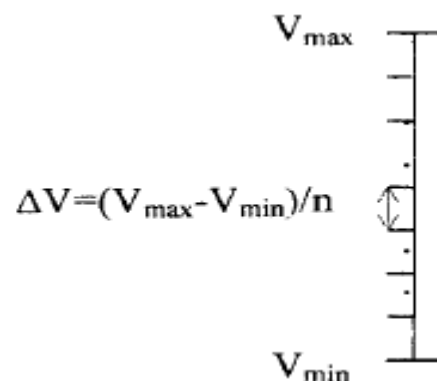


Figure 23: Discrétisation des réservoirs par Moran

Le problème est donc de déterminer les apports potentiels à chaque pas de temps. Il se présente alors deux cas possibles:

- Les apports sont indépendants les uns des autres: dans ce cas, il est possible de trouver une **variable aléatoire** permettant de déterminer la probabilité d'apparition d'un apport.

Les apports ne sont pas indépendants: Les idées dépendent alors de l'historique du processus. Il faut donc connaître l'évolution du niveau n entre 1 et t , et des apports entre 1 et $(t-1)$.

Le concept de la chaîne de **Markov** permet d'estimer la probabilité d'obtenir certains apports à $(t+1)$ à partir de la fonction de distribution de probabilité qui dépend uniquement de la valeur d'apport à t . En d'autres termes, si on connaît l'histoire du système jusqu'à l'instant actuel, son état présent résume toute l'information utile pour connaître son comportement futur.

$$\text{Prob}\{ \text{Ap}(t) / \text{Ap}(t-a), \dots, \text{Ap}(0) \} = \text{Prob}\{ \text{Ap}(t) / \text{Ap}(t-1) \}$$

Le **lien d'un pas de temps à un autre** est exprimé par la **matrice de transition** contenant toutes les informations concernant l'évolution du système (stocks, lâchures, apports). La probabilité pour que les apports à $(t+1)$ soient $\text{Ap}_j(t+1)$ sachant que les apports à (t) étaient $\text{Ap}_i(t)$, est:

$$\text{Ap}_j(t+1) = \text{Ap}_i(t) \times \text{P}_{i,j}$$

Avec $\text{P}_{i,j}$ probabilité de transition d'un apport Ap_i à un apport Ap_j

3.6. Quelques modèles d'optimisation

Plusieurs études ont surtout porté sur l'application de deux approches principales, à savoir l'optimisation et de la simulation.

Un modèle d'optimisation c'est un modèle mathématique qui permet de chercher la fonction objectif c'est-à-dire évaluer les performances du système en termes de défaillances ou de gains.

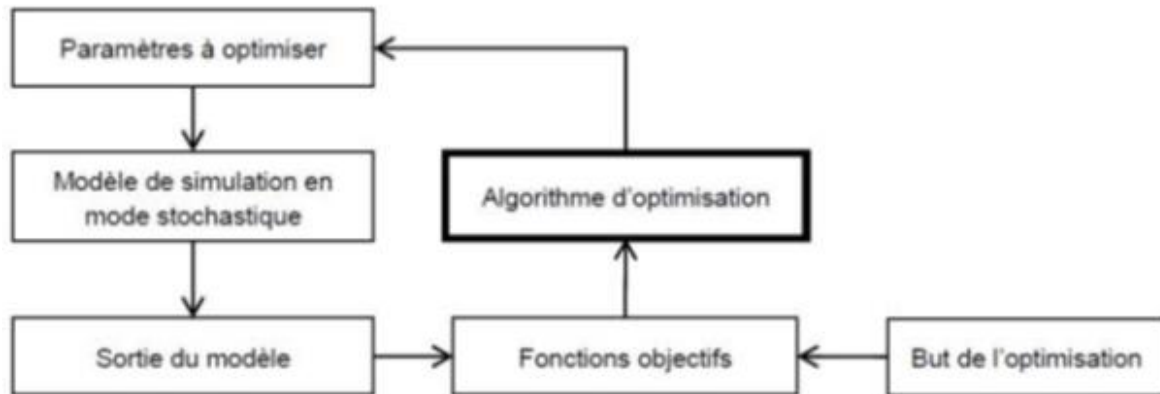


Figure 24. Structure du modèle d'optimisation

Les méthodes analytiques d'optimisations sont essentiellement la programmation linéaire, la programmation non linéaire et la programmation dynamique appliquées en environnement déterministe ou stochastique. Le but recherché par ces modèles est l'optimisation d'une fonction objectif à une ou plusieurs variables, soumise à un ensemble de conditions à satisfaire qui constituent les contraintes et définissent la région de faisabilité.

Les modèles de simulation permettent de juger le choix d'une combinaison quelconque de paramètres et d'identifier la meilleure solution du problème original, en reproduisant les conséquences des différents scénarii de politiques d'exploitation d'un système sur l'évolution de ce dernier.

Les modèles de simulation ont été combinés aux méthodes d'optimisation analytiques ainsi qu'aux méthodes heuristiques dans le but de sélectionner les meilleures règles de décision.

3.6.1. Optimisation par programmation linéaire

La condition d'application d'une telle optimisation est que la fonction d'évolution soit linéaire, c'est à dire, les paramètres ainsi que la décision de lâcher étant choisis, il existe un seul état d'évolution du système:

$$\mathbf{V}(t+1) = \mathbf{V}(t) + \mathbf{A}p(t) - \mathbf{V}ev(t) - \mathbf{L}(t) - \mathbf{V}d(t)$$

Avec par exemple: $I(t) = a + b V(t) + c Ap(t)$

Dans un premier temps il s'agit de définir une fonction objective (linéaire) qui traduise les désirs de gestion sous la forme d'une équation mathématique. Il s'agit en fait de choisir un critère de performance pour juger de la pertinence du passage d'un pas de temps à un autre selon la

décision prise. La minimisation ou la maximisation de ce critère permettra de prendre les décisions optima par rapport aux objectifs fixés.

Exemple: le gestionnaire désire avoir un niveau d'eau dans la retenue le plus proche possible d'un niveau objectif, on pourra définir une fonction du type "minimiser les écarts par rapport à ce niveau de consigne":

$\text{Min}\{(\mathbf{V}(t) - \mathbf{V}_{\text{objectif}}(t))^2\}$ = critère d'optimisation

Ce critère d'optimisation sera donc calculé pour chaque décision de lâchers possibles, et le lâcher optimum retenu correspondra au minimum de la valeur des critères calculés. Dans le cas d'une programmation linéaire déterministe, on connaît toutes les variables qui sont uniques pour chaque pas de temps, il y a donc une évolution linéaire du système, on peut donc appliquer une optimisation de ce type. Le problème est de choisir un niveau objectif en fonction de quelques critères. Cependant, tous les paramètres hydrologiques sont de caractère incertain, c'est pour cela que des méthodologies ont été développées pour prendre en considération le caractère non déterministe, aléatoire des paramètres des modèles de gestion, c'est la programmation linéaire stochastique.

3.6.2. La programmation linéaire stochastique pour des processus markoviens

Si nous sommes dans un cas où les apports sont indépendants les uns des autres, le concept de la chaîne de Markov permet d'estimer la probabilité d'obtenir certains apports à (t+1) à partir de la fonction de distribution de probabilité qui dépend uniquement de la valeur d'apport à t (**Lebdi, 1996**). Le passage d'un niveau à l'autre se fait selon une matrice de probabilités.

$\text{Prob}\{\mathbf{A}_p(t) / \mathbf{A}_p(t-1), \dots, \mathbf{A}_p(0)\} = \text{Prob}\{\mathbf{A}_p(t) / \mathbf{A}_p(t-1)\}$

C'est-à-dire la connaissance de l'histoire du système jusqu'à l'instant actuel, son état présent résume toute l'information utile pour connaître son comportement futur (Pabiot, 1999). Le passage d'un pas de temps à un autre se fait selon une matrice de probabilités est exprimé par une matrice de transition contenant toutes les informations concernant l'évolution du système. La probabilité pour que les apports à (t+1) soient $\mathbf{A}_{pj}(t+1)$ sachant que les apports à (t) étaient $\mathbf{A}_{pi}(t)$, est:

$\mathbf{A}_{pj}(t+1) = \mathbf{A}_{pi}(t) \times \mathbf{P}_{ij}$

- \mathbf{P}_{ij} : probabilité de transition d'un apport \mathbf{A}_{pi} à un apport \mathbf{A}_{pj}

$$\text{Avec : } \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1$$

$$0 \leq P_{ij} \leq 1$$

3.6.3. Optimisation par programmation dynamique stochastique (PDS)

La programmation dynamique, est une procédure d'optimisation d'un processus de décision en plusieurs étapes, chaque étape comprend un certain nombre d'états. La popularité et le succès de cette technique est attribué à sa capacité d'intégrer les non linéarités et les aspects stochastiques, qui caractérisent le problème, dans le processus de résolution dynamique. Dans la programmation dynamique appliquée aux systèmes de réservoirs, la variable d'état est le volume stocké, et la variable de décision est le volume fourni, l'état représente la période de temps t et la transformation d'un état à un autre est caractérisée par la fonction de continuité :

$$S_{t+1} = S_t + I_t - R_t - e_t$$

Sous les contraintes :

$$S_{\min} \leq S_{t+1} \leq S_{\max} \text{ et des contraintes sur } R$$

Avec :

S_t : Volume stocké à la fin de l'intervalle de temps t ;

R_t : Volume fourni à la fin de la période t ;

I_t : Volume entrant dans le réservoir pendant l'intervalle de temps t ;

S_{\max} : Niveau maximal du réservoir à ne pas dépasser ;

S_{\min} : Niveau minimal dans le réservoir au-dessous duquel on cesse toute fourniture d'eau ;

e_t : pertes par évaporation pendant la période de temps t .

La programmation dynamique stochastique est une extension de la programmation dynamique qui prend en compte la nature stochastique de volume entrant dans le réservoir ; les volumes entrants peuvent être considérés suivant un processus Markovien.

Choix d'une fonction objectif :

Comme dans toute sorte de gestion la Fonction objectif doit représenter d'une manière mathématique les attentes du gestionnaire. Son choix reste délicat, car elle est le centre de la gestion et exclue tout autre caractère qu'elle n'explique pas.

Exemple:

Minimiser la non satisfaction des usagers et le déficit du remplissage (Lebdi, 1996)

$$C^{(t)} = \underbrace{\alpha \left[\sum_{J=1}^M P_J \times \left(\frac{V^{(t+1)} - V_{\text{consigne}}}{V_{\text{max}}} \right)^2 \right]}_{\text{Critère fonction des apports}} + \underbrace{(1 - \alpha) \left(\frac{L^{(t)} - D^{(t)}}{D_{\text{max}}} \right)^2}_{\text{Critère déterministe}}$$

- V_{t+1} : volume du réservoir au temps $t+1$;

- P_J : probabilité d'apparition de l'apport J ;

- L : volume d'eau lâchée à l'aval du barrage ;

- D : demande en eau par le périmètre ;

- α : Facteur de pondération donnant un poids aux deux termes de l'expression "critère" ;

- V_{consigne} : volume minimal jugé satisfaisant pour la gestion. Au-dessus de ce niveau, on considère qu'il y a suffisamment d'eau et que nous pouvons lâcher de l'eau pour l'irrigation.

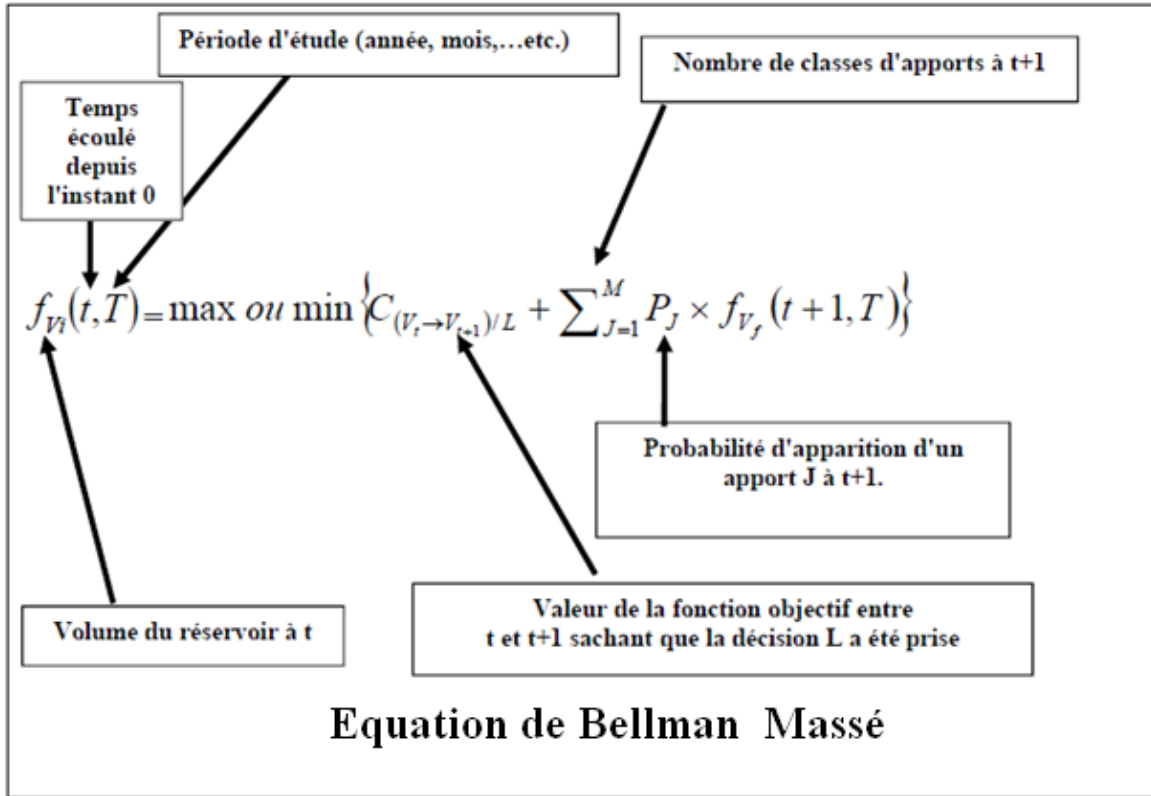
En dessous, il faut faire attention aux lâchers, où nous pouvons satisfaire uniquement qu'une partie de la demande. En gestion interannuelle d'un grand barrage, il est souvent conseillé de prendre ce stock égal à la médiane des apports annuels (Lebdi, 1996),

- J : classes d'apports parmi les M classes possibles.

3.6.4. La relation fondamentale de l'optimisation par programmation dynamique Stochastique

Le processus d'optimisation par PDS est basé sur l'équation de Bellman-Massé (1957).

Cette équation est récursive car la répétition se fait par temps décompté. Elle permet d'optimiser le critère de performance en tenant compte des aléas des apports.



Cette méthode est basée sur des "coûts" déduits du critère d'optimisation :

- C (Vt-Vt+1)/L correspond au coût de transition entre l'état du stock Vt initial et Vt+1 final.
- fVf(t+1, T) correspond au coût des transitions pour les pas de temps à venir.

La valeur de Bellman-Massé à un instant donné permet d'en déduire sa valeur au pas de temps précédent ainsi que le meilleur lâcher correspondant. De plus cette méthode raisonne en temps décroissant ce qui permet de faire une gestion fonction du futur. Cette méthode permet aussi de ne pas tenir compte des événements passés (Lebdi, 1996). Pour obtenir une valeur unique du coût de transition, nous calculons l'espérance mathématique de tous les coûts.

$$C_{(V_t \rightarrow V_{t+1})/L} = \underbrace{\alpha \left[\sum_{J=1}^M P_J \times \left(\frac{V^{(t+1)} - V_{consigne}}{V_{max}} \right)^2 \right]}_{\text{Coût espéré (dépend des apports aléatoires)}} + \underbrace{(1 - \alpha) \left(\frac{L^{(t)} - D^{(t)}}{D_{max}} \right)^2}_{\text{Coût instantané (dépend de variables déterminées)}}$$

Nous pouvons alors écrire la relation récursive comme suit:

$$f_{V_i}(t, T) = \min_L \left\{ (1-\alpha) \left(\frac{L^{(t)} - D^{(t)}}{D_{\max}} \right)^2 + \left[\sum_{j=1}^M P_j \times \left(\alpha \left(\frac{V^{(t+1)} - V_{\text{consigne}}}{V_{\max}} \right)^2 + f_{V_i}(t+1, T) \right) \right] \right\}$$

Coût total optimal de la transition entre t et t+1

-coût instantané : est basé sur la satisfaction de la demande en eau. Il est dû à la décision de lâcher.

-calcul du coût espéré: Le coût espéré dépend de toutes les évolutions possible du volume du réservoir pour cela la garantie d'un stock consigne, et on associe chaque transition à son espérance mathématique. Le coût espéré sera donc la somme des espérances des évolutions possibles du système.

Conclusion

La gestion de l'eau "consiste à organiser grâce à des instruments réglementaires, financiers, technologiques, l'interface entre le milieu hydrique et le milieu social de telle sorte que celle-ci soit satisfaisante, selon les exigences socialement exprimées à son endroit", sachant que ces exigences sont "très diverses et souvent contradictoires".

On peut définir une politique de gestion de l'eau comme l'ensemble des interventions et des mesures qui ont pour objet la correction des déséquilibres entre l'offre et la demande des ressources hydriques, soit dans les aspects quantitatifs ou qualitatifs. En principe, l'élaboration d'une politique de gestion devient très complexe à cause des caractéristiques physiques, économiques et culturelles de la ressource.

L'utilisation d'un modèle de programmation mathématique pour l'analyse des politiques agricoles exige au préalable de vérifier que le modèle reproduit les choix de production réels observés dans le contexte initial.

Le mode d'usage de l'eau permet de prendre en compte l'offre et la demande en eau, de connaître qui est impliqué dans sa gestion et de comprendre dans quel sens la situation peut évoluer ou régresser. Notre région d'étude, le périmètre de la Mitidja Est (Hamiz littoral) présentée dans le chapitre suivant, sera examinée au travers une grille d'analyse.

Chapitre III. Présentation de la région d'étude

L'objectif du présent chapitre consiste à la description du périmètre irriguée d'ElHamiz et donner un aperçu sur la situation actuelle de ce dernier, d'une part sur les potentialités des ressources en eau et les contraintes, et d'autres part sur les efforts de mobilisation de ces ressources et leur allocation intersectorielles et en fin sur le bilan hydraulique ressources-demande.

1. Historique de la Mitidja

1.1 Période précoloniale

Pendant la période précoloniale, la plaine de la Mitidja était caractérisée par un élevage extensif et une faible occupation des sols (les marécages occupaient de vastes étendus). En effet, l'agriculture pratiquée est une agriculture traditionnelle basée sur les cultures vivrières et l'élevage de mouton sur parcours. Pendant cette période il existait deux types de propriétés foncières résultat d'une combinaison du droit coutumier et du droit musulman. Il s'agissait de la propriété individuelle (melk) assez rare, et surtout différentes formes de propriétés collectives (aarch) et publiques (beylik et makzen) bien plus répandues.

5.2. Période coloniale

La Mitidja a été un cadre idéal au développement de l'agriculture du moment où il était possible d'exporter la production vers la métropole. Au tout début, les cultures qui s'y sont développés étaient le tabac, le coton, les céréales pour ne citer que ceux-là. C'est à partir de 1880 à peu près que la plaine se transforme rapidement et radicalement mettant à profit la crise phylloxérique qui détruit le vignoble français à partir de 1875. Cette forme d'agriculture, typiquement capitaliste, s'est implantée dans la Mitidja comme dans les autres régions d'Algérie, à la faveur des conditions de marché favorables créés par la crise phylloxérique française. Les produits agricoles sont destinés à l'exportation ou aux colons européens et non à la consommation indigène.

1.3. Après l'indépendance

La souveraineté de l'Etat algérien retrouvée s'est totalement cristallisée dans la récupération et la gestion de ces terres, avant même la nationalisation des hydrocarbures dans les années 1970.

Les domaines autogérés (DAG) qui s'étendaient sur plus de 60% des terres de la Mitidja, plaine la plus fertile du pays, ont de tout alimentés des phantasmes et les appétits ainsi que les critiques les plus acerbes. De ce fait dès 1982, un constat d'échec a été, sur la base des faibles performances du secteur autogéré, en réalité il s'agit d'une vaste offensive dirigée contre l'ensemble du secteur économique public accusé d'être ingérable et non rentable. De ce fait la réforme globale engagée par le gouvernement de l'époque (1982) pour améliorer la rentabilité du secteur public consistait surtout en sa restructuration.

6. Le cadre géographique

La Mitidja est une plaine alluviale longue et étroite, son territoire s'étend sur une superficie de 1450 Km² avec une longueur moyenne de 100 Km et une largeur moyenne de 14 Km. Elle s'étire entre l'Atlas Blidéen au Sud et les hauteurs du Sahel et la mer au Nord. Avec les coordonnées géographiques de 36° de latitude Nord et 3° de longitude Est, le chef-lieu de wilaya est situé à 40 km au Sud de la capitale Alger, à environ 20 km des cotes du Sahel Algérois. La plaine de la Mitidja est répartie entre les wilayas d'Alger, de Blida, de Tipaza et de Boumerdès ; trente-neuf communes y ont leur chef-lieu, mais vingt-six seulement ont la totalité de leur finage entièrement inscrit dans la plaine (**Figure 25**).

Ces communes du nord au Sud et d'Ouest en Est sont: Hadjout, Sidi Rached, Koléa, Chaïba, Meurad, Bourkika, Ahmer el Ain, El Affroun, Attatba, Mouzaïa, Chiffa, Oued el Alleug, Blida, Beni Tamou, Beni Mered, Boufarik, Soumaa, Guerouaou, Birtouta, Chebli, Benkhelil, Bouinan, Elharrach, Berraki, Bougara, l'Arbaa, Meftah, Ouled Slama, Dar el Beïda, Khemis el Khechna, Rouïba, Ouled Moussa, Boudouaou, Boudouaou el Bahri, Reghaïa, Kaddara, Kharouba, Ouled Hadjadj, Hammadi, La carte suivante montre la position de la plaine de la Mitidja dans le nord algérien.

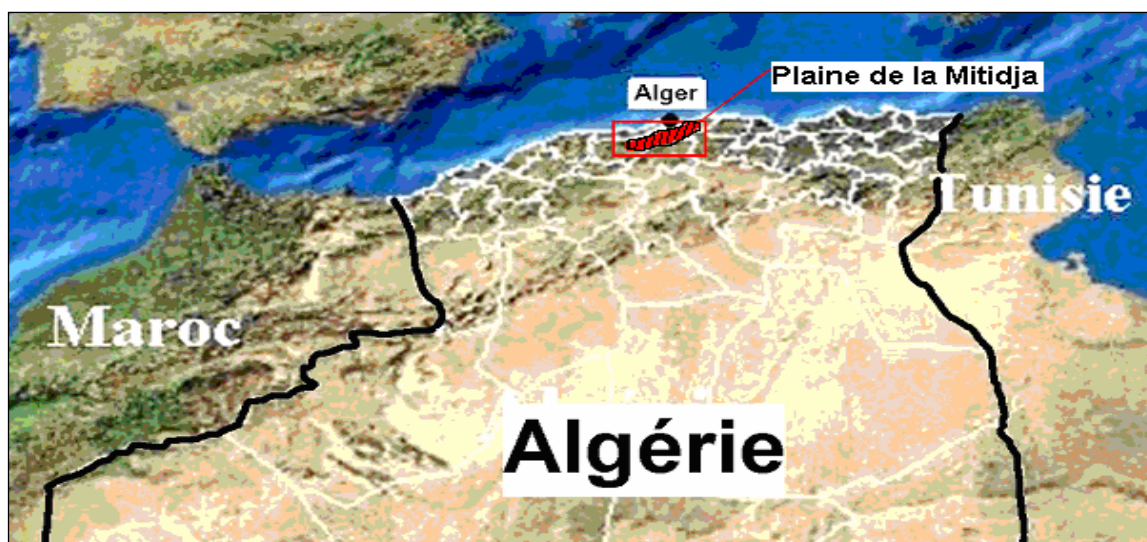


Figure 25: Position géographique de la plaine de la Mitidja en Algérie du nord.

(www.fao.org).

2.1. Division géographique de la plaine de la Mitidja.

Du point de vue de l'aménagement hydro agricole la Mitidja est divisée en deux zones géographiques : Mitidja Est et la Mitidja Ouest (Figure 26).

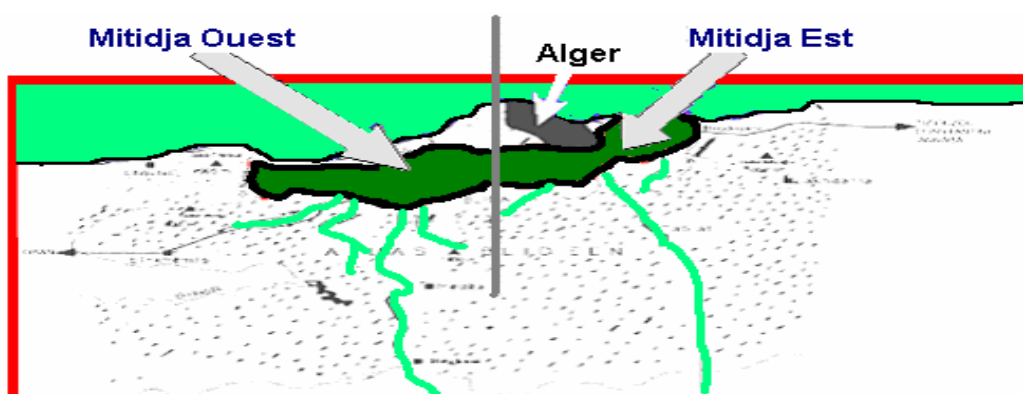


Figure26 : Division géographique de la plaine de la Mitidja.

Cette division renvoie, en particulier, aux deux grands périmètres irrigués que compte la plaine :

- Le périmètre irrigué de la Mitidja Ouest, couvre une surface de 8600 ha qui s'étale sur deux wilayas (Alger et Blida). Il a été mis en eau en 1988. Il est irrigué à partir du Barrage de Bouroumi et des nappes souterraines. Il est situé à 55 Km d'Alger. Il est limité par l'oued Chiffa à

l'Est, le piémont de l'Atlas Blidéen au Sud, l'oued Djer à l'Ouest et les collines du Sahel Algérois au Nord.

-Le périmètre d'irrigation existant du Hamiz est situé à l'extrême Est de la plaine de la Mitidja. Il a été construit pendant la période coloniale, et mis en eau en 1937, le réseau s'étend sur une superficie géographique de 18000 ha environ, il s'étale sur trois wilayas : Alger, Blida et Boumerdès. Le périmètre est divisé en deux parties distinctes par l'autoroute: le Hamiz Nord (littoral), situé sur les collines du sahel Est et le Hamiz plaine qui correspond à la partie sud du périmètre. Le littoral est alimenté à partir du marais de Réghaia et des champs de captage de Bouréah et selon les disponibilités avec un complément à partir du barrage du Hamiz, par contre la plaine dépend exclusivement du barrage. Les infrastructures de ce périmètre sont très vieilles ce qui diminue considérablement les superficies irriguées qui ne dépasse pas 10000 ha (auxquelles il faut rajouter l'expansion démographique et les effets d'une urbanisation sauvage) et c'est à cette zone que se rapporte la présente étude (**Figure 27**).

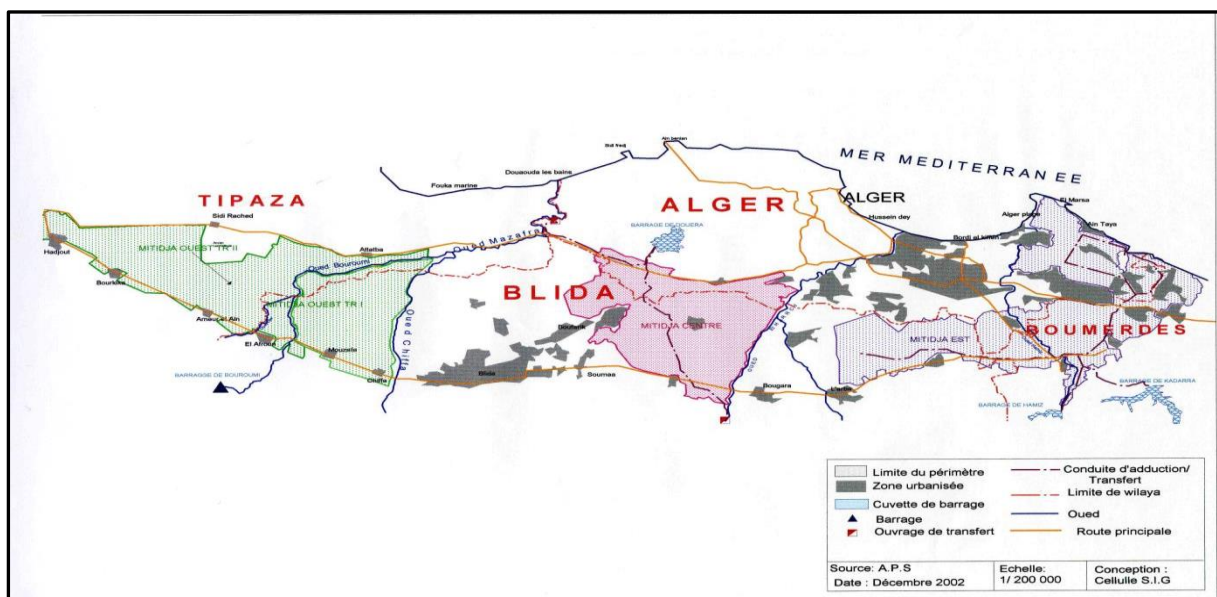


Figure 27: Plan de situation des périmètres de la Mitidja.

7. Problèmes de la gestion de la nappe de la Mitidja

Les problèmes de la gestion de la nappe de la Mitidja sont nombreux, nous citerons les plus importants (ANRH, 2004). La nappe de la Mitidja est partagée entre 4 wilayas et chacune d'elle planifie et réalise son propre programme de forages sans se soucier des disponibilités de la ressource et ce en dehors des forages réalisés par les APC. A titre d'exemple :

L'ANRH n'a aucune idée sur le programme des forages réalisés par les chinois pour la DHW d'Alger.

L'urbanisation accélérée des grands centres urbains au détriment des terres agricoles et sans tenir compte de la disponibilité de la ressource. La prolifération des forages illicites aux abords des champs de captage et même à l'intérieur ; l'absence d'un modèle numérique de gestion se fait de plus en plus sentir pour bien gérer la ressource en eau souterraine.

8. Description du périmètre de la Mitidja Est (Hamiz)

Le périmètre du Hamiz a été réalisé en 1879 avec la construction du barrage (niveau de déversoir de 167m). Le périmètre a été classé par arrêté du 31 août 1937, qui a fixé sa superficie à 18470 hectares.

Le périmètre de la Mitidja Est (Hamiz) est situé à une vingtaine de kilomètres au Sud-Est d'Alger ; il est délimité au Sud par la commune de Meftah (Wilaya de Blida), à l'Est par la Wilaya de Boumerdes (Commune de : Hamadi, Ouled Moussa, Khemis El Khechna, Arbatache, Boudouaou, Ouled Haddadj, Boudouaou El Bahri), à l'Ouest par la Wilaya d'Alger (Commune de : Heuraoua, Rhéghaia, AinTaya, El Marsa, Dar El Beida, Bordj El Bahri), au Nord par la Méditerranée.

Le périmètre d'irrigation existant du Hamiz est situé à l'extrême Est de la plaine de la Mitidja, il est englobé par le périmètre de la Mitidja Est (**Figure 28**).



Figure 28 : Le périmètre de Hamiz

9. Caractérisation climatique de la zone d'étude

La Mitidja Est se situe dans une zone à climat Méditerranéen à étage bioclimatique subhumide à hiver doux et humide et à été chaud et sec.

Afin de caractériser les tendances générales des différents paramètres climatiques de la zone d'étude, on a utilisé une série de données climatiques journalières allant de 1968 à 2010 enregistrées au niveau de l'Office National De Dar El Beida. Cette disponibilité nous a permis d'étudier les variations interannuelles des paramètres climatiques.

5.1. Le Diagramme Ombrothermique

Afin d'avoir une idée sur le caractère des saisons dans la région du périmètre irrigué de la Mitidja Est (El Hamiz), nous avons établi le diagramme ombrothermique pour une série climatique de 1968 à 2010.

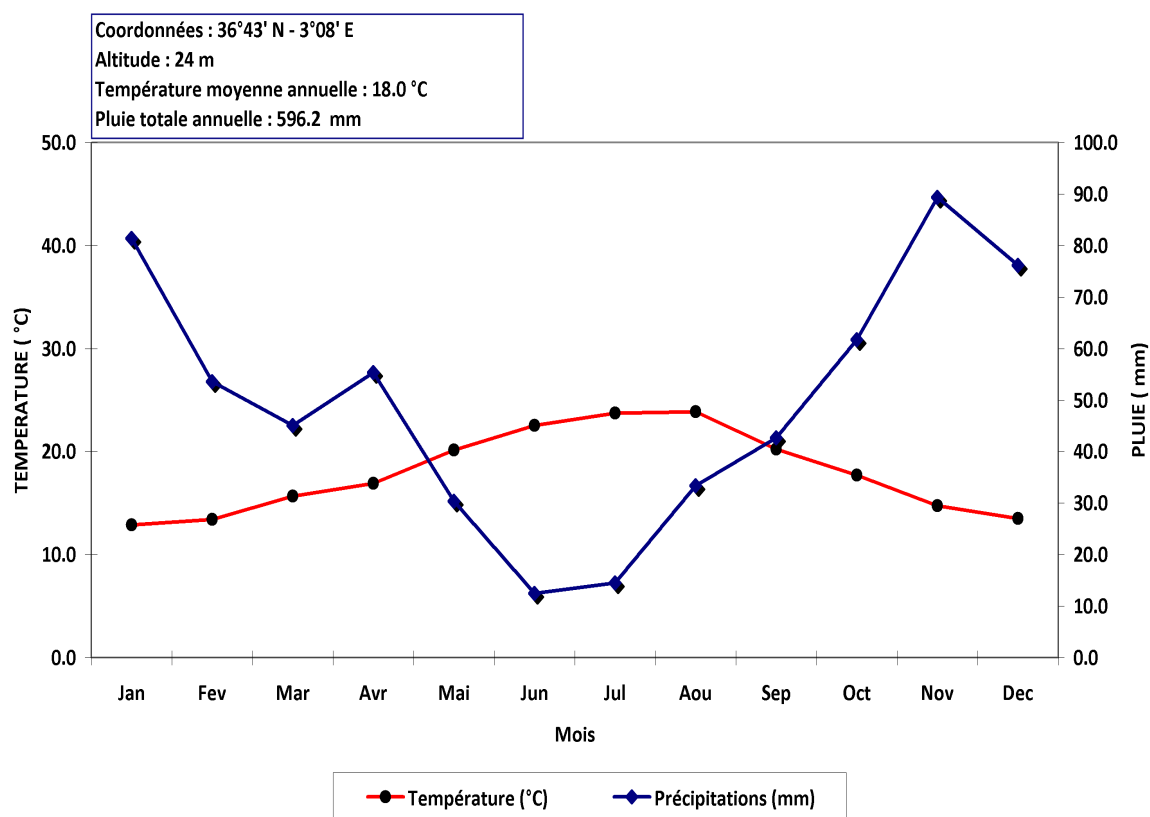


Figure 29: Diagramme Ombrothermique (1968 – 2010).

Le figure 29 montre que Les mois secs se succèdent de fin de Mai au début d'Octobre c'est la période de séche où l'évapotranspiration atteint sa plus forte valeur ce qui se répercute sur le

bilan hydrique. Par contre la période allant de Janvier jusqu'au début du mois de Mai, puis de la fin Octobre jusqu'à fin Décembre c'est la période humide.

5.2. Variations interannuelles

a. Température de l'air

La figure 30 représente la variation interannuelle de la température de l'air moyenne durant la période 1968 à 2010 :

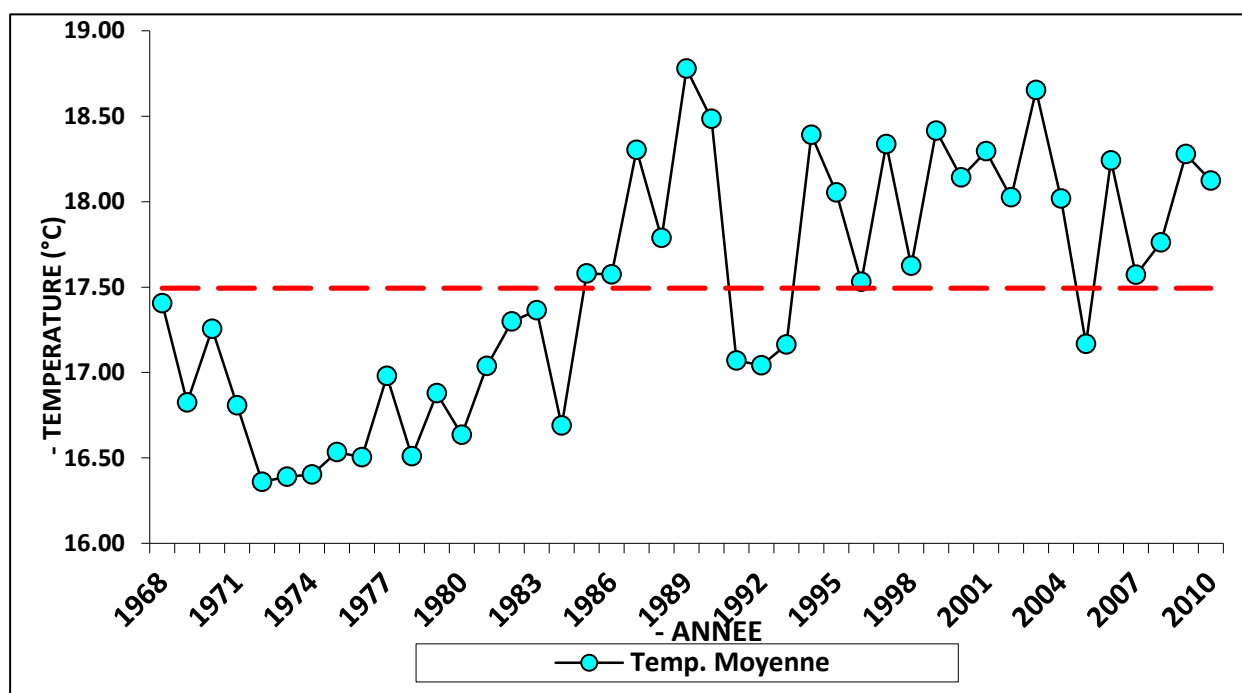


Figure 30: Variation interannuelle de la température moyenne de l'air (1968 – 2010).

Ce graphique montre une nette augmentation des températures moyennes annuelles avec des amplitudes assez importante. La moyenne générale des températures est de 17,5°C, notons que les valeurs maximales des températures ont été observées durant les dernières années de la série climatique (de 1985 à 2010) avec un maximum de 18,78 °C enregistré en 1989.

b. Précipitations

La figure 31 montre la variation interannuelle des précipitations durant la période 1968 à 2010 :

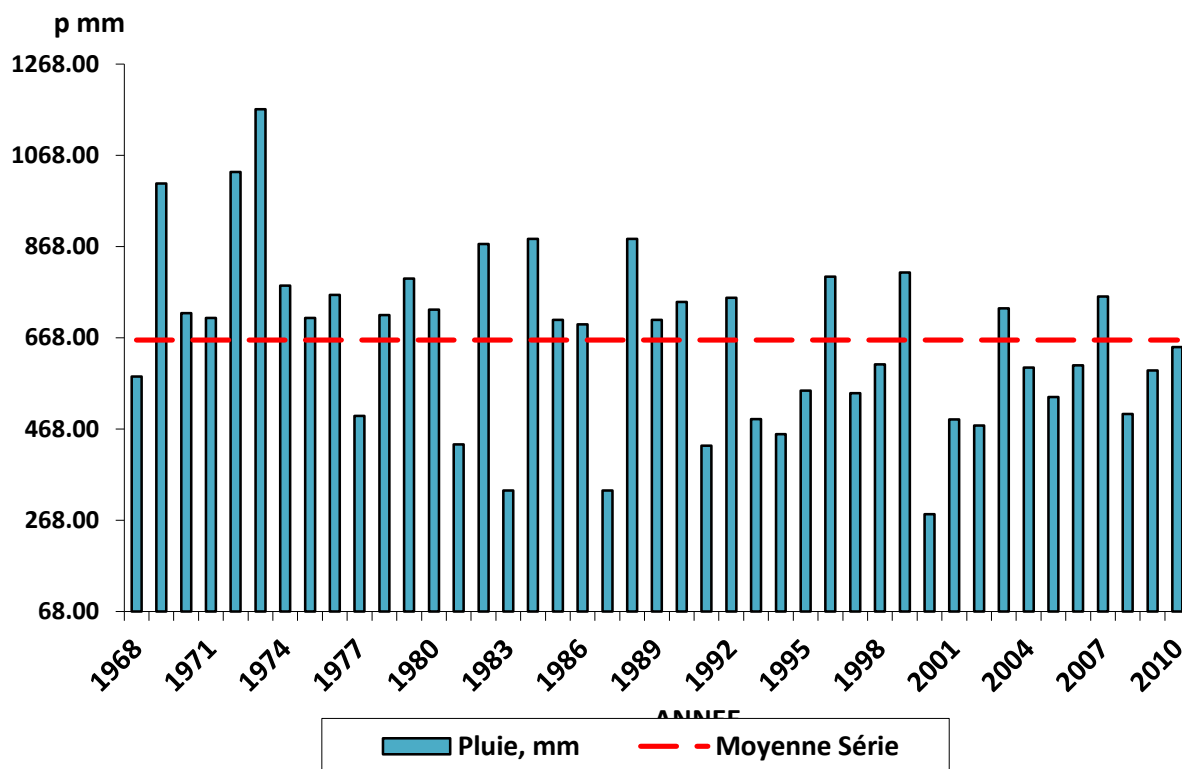


Figure 31: Variation interannuelle des précipitations (1968 – 2010).

Le graphique montre une forte variabilité dans le temps des précipitations avec des amplitudes allant de 1169.20 mm (année 1973 la plus humide) et de 280.90 mm (année 2000 la plus sèche). Il faut aussi noter une tendance vers une diminution sensible des apports d'eau pluviométriques durant ces dernières années. La valeur moyenne des précipitations enregistrée entre 1968 à 2010 est de 662.78mm.

c. Evapotranspiration de référence Eto

Les valeurs des ET_0 ont été calculées à l'aide de la formule de Penman-Monteith et leurs variations interannuelles durant la série d'observation 1968 à 2010 sont présentées par la figure 32

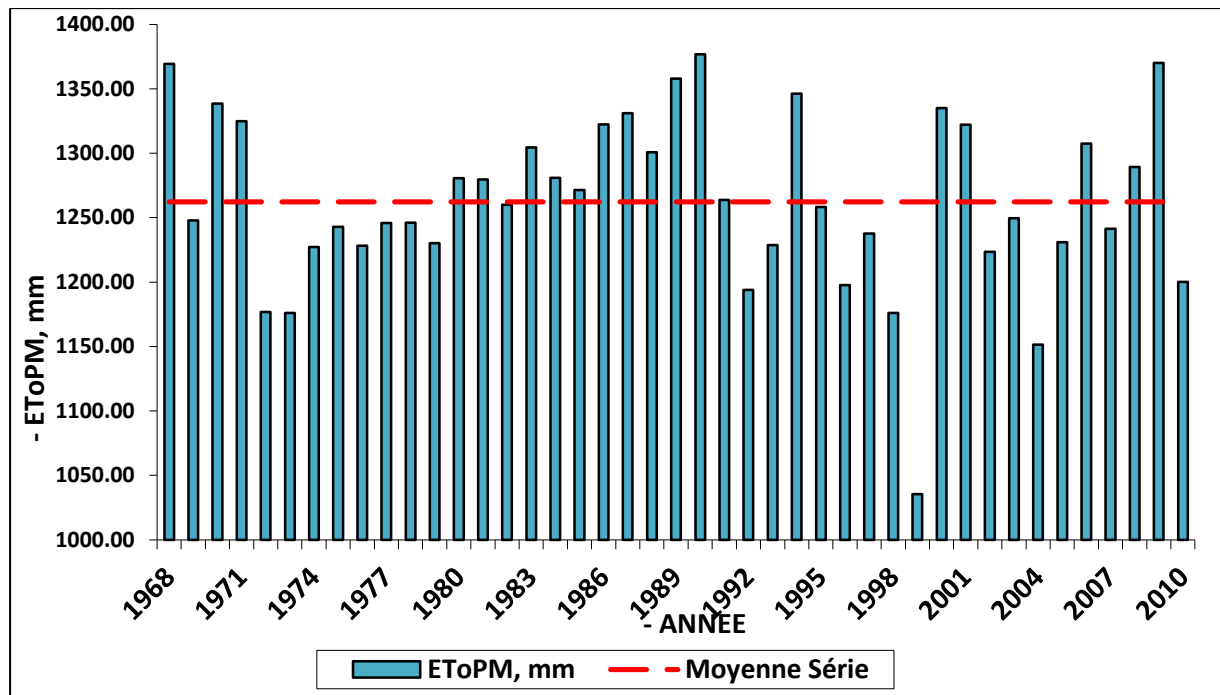


Figure 32 : Variation interannuelle des ET_0 (1968 – 2010).

D'après le graphique, on remarque que les ET_0 sont très variable dans le temps, elles varient entre une valeur minimale de 1035.5 mm en 1999 et une valeur maximale de 1376.8 mm en 1990 avec une valeur moyenne de 1262.32mm.

6. Topographie et sol:

La plaine de Mitidja est généralement plane et de pente faible sauf dans l'extrémité Est. La plupart de la plaine se trouve à une élévation comprise entre 20 et 100m.

La plus grande partie de la plaine se caractérise par des sols peu évolués d'apport alluvial et colluvial qui sont bien drainés et de texture moyenne a fine.

L'extrémité Est de la plaine de Mitidja est caractérisée par un relief collinaire, modérément découpée avec des pentes qui atteignent 12% et avec des sols rouges qui reposent souvent sur un encroûtement calcaire.

Le littoral est caractérisé par ses matériaux d'origine qui sont sablo argileux à sableux, souvent calcaires ; et sa topographie caractérisée par des dunes et maris côtiers a l'intérieur d'une topographie ondulante avec des hauteurs consistant en d'anciens niveaux de plages et de dunes fossiles.

7. Principales ressources en eau pour le Périmètre Mitidja Est (Hamiz)

Le réseau est alimenté par trois ressources en eau différentes : le barrage de Hamiz, le champ captant de Bouréah et le marais de Réghaia. Le Hamiz plaine est irrigué uniquement par l'eau du barrage de Hamiz, alors que le Hamiz littoral peut bénéficier des trois ressources. Les volumes d'eau mise en tête dans le périmètre était de l'ordre de 25 hm dans les années 80 et a connu une baisse très significative en 2002 ; 1.7 hm³ (**Figure33**).

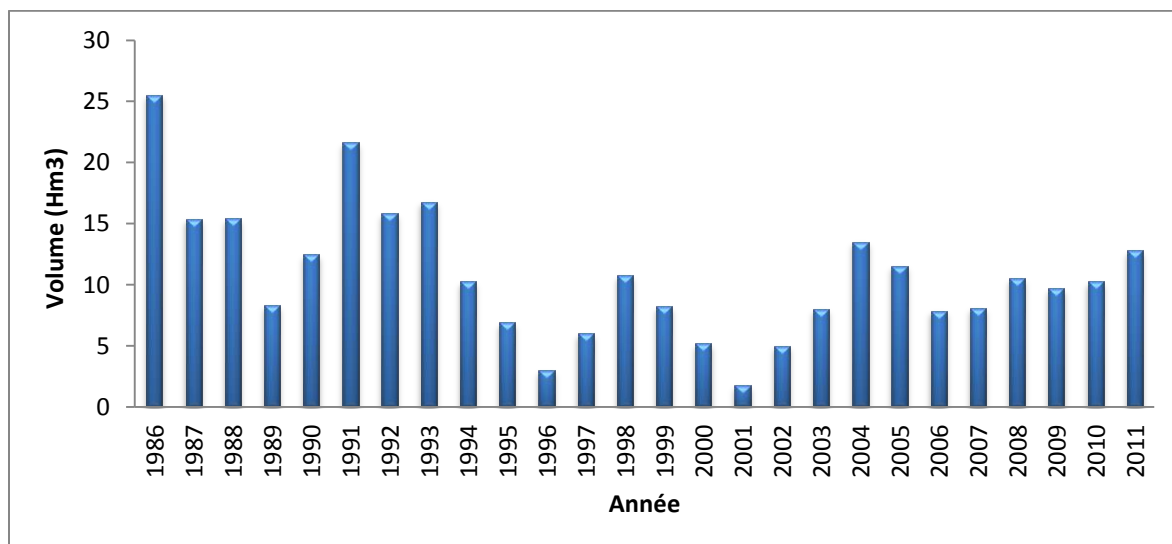


Figure 33: Evolution de volume mise en tête dans le périmètre de Hamiz (ONID, 2012)

7.1. Le barrage du Hamiz

7.1.1. Caractéristiques du barrage Hamiz

Construit en travers de la gorge de l'oued Hamiz, Il se situe à 35 Km au Sud Est d'Alger, un peu à l'amont du débouché dans la plaine de la Mitidja de l'Oued Arbatache qui, prenant ensuite le nom d'Oued Hamiz, draine l'extrémité orientale de la grande plaine algéroise. Il se situe ainsi à 6 Km du village du Fondouk, à 25 Km de la mer. Il fournit actuellement un volume de stockage utile de 16.5 hm³ environ (**Figure34**). Le barrage de Hamiz a été réalisé en 1879, avec un niveau de déversoir de 167.0 m. Entre 1935 et 1936, le barrage a été rehaussé à un niveau du déversoir de crues à 174.1 m, ce qui a augmenté sa capacité à 21 Hm³. L'usine hydroélectrique du barrage a été mise en service en 1943. La retenue du barrage de Hamiz a été draguée d'un volume de sédiments de 7 Hm³ au cours de quatre campagnes de dragage entre 1967 et 1971. Le tableau 23 présente les caractéristiques du barrage de Hamiz.

Tableau23 : Caractéristiques du barrage du Hamiz :

Données générales	
Barrage	Hamiz.
Oued	Arbatache.
Commune	Arbatache.
Wilaya	Boumerdes.
Destination	Irrigation de la plaine Mitidja Est, AEP Alger, et transfert des eaux vers la retenue de Kheddara par une galerie.
Surélévation	de 7 m en 1935.
Données hydrologiques	
Aire du bassin versant	139 km ² .
Précipitation annuelle moyenne	880 mm
Débit annuel moyen de l'oued	055 Hm ³ .
Débit instantané de la plus forte crue	735 m ³ / s
Envasement annuel	0.05 Hm ³ .
Volume régularisé	27.0 Hm ³ (15 Hm ³ AEP + 12 Hm ³ irrigation).
Volume mort	000 Hm ³ , cote : 144.37 m.
Données techniques	
Cote de la retenue normale	174.10 m.
Capacité à la cote RN	15.527 Hm ³ (levée année 2004).
Cote des hautes eaux PHE	175.00 m.
Capacité à la cote PHE	16.615 Hm ³ .
Surface de la retenue à la cote de la RN	1.198 km ² .
Surface de la retenue à la cote des PHE	1.219km ² .
Type de l'ouvrage	poids en maçonnerie.
Hauteur de l'ouvrage	45m.
Longueur du couronnement	222.00 m.
Largeur du couronnement	3.30 m.
Largeur maximum au niveau des	47m.
Volume du corps du barrage actuel	60000 m ³ de béton.



Figure 34 : Photo de la digue de barrage

Dans le cadre du projet du barrage de keddara, barrage voisin de celui du Hamiz, destiné à l'alimentation en eau potable d'Alger et achevé en 1988, un transfert gravitaire en galerie a été réalisé de la retenue du Hamiz vers la retenue de keddara.

Deux prises alimentent une centrale hydro-électrique qui est située en aval du barrage. A partir de cette centrale, l'eau est amenée gravitairement par une conduite principale, le tronc commun, jusqu'à la zone irriguée, le barrage du Hamiz alimente les secteurs 1, 2, 3, 4, 5,6, la moitié du 8 et du 9.

Il a été déclaré que l'ordre de priorité pour l'usage de l'eau du bassin versant du Hamiz serait le suivant :

- Alimentation en eau potable de Keddara (le seuil de l'entrée de la galerie se trouve à une cote qui correspond à un volume de stockage de 8 hm³).
- Irrigation du réseau du Hamiz
- Production d'énergie électrique
- chasse des sédiments (débit écologique).

7.1.2. La qualité de l'eau du barrage du Hamiz

La connaissance de la qualité de l'eau d'un barrage et ses corrections en cas de pollution, éviteront des répercussions inacceptables sur le milieu (détérioration des terres agricoles) et sur la santé humaine (**Tableau 24**).

Le tableau ci-dessous, illustre la qualité de l'eau du barrage du Hamiz :

Tableau24: La qualité de l'eau du barrage du Hamiz (ANRH, 2010).

Paramètres physico-chimiques	Résultats d'analyse	Normes ANRH
pH	8.30	6.5 < pH < 8.5
Résidu sec, mg/l	580.00	2000.00
O ₂ dissous, %	67.02	
NO ₃ , mg/l	1.76	50.00
NO ₂ , mg/l	0.00	0.10
NH ₄ , mg/l	0.06	0.50
PO ₄ , mg/l	0.21	0.50
DBO ₅ , mg/l	3.00	-
DCO, mg/l	7.55	-
MO, mg/l	4.00	3.50

Nous pouvons constater que les paramètres analysés répondent aux normes, et que la qualité de cette eau est acceptable.

7.2. Marais de Reghaia

Le marais de Réghaia est situé dans le Sahel Est, ce lac artificiel a été créé par la construction d'une digue à l'embouchure de l'oued Reghaia, juste en amont de son embouchure. Il a une longueur de 2.5 km et un volume de 6 hm³ environ (**Figure35**). Cette nouvelle ressource en eau a été totalement affectée à l'irrigation d'une valeur estimée à l'époque à 5 Hm³. Depuis les années 1987-88, ce niveau d'affectation de ressource n'a plus été atteint, il est actuellement de moins d'un million de m³ par an. La station de pompage (construite en 1932 rénovée en 1968) refoule l'eau du marais vers un bassin élevé (de 7900 m³) à partir duquel l'alimentation en eau est effectuée par gravité vers le secteur d'irrigation n° 7 (**Figure 36**).

Le marais de Reghaia est alimenté par trois sources :

- Les sources souterraines,
 - Les eaux usées épurées (STEP de Reghaia),
 - L'oued de Reghaia.
- La qualité de l'eau du marais est faible en raison des pollutions par les rejets d'eaux usées dans le bassin versant.



Figure35 : Le marais de Réghaia (LAOUBI K, 2004).



Figure 36 : Station de pompage Rhéghaia

7.3. Station de Bouréah

Située à 5 km au Nord de Rouiba et a cote de la limite Sud du secteur 8 du réseau. Construite a la fin des années 50 .Elle fournit l'eau pour l'AEP ainsi que pour l'eau d'irrigation par l'intermédiaire des bassins élevés, Sa capacité de pompage est 5Hm³ (**Figure 37**).

L'eau est prélevée à partir de la nappe aquifère est refoulée à un premier bassin de 6000 m³, ensuite vers un deuxième bassin de 12000 m³ à partir duquel l'alimentation en eau est effectuée par gravité vers la moitié des secteurs 8 et 9.

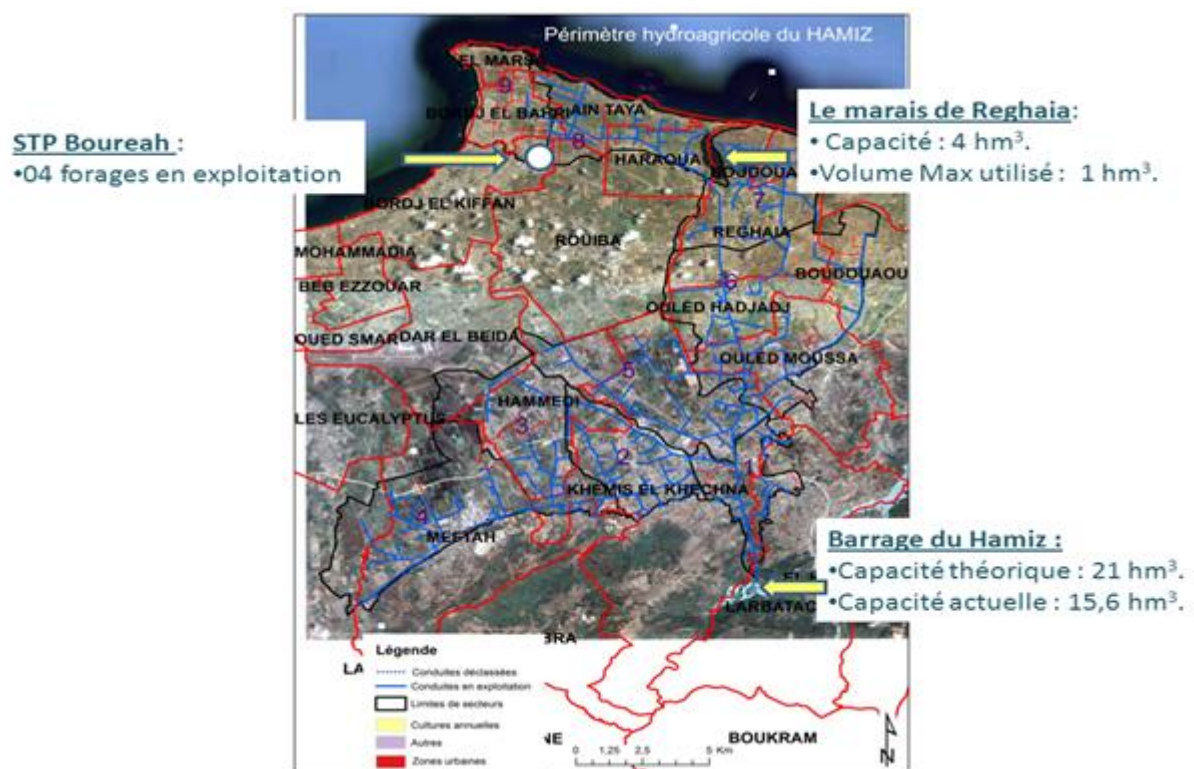


Figure37: La répartition des différentes ressources selon les secteurs irrigués

(ONID, 2012).

8. Etat actuel et potentialité hydraulique du périmètre

8.1. Le réseau d'irrigation dans le périmètre de Hamiz

Le réseau d'irrigation comprend un tronc commun et un adducteur rive droite et rive gauche : conduites en béton de diamètre 1 600mm à 800mm de longueur 36,4Km. Sur les adducteurs sont branchés les réseaux organisés en 9 secteurs et composés de conduites secondaires et tertiaires de diamètre variant de 800 mm à 100 mm 900 prises d'eau réparties sur ce réseau fournissent l'eau aux agriculteurs. La superficie équipée à l'origine était de 17 000 Ha. (**Figure 38**).

Ce réseau a été conçu pour fonctionner au tour d'eau sous la responsabilité d'aiguadier par secteur. Du fait de la faible ressource en eau, la gestion a évolué vers une gestion « sur demande » : l'agriculteur dépose sa demande d'irrigation à l'unité de l'OPIM en début de campagne. La Direction d'Unité établit un plan de distribution en fonction de la ressource disponible. (**Tableau25**).

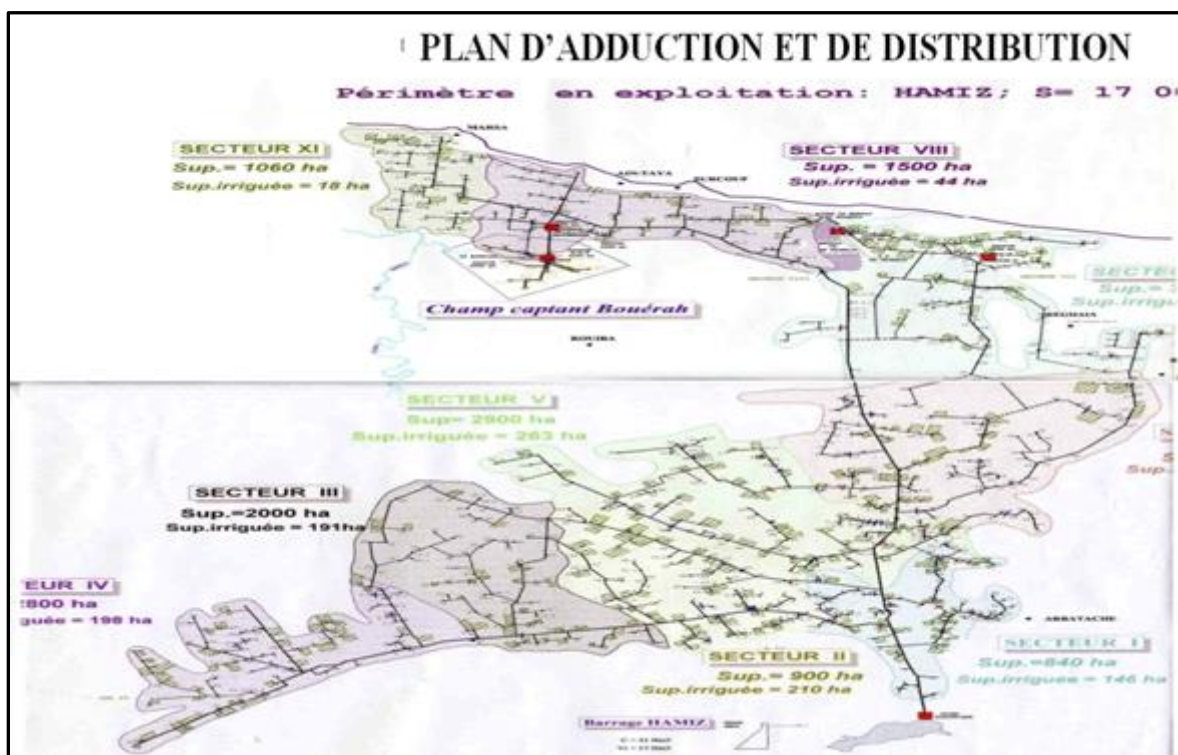


Figure 38: Présentation générale du plan de réseau d'irrigation du périmètre de Hamiz. (ONID , 2012).

Tableau25: réseau d'irrigation du périmètre de Hamiz.

Secteurs	Superficie (ha)	localisation		Ressource
		Oued khemiskhenchna	Périmètre Hamiz	
Secteur1	840	Tc	Plaine	Barrage Hamiz
Secteur2	900	RD	Plaine	Barrage Hamiz
Secteur3	2000	RD	Plaine	Barrage Hamiz
Secteur4	2800	RD	Plaine	Barrage Hamiz
Secteur5	2900	RG	Plaine	Barrage Hamiz
Secteur6	2700	RG	Plaine	Barrage Hamiz
Secteur7	3300	RG	Littoral	Marais Reghaia
Secteur8	1500	RG	Littoral	Barrage Hamiz
				Marais Reghaia
Secteur9	1060	RG	littoral	Barrage Hamiz
				Marais Reghaia

Les secteurs se répartissent selon l'état des conduites, comme suit :

- les secteurs 8 et 9 du réseau sur les collines du Sahel Est ou la pression est relativement basse, qui ont les conduites en meilleur état ;
- le secteur 7 qui, malgré que la moitié de sa superficie soit située sur les collines du Sahel Est, a une proportion importante de conduites en très mauvais et en mauvais état.
- Les secteurs du Hamiz plaine ,1 a 6, qui sont soumis à une charge élevée a cause de leur alimentation a partir du Barrage du Hamiz, et qui n'ont que très peu de conduites en bon état (**Figure 39**).

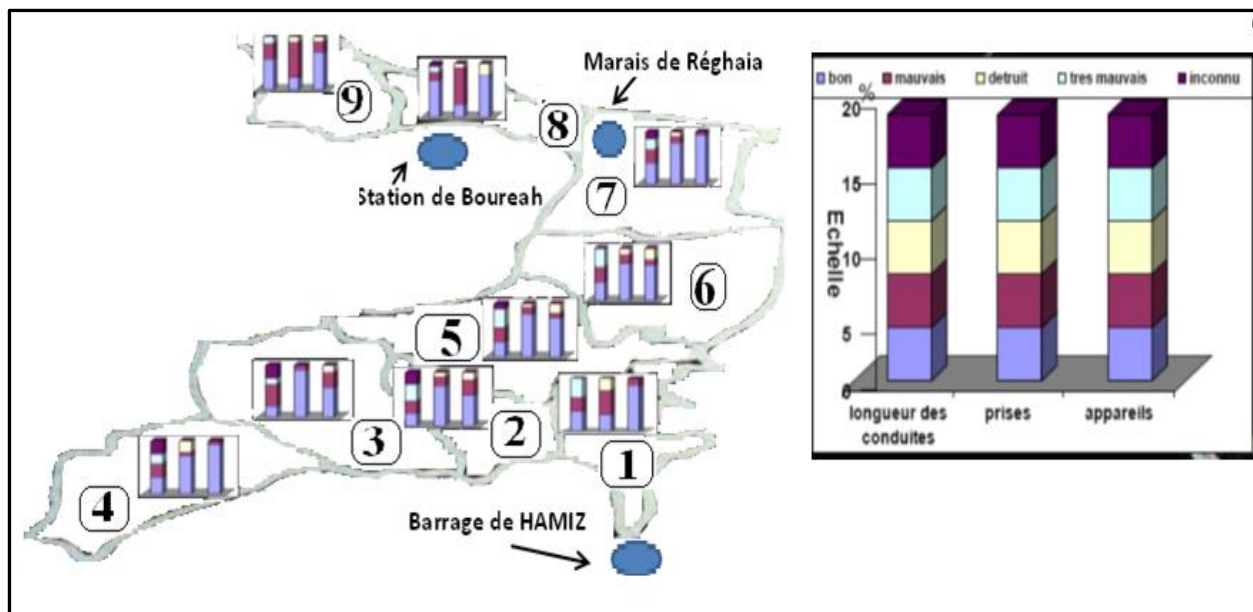


Figure39: L'état du réseau par secteur (AGID, 2004).

8.2. Mode d'irrigation a la parcelle

L'irrigation est pratiquée par gravité. Les techniques d'arrosage utilisées sont généralement des méthodes d'irrigation en surface. Comme il s'agit essentiellement d'arboriculture et de maraîchage, la méthode la plus courante est l'irrigation par rigoles.

Parfois sur les plants arboricoles, des cuvettes sont aussi utilisées. Pour les cultures maraîchères, dans certains cas, selon la topographie et la dimension des parcelles, les rigoles sont très courtes (moins de 10 m de long), et l'irrigation demande la surveillance constante de l'irrigant pour diriger l'eau.

L'irrigation par aspersion commence à faire son apparition dans la plaine de la Mitidja.

La distribution de l'eau en aval de la prise se fait, soit par seguia (petit canal) en terre ou en béton, soit par canalisation (métallique ou en plastique), soit par des réseaux locaux de conduites enterrées. Le système de distribution dominant est la seguia. Dans le cas où la prise doit dominer des terres plus hautes que le niveau du terrain à la prise, une cheminée surélevée est fournie (même aux prises qui sont équipées de bornes tubulaires). L'eau se déverse de cette cheminée dans une deuxième cheminée d'équilibre adjacente qui assure la mise sous pression d'une canalisation ou d'une conduite qui amène l'eau à la parcelle irriguée. Les eaux sont parfois amènes depuis les prises sur de longueur distances

8.3. Distribution de l'eau dans le périmètre

Au niveau de l'exploitation, le réseau est divisé en 9 secteurs. Les irrigants sont inscrits auprès de l'OPIM et utilisent l'eau qui est distribuée par les prises. Au niveau de la prise d'irrigation, l'îlot d'irrigation a une superficie moyenne de 20 ha. Le débit moyen de la main d'eau est de 15 l/s et le nombre d'exploitants par prise enregistrée à l'OPIM est de 12. Les exploitants se répartissent l'eau en aval de la prise selon un tour d'eau.

En théorie, les irrigants doivent recevoir les doses officielles d'irrigation qui sont données par le tableau 26. Pour satisfaire à la demande en eau, les heures d'arrosage varient entre 8 et 12 heures par jour parce que les débits admis des mains d'eau sont fixés entre 12 et 20 l/s.

Tableau 26 : Doses d'irrigations officielles de l'OPIM par type de culture (m³/ha) (ONID 2010)

Zones	Agrumes (m ³ /Ha)	Vergers (m ³ / Ha)	Maraîchers divers (m ³ / Ha)
Plaine	3800	2000	3300
Littoral	5000	2500	5000

C'est l'office qui fixe les volumes annuels distribués en fonction des besoins minimums des cultures et des quotas de ressources en eau qui lui sont alloués à partir des réserves. Comme le montre le tableau ; les doses d'irrigation sur le Hamiz littoral sont plus grandes de 25% à 66% selon les cultures que celles sur le Hamiz plaine. La répartition des ressources est loin d'être uniforme sur les différents secteurs du réseau.

La souscription commence au début de chaque nouvelle campagne, l'utilisateur doit présenter à l'office sa demande en eau d'irrigation en précisant le nombre d'hectares à irriguer, le type de cultures et le volume d'eau souhaité.

A la fin du délai de souscription, l'office fixe le volume d'eau d'irrigation annuel à l'hectare pour chaque culture ainsi que éventuellement les tours d'eau. Ceci se faisant en début de campagne. En fonction des ressources allouées. Des capacités de transit du réseau et des demandes d'eau enregistrées.

L'utilisateur qui a souscrit confirme sa souscription à l'office et se soumet alors à la modalité de tarification courante et de recouvrement des factures d'irrigation :

- 25% dus lors de la souscription annuelle
- 25% en juillet
- 50% à la fin de la campagne d'irrigation.

Le prix est fixé à 2.50 DA/m³ plus une prime fixe de 400 DA/ha sur la superficie souscrite. La disponibilité d'eau dans le marais de Reghaia fait que l'ouverture soit faite tôt au littoral qu'en plaine, à cet effet l'irrigation du littoral débute généralement dans les mois de mars-avril, et elle prend fin en décembre. Tandis qu'à la plaine ce n'est qu'en mois de mai-juin que la campagne d'irrigation débute, et elle prend fin en septembre.

8.4. Les contraintes

- Les opérations de distribution et de répartition de l'eau d'irrigation entre les irrigants ne sont pas aisées en raison d'une forte demande en eau comparativement à l'offre (**Figure 40**).

Le plus grand problème de fonctionnement est le manque d'eau. Souvent les irrigants essaient de cultiver une superficie irriguée plus grande que celle qu'ils ont souscrite auprès de l'OPIM.

- L'office rencontre également des difficultés dans ses relations avec ses clients à cause principalement de la restructuration des ex-Domaines en EAC, EAI et privés. En effet, le réseau d'irrigation initial conçu pour desservir des exploitations bien délimitées a été adapté au nouveau paysage pour satisfaire le maximum d'irrigants en établissant un programme de distribution relativement complexe dans son exécution (**Tableau 27**).

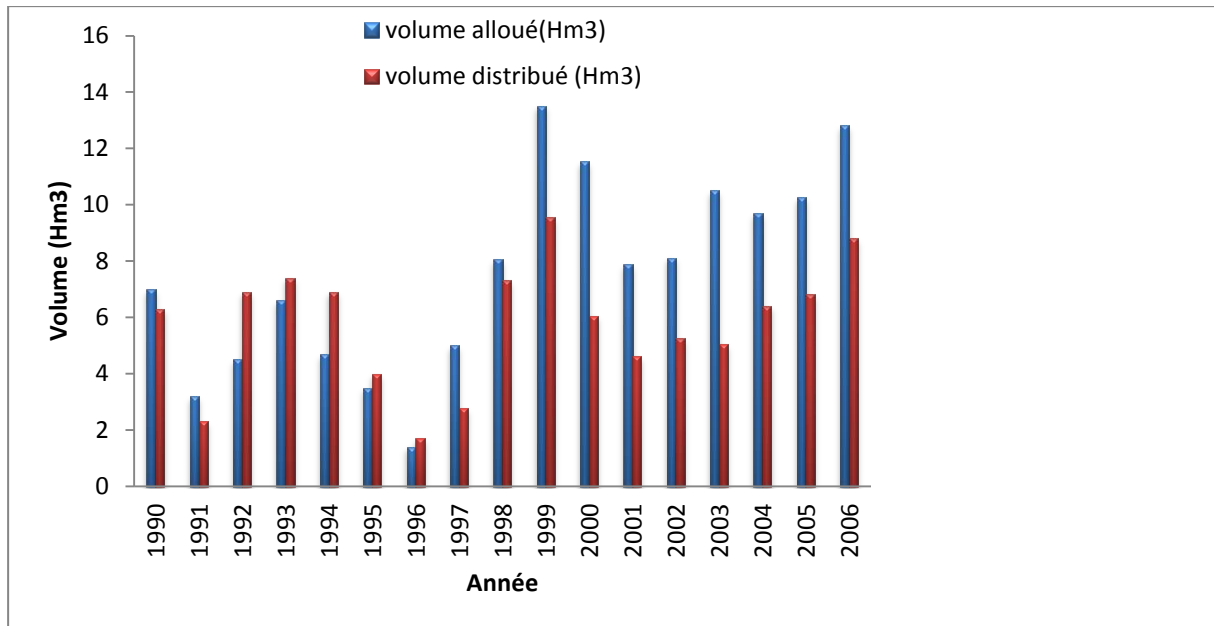


Figure 40: Evolution comparative entre les volumes alloués et distribués.

Tableau 27 : Evolution des volumes distribués et superficies irriguées de l'année 2002 jusqu'à 2012

Année	Volumes Distribués (m³)	Superficies irriguées (ha)
2002	1 700 000	896,85
2003	4 700 000	1642,58
2004	7 300 000	2062,41
2005	6 670 000	2520
2006	5 841 355	1678,5
2007	4 614 284	1573
2008	5 235 789	1671
2009	5 478 561	1610
2010	6 476 409	1837,5
2011	6 896 707	1 900
2012	8 782 514	2001,35

9. Exploitation agricoles

9.1. Aspect foncier

Le secteur agricole a subi une importante restructuration liée à la division des anciens DAS (domaines autogère socialistes) en EAC (exploitations agricoles collectives). Cependant, il est évident que le processus de restructuration foncière ne s'arrêtera pas là, on voit déjà, au niveau de la gestion des exploitations, le fractionnement des EAC en unité plus petites, souvent familiales.

D'après les résultats de l'enquête foncière (AGID, 1992) sur l'ensemble de la zone de Mitidja, 86% de la superficie agricole est en secteur public et 14 % en secteur privé. Le secteur privé est plus important à Hamiz (17% de la superficie) qu'au centre de la Mitidja (11%).

9.1.1. Secteur public :

Les terres du secteur public appartiennent principalement aux EAC, qui représentent 76% de la superficie totale. Le reste du secteur public comprend les EAI (5%), les fermes pilotes et stations expérimentales (4.5%) et les catégories diverses qui incluent les terres communales et les terres excédentaires (2.5%).

La taille moyenne des EAC est de 30.9 ha.

Tableau 28 : Répartition de la superficie des EAC et du privé par classe de superficie des unités foncières. (En %).

Superficie des EAC		Superficie des PRIVES	
Classe de superficie	Hamiz	Classe de superficie	Hamiz
< 10	7.6	< 1	8.0
10 – 19.99	22.1	1 – 1.99	14.2
20 – 29.99	18.9	2 – 2.99	13.1
30 – 39.99	15.5	3 – 3.99	10.1
40 – 49.99	10.2	4 – 4.99	8.7
50 – 59.99	7.1	5 – 5.99	6.5
60 – 69.99	3.4	6 – 6.99	15.6
70 - 79.99	3.2	10 - 19.99	17.4
>80	12.0	>20	6.4

Les EAI ont une taille moyenne de 6.9 ha. Géographiquement, les EAI se trouvent souvent en association avec les terres privées, près des centres d'habitation.

9.1.2. Secteur privé :

La taille moyenne de l'unité foncière est de 3.3 ha pour l'ensemble du secteur, cependant la taille des unités foncière est très variable. La classe de superficie prédominante est de moins d'un hectare pour Hamiz.

9.2. Situation actuelle par secteur :

Les grandes exploitations EAC dominent les secteurs 1 à 5, ainsi que le sud du secteur 7, les EAC sont plus important dans le secteur 7 et les privés dans le secteur 6.

Le volume total d'eau livré au périmètre du Hamiz est loin de satisfaire à sa demande potentielle. De ce fait, les agriculteurs commencent aussi à construire leurs propres forages, dans le périmètre (**Tableau29**).

Concernant la superficie urbanisée, la zone littorale (18%) est plus affectée par l'urbanisation que la zone plaine (14%). Le secteur 7 représente une très forte concentration d'agroupements industriels et urbains (25% de la superficie totale).

Tableau 29 : Répartition de la superficie par secteur et par type d'exploitation :

Secteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Nombre d'exploitants	288	466	442	360	524	723	464	185	99	3551
Nombre de borne	84	91	86	80	108	155	108	107	72	891
Superficie Géographique (ha) 2002	840	900	2000	2800	2900	2700	3300	1500	1060	18000
Superficie irrigable	693.5	671.30	1717.15	2566	2756.85	2273.95	2457.1	1662.93	852	15650.78
Surface urbanisée	146.5	228.7	282.85	234	143.15	426.05	842.9	137.07	208	2649.7
Pourcentage de la surface urbanisée	17.44	25.41	14.14	8.35	4.93	15.77	25.54	7.61	19.62	14.72
Nombre EAC	41	37	44	28	86	41	144	72	49	542
Nombre EAI	14	2	0	1	23	4	17	1	0	62
Prive	230	427	398	329	415	678	329	106	36	2948
Divers *	3	0	0	2	0	0	0	6	14	25
Nombre de puits	0	4	0	7	0	1	2	76	13	103
Nombre de forage	0	25	66	89	44	31	8	6	1	270

* divers : ferme pilote, école, institut, société, établissement étatique, centre équestre et APC.

Le tableau 30 met en évidence les variations importantes de l'occupation du sol par secteur. On peut noter en particulier les points suivants :

9.3. Irrigation actuelle

On distingue deux types d'irrigations :

- L'irrigation formalisée alimentée par réseau d'irrigation public. A cause de la sécheresse, la superficie des cultures irriguées a diminué au cours des années 1980 et est passée de 13300 ha en 1984, 3500 ha en 1990 à 758 ha en 2002.
- L'irrigation autonome au niveau des exploitations, alimentée pour la plupart à partir des eaux souterraines. Elle est pratiquée de façon irrégulière sur le périmètre. Les prélèvements d'eau souterraine pour l'irrigation ne sont ni réglementés ni contrôlés par les autorités (elle est estimée à un peu plus de 160 hm³/an dans la Mitidja centre et Est, ce qui représente une dose unitaire moyenne sur la superficie irriguée de l'ordre de 6000 m³/ha/an.

Les autres sources d'eau pour l'irrigation autonome incluent les pompages individuels sur Oued, les dérivations gravitaires sur Oued et quelques petites retenues collinaires, mais, dans l'ensemble, le volume d'eau fourni par ces sources n'est pas important.

9.4. La superficie irriguée

Depuis la création du périmètre de Hamiz (1937) le nombre d'irrigant n'a pas cessé d'augmenter jusqu'à l'équipement du tout le périmètre ; et la superficie irriguée (**Figure 42**) variait toujours entre 4000 ha et 7000 ha avec une moyenne de volume d'eau distribuée 16.1 Hm³ ce qui constitue un volume appréciable pour le périmètre. Entre 1938 et 1960 ; La moyenne de nombre d'irrigants était de 1500 irrigants/année et la superficie irriguée moyenne était de 5600 ha / année.

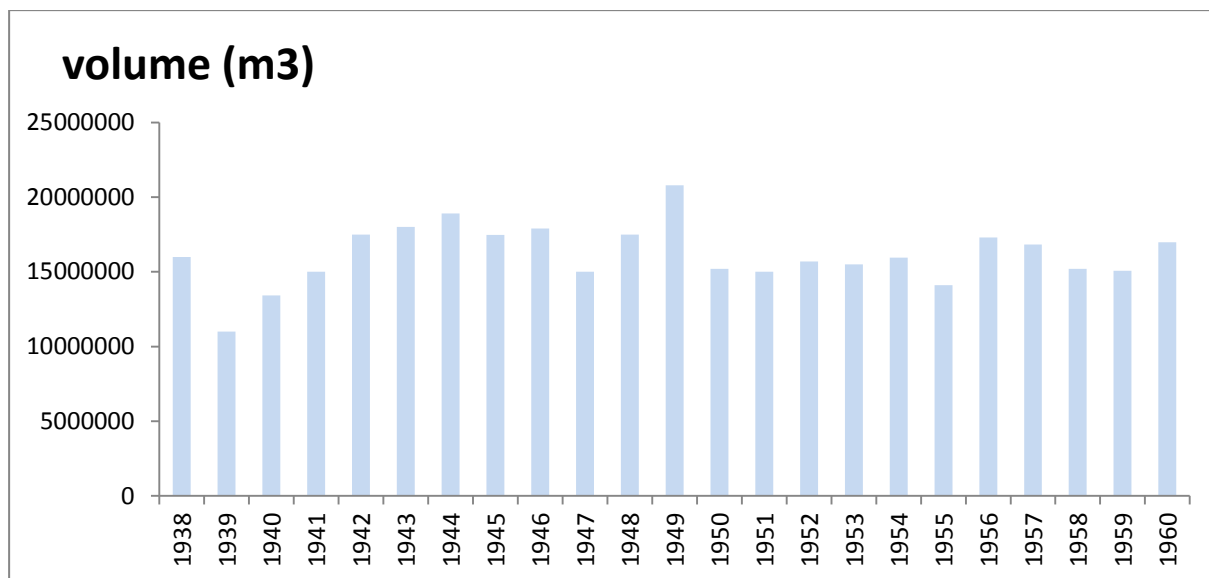


Figure 41: Evolution des volumes distribués (1938-1960)

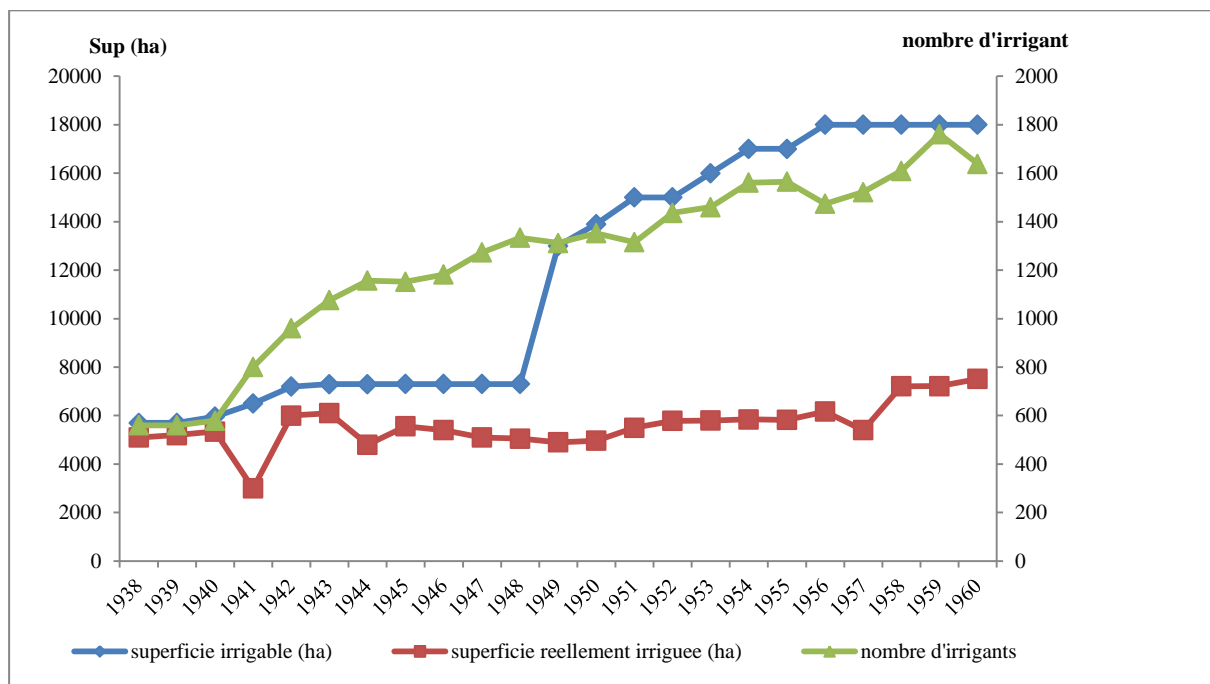


Figure 42: Evolution des superficies irriguées et du nombre d'irrigants; 1938-1960

Dans la période coloniale la superficie irriguée du périmètre représentait 31% de la superficie équipée. Le volume d'eau distribuée dans le périmètre représentait 58 % du volume de stockage (28 Hm³) donc le rendement du périmètre était positif.

Le nombre d'irrigants est réduit à 174 (année 2002), le volume d'eau distribué à 1.7 Hm³ (6% du volume de stockage) et La superficie irriguée a diminué jusqu'à atteindre 897 ha ce qui représente seulement 5% de la superficie totale du périmètre (**Figure 44**).

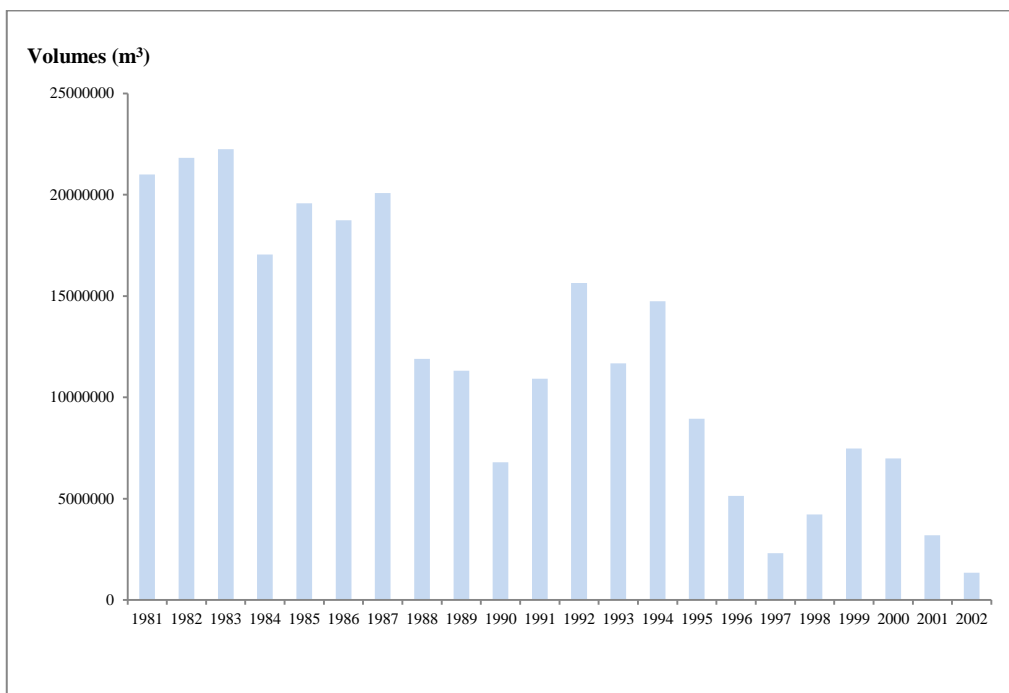


Figure 43 : Evolution des volumes distribués (1981 -2002)

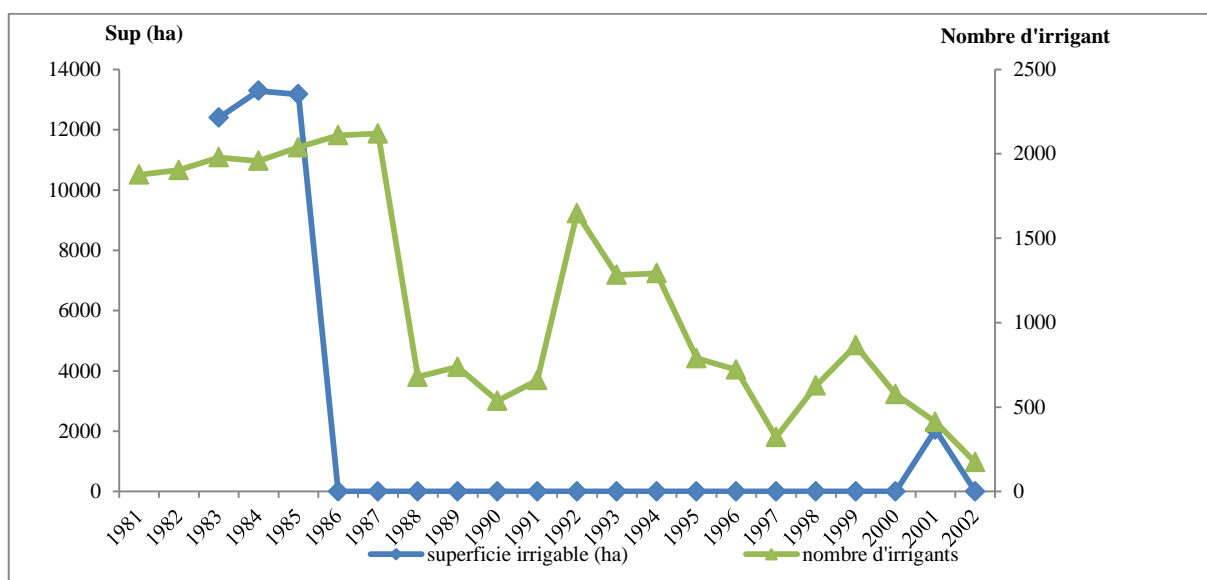


Figure 44: Evolution des superficies irriguées et du nombre d'irrigants (1981 -2002).

Les caractéristiques de la période 1981-2002 sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 30 : Superficies irriguée, volumes d'eau distribués et le nombre d'irriguant avant et après la création de l'OPM.

	La superficie irriguée (ha)	Le volume distribué	Le nombre d'irrigant
La moyenne*	12003.86	20.0 Hm3	1997
La moyenne**	3320.7	8.1 Hm3	755

* avant la création de l'OPIM.

** après la création de l'OPIM.

Cette différence de moyenne est due principalement à la sécheresse qui a sévit ces dernières années, la restructuration du foncier dans le périmètre, la réduction du volume d'eau affectée à l'irrigation à partir de la station de Boureah (priorité de l'AEP sur l'irrigation) et enfin le transfert de l'eau d'irrigation du barrage Hamiz vers le barrage de Keddara.

9.5. Les cultures :

9.5.1. Les grandes cultures :

Concernant les grandes cultures, les céréales d'hiver ne font pas partie des priorités des agriculteurs dues aux problèmes de disponibilité du matériel agricole et des intrants, parfois une pluviométrie insuffisante et les marges ne sont pas très attractives par rapport à ceux que peuvent apporter d'autres cultures.

La superficie consacrée à la production des cultures fourragères en irriguée connaît une régression notable du fait de la concurrence sur l'eau exercée par les cultures maraîchères ; il s'agit une fois de plus d'une diminution au profit de spéculations plus rémunératrices. Les céréales d'été ne sont pas importantes dans le périmètre. Le maïs grain était plus important avant la restructuration de l'agriculture, mais à l'heure actuelle, il est très peu cultivé, encore moins le sorgho grain.

9.5.2. L'arboriculture :

L'arboriculture est prépondérante dans le périmètre, l'agrumiculture avec comme variétés principaux orangers représente 54% de la superficie irriguées. Les principaux problèmes des agrumes dans le périmètre sont liés :

- au vieillissement des vergers, la rénovation des vergers a été freinée d'une part par, l'insuffisance des moyens matériels d'arrachage et d'autre part, par la restructuration du secteur agricole. En outre, la prime à l'arrachage a été supprimée.
- Aux dotations d'eau insuffisante.

Les rendements moyens varient de 200 q/ ha à 300 q/ ha.

Les conséquences de la pénurie d'eau sont illustrées par les résultats concernant les superficies irriguées de l'arboriculture (**Figure 45**). Ces superficies sont nettement inférieures à la superficie totale cultivée. Les arbres fruitiers divers sont moins irrigués que les agrumes et l'olivier ait complètement disparu du périmètre.

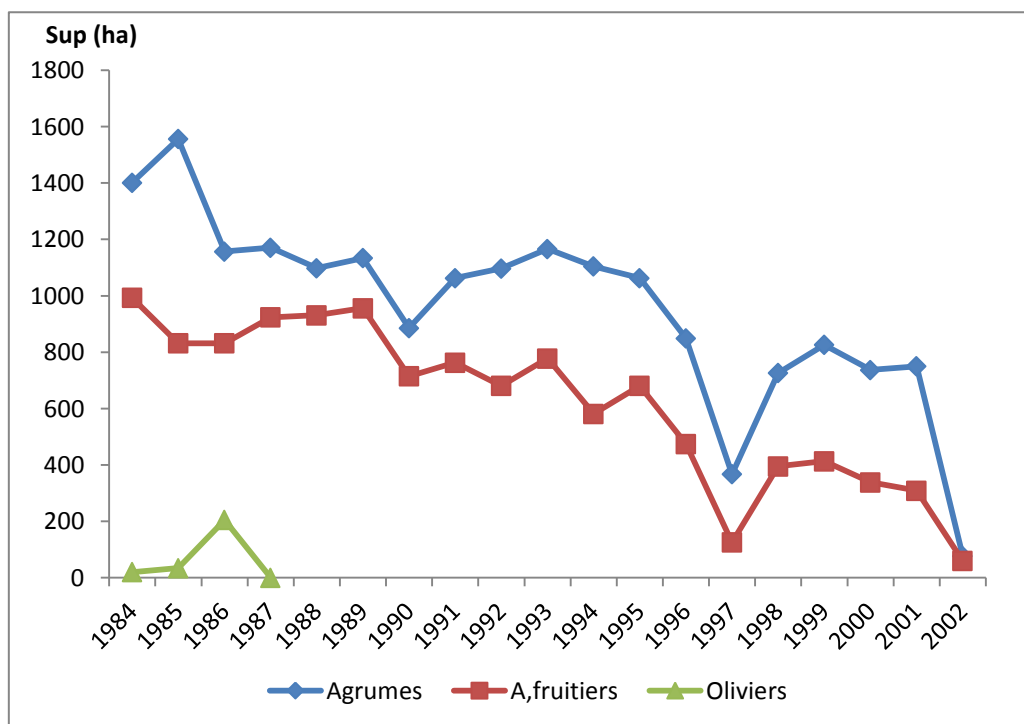


Figure 45 : Evolution des superficies irriguées de l'arboriculture (1984-2002)

Les arbres fruitiers divers (pépins et noyaux) sont d'implantation moins ancienne que les agrumes, la partie plaine est plus axée sur cette spéculation. Les espèces la plus répandues sont le pêcher, le poirier et le pommier.

Les arbres rustiques (oliviers, figuiers) ont pratiquement disparu après la restructuration.

Enfin la vigne représente environ 7% de la superficie totale, il s'agit surtout de vignes de table et de pépinières (**Figure 47**). Le rendement pour la vigne et le fruitier varie entre 200 et 300 q/ha.

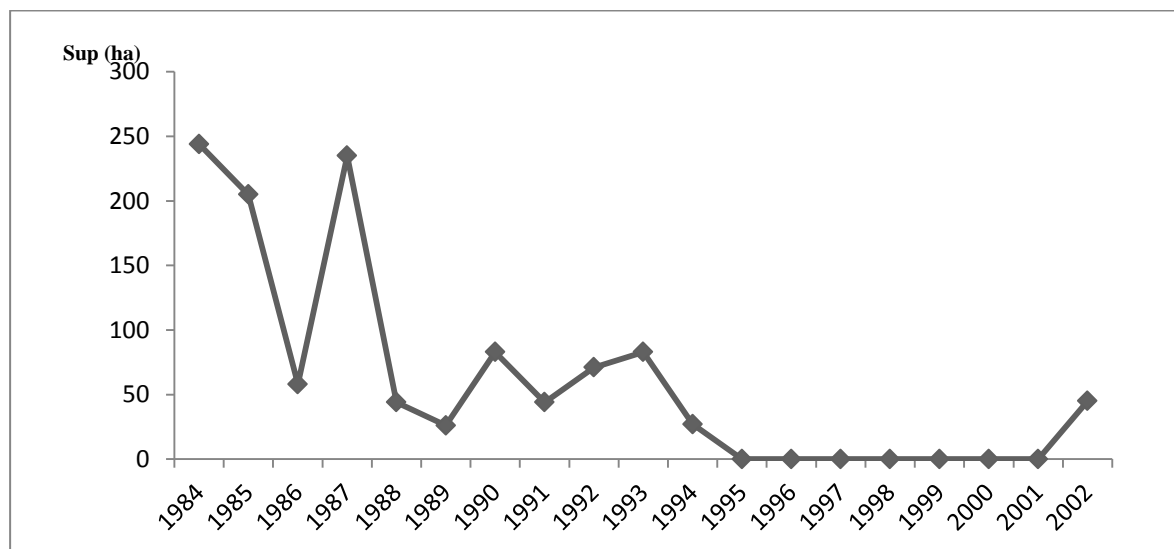


Figure 47 : Evolution des superficies irriguées de la vigne (1984-2002)

9.5.3. Maraîchage :

Les types d'exploitation sont très divers allant des cultures plein champ en irriguée ou en sec en passant par les petits jardins maraîchers du secteur privé traditionnel et les cultures intercalaires dans les vergers. La superficie irriguée pour le maraîchage était très importante avant 1987 ou elle variait entre 7000 et 9000 ha, après cette année-là, du au transfert de la ressource vers le barrage Keddara et la sécheresse, la superficie moyenne est réduite à 1450 ha en 2002 (**Figure 48**). Les cultures de saison interviennent pour 45%, les primeurs pour 40%, l'arrière-saison pour 15%.

Pour l'ensemble des produits maraîchers confondus, le rendement moyen est de l'ordre de 250 q / ha.

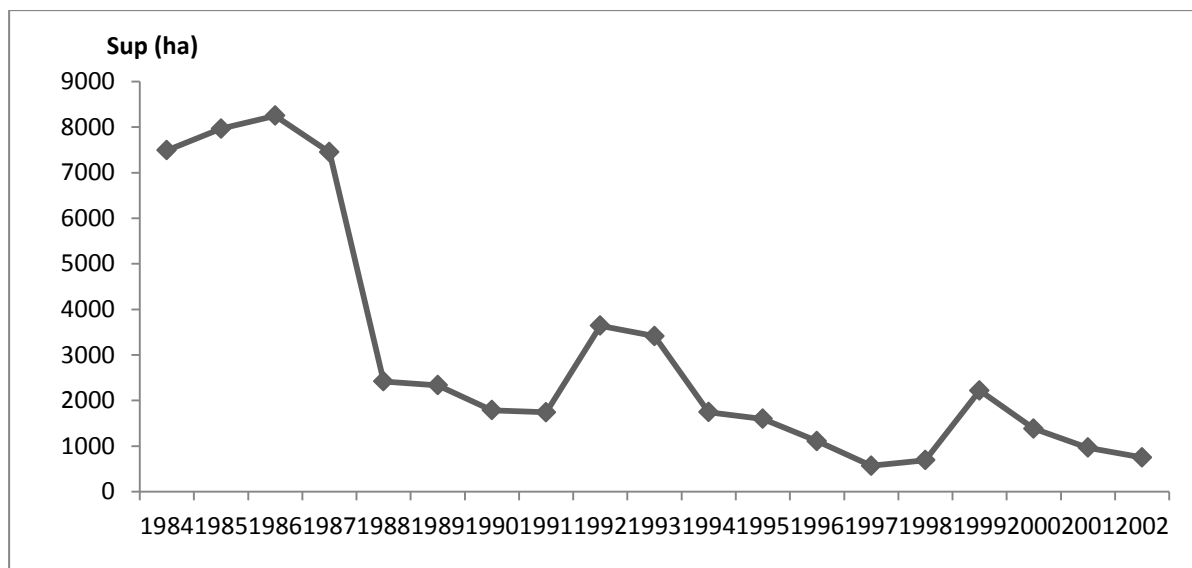


Figure 48 : Evolution des superficies irriguées des cultures maraîchères (1988-2002)

Pour l'ensemble des produits maraîchers confondus, le rendement moyen est de l'ordre de 250 q / ha.

Les cultures pratiquées dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est actuellement se concentrent à l'arboriculture avec une prédominance des agrumes et aux cultures maraîchères.

La figure 48 montre le plan de culture des exploitations dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est (ONID, 2006).

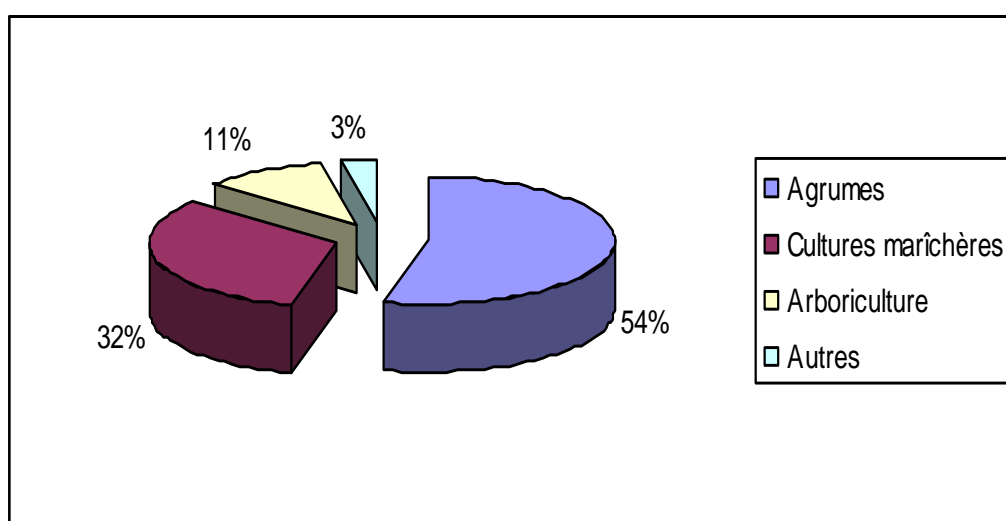


Figure 49: Plan de cultures dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est.

La vocation agricole du périmètre est ancienne. Les vergers agrumicoles existaient déjà. Les orientations des politiques de l'Etat en matière du développement agricole ont maintenu cette vocation tout en incitant au renouvellement des vergers. Le plan national de développement agricole est venu consolider cette vocation en encourageant par des fonds de soutien à développer des jeunes plantations.

9.5.4. Les assolements

C'est la disponibilité en eau qui détermine les assolements dans le périmètre. Les assolements incorporent des cultures intensives de haute rentabilité telles que les agrumes ou pépins – noyaux et les cultures maraîchères ; là où l'eau d'irrigation manque, prédominent les grandes cultures, la jachère.

Les associations entre ces trois classes de cultures –arboriculture, maraîchage, grande cultures- sont nécessaires si l'exploitant veut maximiser ses revenus : puisque l'arboriculture est forcément irriguée, il est courant de trouver en intercalaire dans quelques vergers, des cultures maraîchères comme les pastèques ou les tomates.

9.5.5. Les systèmes de productions

Le taux prévu de croissance de la population dans la Mitidja se situe autour de 3%. Pour la plus grande partie de la population de la Mitidja, l'agriculture ne constitue pas une source importante d'emploi. En moyenne, seulement 12.9 % de la population active totale travaillent dans le secteur agricole.

En général, l'agriculture dans le périmètre est une agriculture de spéculation orientée vers le marché de la production d'un excédent commercialisable.

Le financement constitue l'un des problèmes les plus délicats auxquels sont confrontés les agriculteurs. L'insuffisance de crédit entraîne une sous optimisation de la mise en valeur agricole du périmètre.

Les agriculteurs accordent leurs préférences aux cultures à cycle court, aux spéculations rapidement productives, aux partages de risques (cultures intercalaires, plantations mixtes agrumes - pêchers) à la production de produits double fin (par exemple la tomate livrée en

priorité à la consommation en frais et accessoirement à la transformation). Aux cultures demandant peu de matériel agricole et peu de main d'œuvre.

Conclusion

En conclusion il s'avère que le climat de la Mitidja présente des saisons contrastées, avec une période humide de 8 mois et une période sèche de 4 mois, il correspondrait à un climat méditerranéen sub-humide

En ce qui concerne l'aménagement hydro agricole, la Mitidja est divisée en deux zones géographiques : Mitidja Est et la Mitidja Ouest, cette division renvoie, en particulier aux deux grands périmètres irrigués que compte la plaine :

Le périmètre irrigué de la Mitidja Ouest (8600 ha), irrigué à partir du Barrage de Bouroumi

Le périmètre irrigué de la Mitidja Est (Hamiz) (18000 ha), ce dernier est divisé à son tour en deux parties :

Le Hamiz plaine qui correspond à la partie sud du périmètre (sols argilo-limoneux) englobant les secteurs (1, 2, 3,4, 5 ; et 6), irriguées à partir du barrage de Hamiz

Le littoral (sol sableux), est alimenté à partir du marais de Réghaia (Secteurs 8 et 9) et des champs de captage de Bouréah (Secteur 7) et selon les disponibilités avec un complément à partir du barrage du Hamiz.

Chapitre IV. Méthodologie de travail

1. Traitement des données

Les données ont été effectuées à l'aide du logiciel **Cropwat** qui est un logiciel de gestion de l'irrigation, il a été mis au point par la FAO en 1992, basé sur la formule de Penman – Monteith modifiée. Il permet le calcul des besoins en eau des cultures et des quantités d'eau d'irrigation, qui sont basés sur les Bulletins d'irrigation et de drainage FAO-24 et 33. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, et d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de différentes pratiques d'irrigation.

Le logiciel **Cropwat** est disponible gratuitement sur le site de la FAO, plusieurs versions existent (sous MS-DOS ; Windows). Pour notre étude nous avons utilisé la version Cropwat 8.0.

1.1. Collecte et analyse des données utilisées par le logiciel et leur homogénéisation :

1.1.1. Les données climatiques

Pour notre étude nous avons utilisés les données climatiques de la station de Dar El Beida qui regroupe les cinq données nécessaires au logiciel Cropwat (précipitation, température, humidité relative, vitesse du vent et durée d'insolation). Les relevés sont relativement récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable (1990-2010).

1.1.2. Traitement des données pluviométriques

Les pluies représentent un facteur déterminant pour estimer les besoins en eau d'irrigation, mais cette donnée reste variable dans le temps (d'une année à l'autre) et dans l'espace. Sur la base des pluies mensuelles calculées à partir de notre série climatique (1990-2010), nous avons calculé la pluviométrie moyenne mensuelle (**tableau 31**), et nous avons effectué l'analyse fréquentielle des pluies pour déterminer la valeur des pluies mensuelle en année sèche, humide et moyenne

Tableau 31 : Les précipitations mensuelles de la série climatique Dar El Beida (1990-2010).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1990	68	54	151	20	2	15	20	3	113	29	97	174	746
1991	54	100	47	27	19	7	0	2	22	91	51	12	431
1992	155	41	101	81	61	19	4	0	15	68	140	71	756
1993	18	86	36	69	38	1	2	3	31	23	104	80	490
1994	81	42	1	55	5	0	0	0	81	66	39	88	457
1995	171	40	106	28	0	24	0	49	18	17	58	40	552
1996	95	222	57	161	36	32	7	4	39	89	27	34	802
1997	38	24	9	95	22	10	9	33	37	45	129	95	547
1998	28	52	37	76	152	1	0	8	22	49	103	82	609
1999	140	146	112	31	3	3	0	3	40	19	155	159	811
2000	16	6	19	17	53	0	1	1	4	47	74	43	281
2001	138	88	14	21	31	6	0	2	45	39	49	57	489
2002	39	14	35	39	14	0	0	34	12	43	145	102	475
2003	199	133	22	87	20	0	0	28	39	38	57	110	732
2004	90	46	46	79	56	1	2	1	12	44	116	109	602
2005	85	115	50	26	1	0	1	0	15	57	108	81	538
2006	128	88	26	3	82	1	1	10	38	17	21	192	608
2007	10	60	152	60	15	10	2	11	37	51	270	80	759
2008	20	4	56	19	74	3	9	0	22	69	123	102	500
2009	138	23	60	61	32	1	1	13	87	14	57	108	596
2010	48	49	99	33	26	5	0	23	12	143	117	93	647
Moyenne	84	68	59	52	35	7	3	11	35	50	97	91	592

1.1.3. Détermination de l'année sèche, l'année humide et de l'année normale (Moyenne)

La connaissance de la variabilité interannuelle des besoins en eau d'irrigation nécessite une étude fréquentielle des pluies, à partir des relevés pluviométriques réalisés sur un nombre d'année assez long (au moins 20 ans). Cette analyse permettra de déterminer la hauteur de pluie dont on est sûr de dépasser avec une probabilité donnée.

Pour notre étude, nous avons utilisé les pluies moyennes annuelles de notre série climatique pour dégager les hauteurs des pluies selon les probabilités de non-dépassement de 20%, 50%, 80% respectivement de l'année humide, normale et sèche. (**Tableau 32**). Suivant les étapes ci-après :

Etape1. Classer les données par ordre de grandeur décroissant,

Etape2 .Classifier la position relevée selon la relation :

$$Fa = 100 \times \frac{m}{(n+1)} \quad (\text{formule de Weibull})$$

Avec:

Fa : position relevée

m: numéro du rang,

n: nombre total d'observations.

Tableau 32 : Calcul des probabilités de pluie

Rang	Année	Pluie, mm	Fa (%)
1	1999	811,3	4,55
2	1996	801,8	9,09
3	2007	758,5	13,64
4	1992	755,8	18,18
5	1990	746,4	22,73
6	2003	732,0	27,27
7	2010	647,3	31,82
8	1998	609,3	36,36
9	2006	607,5	40,91
10	2004	602,2	45,45
11	2009	595,9	50,00
12	1995	551,7	54,55
13	1997	546,6	59,09
14	2005	538,1	63,64
15	2008	500,4	68,18
16	1993	489,8	72,73
17	2001	488,6	77,27
18	2002	475,4	81,82
19	1994	456,8	86,36
20	1991	431,1	90,91
21	2000	280,9	95,45

Etape 3. Reporter les valeurs dans le graphique de pluies en fonction de Fa en log- normal comme l'indique la figure suivante,

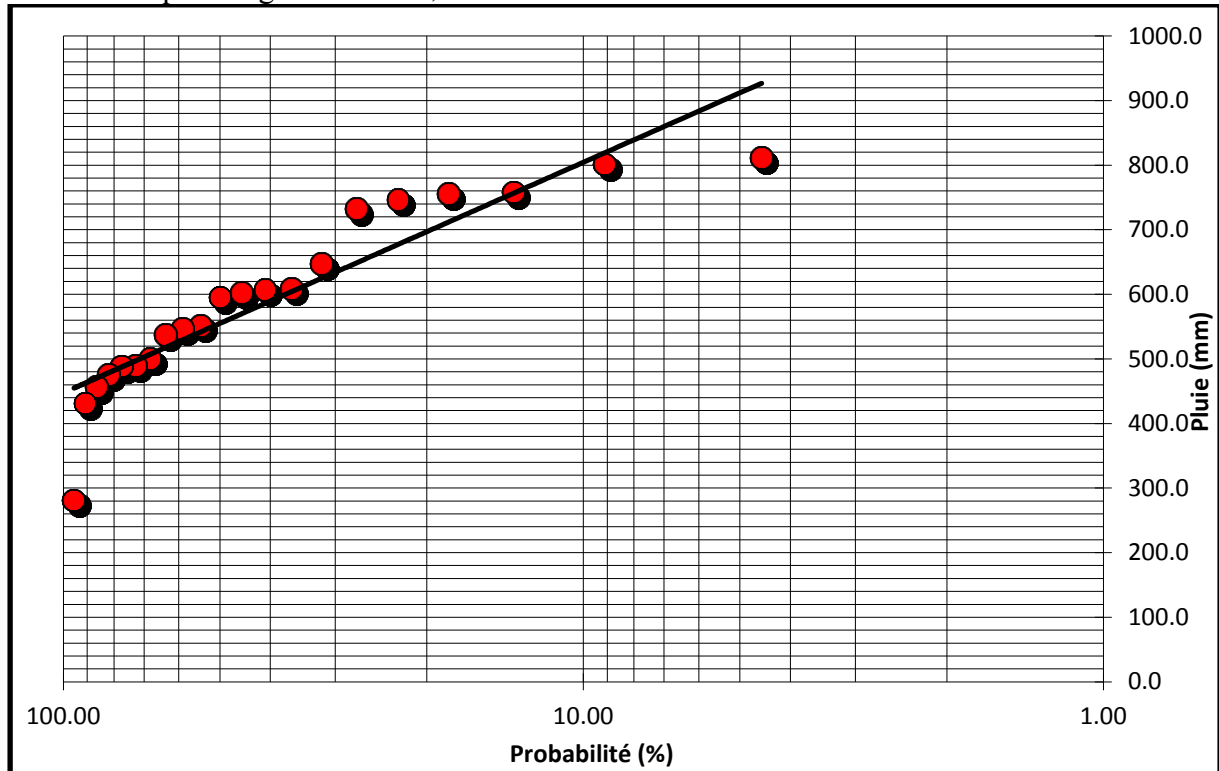


Figure 50 : Étude fréquentielle des pluies moyennes annuelles (sur 20 ans).

Etape 4. Sélectionner les valeurs annuelles correspondant à une probabilité de 20, 50 et 80% en utilisant l'équation de la régression logarithmique : $y = -155\ln(x) + 1161$, qui sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau 33 : Calcul des probabilités 20, 50 et 80% de pluie.

Fréquence, %	Année	Pluie, mm
20	Humide	697
50	Normale	555
80	Sèche	482

Etape 5. Déterminer les valeurs mensuelles pour l'année sèche par la relation suivante :

$$P_{i \text{ sec}} = P_{i \text{ moy}} \times \frac{P_{\text{sec}}}{P_{\text{moy}}}$$

Dans laquelle :

$P_{i \text{ sec}}$: Pluie mensuelle de l'année sèche pour le mois i ,

$P_{i \text{ moy}}$: Pluie moyenne mensuelle pour le mois i ,

P_{sec} : Pluie annuelle à une probabilité de dépassement de 80%,

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle.

Les valeurs pour l'année humide et normale peuvent être déterminées de la même manière.

Les valeurs de pluies moyennes par mois d'après la relation (1) pour l'année sèche, normal et humide sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 34: Les pluies moyennes mensuelles de l'année sèche (80%), normal (50%) et humide (20%)

Mois	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL
Pluie AS	68	56	48	42	29	5	2	9	29	41	79	74	482
Pluie AN	78	64	55	49	33	6	3	10	33	47	91	85	555
Pluie AH	98	80	69	61	42	8	3	13	41	59	114	107	697

1.1.4. Les données climatiques entrées dans le Cropwat

La station de Dar El Beida est caractérisée par :

- latitude : 36° 41 N, - longitude : 3° 13 E, - altitude : 25 m.

Concernant les pluies, pour plus de précision nous avons utilisé les pluies moyennes mensuelles calculées pour chaque année : sèche, normal et humide.

L'ensemble de données climatiques entrées dans le logiciel Cropwat sont synthétisés dans le tableau 35.

Tableau 35: Les 5 données climatiques entrées dans le Cropwat (Exemple pour l'année sèche)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Pluies (mm)	68	56	48	42	29	5	2	9	29	41	79	74
T max (°C)	16,9	17,6	19,8	21,5	24,9	28,9	31,7	32,7	29,8	26,2	21,0	17,7
T min (°C)	5,4	5,5	7,3	8,8	12,7	16,2	19,1	20,1	17,8	14,2	9,9	6,9
HR. (%)	78	78	76	75	74	69	68	68	70	74	77	78
Vitesse de vent (Km /h)	203	209	217	235	229	246	237	221	217	176	194	195
Ins. (h)	5,7	6,3	7,1	8,1	8,8	10,3	10,8	10,0	8,5	7,1	5,9	5,2

1.1.5. Les données liées au sol

Les données de sol sont nécessaires dans le pilotage des irrigations pour la détermination de la réserve utile (RU) qu'est liée à deux facteurs :

a) la texture

Les valeurs de RU selon les différentes textures de sol considérées généralement sont d'après la FAO (1987):

- sol grossier : 60 mm/m,
- sol sableux : 100 mm/m,
- sol limoneux : 140 mm/m,
- sol argileux : 180 mm/m.

b) les profondeurs d'enracinement prises en compte pour les calculs d'irrigation sont données dans le tableau 36.

Tableau 36 : Les profondeurs d'enracinement des principales cultures (Ollier et Poirée, 1983)

Cultures	Profondeur d'enracinement en m
Cultures maraîchères	0,3 à 1,2
Agrumes	1 à 1,2
Vergers	1 à 2

Dans notre cas on a deux type de sol selon la zone et les secteurs qui se trouve au périmètre du Hamiz : les sols argilo-limoneux dans la plaine (sol1) du périmètre et les sols sableux dans le littoral du périmètre (sol2).

Tableau 37: Les données liées au sol de notre cas entrées dans le Cropwat

Texture	Sol 1 : argilo-limoneuse	Sol 2 : sableuse
Eau utilisable	160 mm/m	100 mm/m
Taux maximum d'infiltration de pluie	40 mm/jour	40 mm/jour
Profondeur racinaire max d'enracinement	0,6 ou 1,2 m	0,6 ou 1,2 m
Tarissement initial de l'humidité de sol (% de d'eau utilisable)	0%	0%
Humidité de sol initial disponible	160 mm/m	100 mm/m

1.1.6. Les données liées à la culture

1.1.6.1. Type de culture

Pour le calcul des besoins en eau des cultures dans notre périmètre irriguée du Hamiz, on a utilisé les données de l'ONID de la campagne d'irrigation 2012, présentées dans l'annexe et qui sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 38 : Superficies irriguée dans le périmètre irrigué d'EL Hamiz selon les différents secteurs (ONID, 2012)

Secteur	Maraîchage (ha)	Agrumes (ha)	Vergers (ha)
1	130,8	56,1	3,5
2	40,9	118,5	23,5
3	93,3	125	38,4
4	227,8	86,5	18,5
5	288,5	59,5	11,3
6	199,85	43	31,5
7	129,1	41	18,6
8	101	11	6,5
9	92,2	1	4,5
TOTAL	1303,45	541,6	156,3

1.6.2. Date de semis ou de plantation et les phases de développement

Nous avons utilisé les dates de semis (ou de plantation) et les phases de développement d'une étude agro-économique qui été faite par l'AGID en 1993 et qui regroupe les dates de semis et travaux culturaux de toutes les cultures (de la plaine de Mitidja).

Concernant les arbres fruitiers (cultures pérennes), les dates de plantation doivent être remplacées par la date du «reverdissement», c'est-à-dire la date d'apparition de nouvelles feuilles.

Les 4 phases de développement considérées sont :

- la phase initiale,
- la phase de développement,
- la phase de mi-saison,
- la phase d'arrière-saison.

1.6.4. Le coefficient cultural (kc)

Cropwat exige l'entrée de 3 valeurs de kc (initiale, mi- saison, récolte), nous avons utilisé les kc des Bulletins de FAO-24 et 56, qui sont des kc standards et valides pour l'utilisation de la formule de Penman – Monteith.

Le choix du kc a été fait en considérant que le climat est méditerranéen, sans fortes gelées ($HR_{\min} \approx 45\%$ et vitesse de vent modérée de l'ordre de 2 m/s), et que le sol est non couvert.

Les valeurs de kc du Bulletin FAO-56 (1998) ont été actualisées par Allen et al sur la base des kc proposés par Doorenbos et Pruitt dans le Bulletin FAO-24 (1975). L'ensemble des données liées aux cultures entrées dans le Cropwat est résumé dans le tableau 39.

Tableau 39 : Synthèses des données liées aux cultures

Durée de phases de développement (jour)						Coefficient Cultural kc			Date de semis ou plantation
Cultures	init.	dév.	mi-sai	arri-sai	durée	kc int.	kc mid.	kc fin.	
PTS	25	30	45	30	130	0,5	1,15	0,75	20-fév.
PTAS	30	40	60	35	165	0,5	1,15	0,75	25-août
Tomate	30	40	45	30	145	0,6	1,15	0,8	15-avr
Poivron	30	40	40	20	130	0,6	1,05	0,9	01-mai.
Oignon	25	35	40	2	120	0,7	1,05	0,85	01-mars.
Courgette	25	35	25	15	100	0,5	1	0,8	15-avr
Choux-	40	60	50	15	165	0,7	1,05	0,9	05-sep.
Haricot	20	30	30	10	90	0,5	1,05	0,9	20-avr
Betterave	30	40	60	20	150	0,7	1,05	0,95	01-fev.
Pastèque	20	30	30	30	110	0,4	1	0,75	01-mai.
Salade	20	30	30	15	95	0,7	1,05	0,95	15-avr
Aubergine	150	30	150	35	365	0,4	0,95	1,15	15-avr.
Agrumes	60	90	120	95	365	0,7	0,65	0,7	28-fév.
Abricotier	245	10	65	45	365	0,55	0,9	0,65	11-fév.
Pêcher	200	35	100	30	365	0,55	0,9	0,65	10-fév.
Pommier	140	30	125	70	365	0,5	0,95	0,7	15-fév.

En plus de ces données, les valeurs du tarissement admissible du sol (P) et le coefficient de réponse du rendement (k_Y) de chaque culture sont considérés dans le Cropwat pour distinguer la tolérance des cultures au manque d'eau et indiquer les chutes du rendement probables.

1.1.7. Le choix des critères de la conduite des irrigations

1.1.7.1. Pluie efficace

Le Cropwat propose plusieurs modèles de calcul de la pluie efficace qui sont détaillés dans le Bulletin FAO-25, nous avons choisi de travailler avec la méthode l'USDA pour tenir compte des pertes dues au ruissellement de surface et à la percolation profonde, c'est une formule recommandée par United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service.

1.1.7.2. Calendrier d'irrigation

Nous avons fixé les critères de la conduite d'irrigation comme suit :

- irriguer quand la RFU est épuisée à 100% ;
- remplir la RFU à 100% (ramener la RFU à la capacité au champ) ;
- début de pilotage : la première date de plantation de chaque culture.

Sur cette base l'irrigation se fait sans restriction imposée sur les fréquences d'irrigation et la disponibilité en eau, donc c'est une irrigation du confort hydrique.

1.7.3. Efficience d'irrigation

Le Cropwat considère une efficience globale fixée à 70%, on peut varier cette efficience selon le système d'irrigation utilisée et la nature du sol.

2. Travail de terrain (Réalisation des enquêtes)

Cette étape du travail de terrain, consiste à prendre le point de vue des agriculteurs par la réalisation des enquêtes, ceci nous permettra de voir comment les agriculteurs percevaient la tarification et les charges liées à l'eau. Pour répondre à notre problématique, on a élaboré un questionnaire afin de collecter les informations nécessaires à notre travail, son contenu s'articule autour des axes suivants :

Les entretiens exploratoires servent à trouver des pistes de réflexion, des idées et des hypothèses de travail. Il s'agit donc d'une attitude et d'une écoute qui consistent à poser des questions précises, à rechercher de nouvelles manières de poser le problème. L'enquête a été réalisée durant l'année 2010.

Les critères de notre choix sont :

- ◇ Agriculteurs- irrigants utilisant l'eau du réseau collectif.
- ◇ Le système de culture en irriguée.
- ◇ Zone d'étude est le périmètre irrigué de la Mitidja Est (Hamiz).

La population mère est représentée par les agriculteurs irrigants et adhérents à l'Office National de l'irrigation et de drainage (ONID). Cette enquête intègre les rubriques suivantes :

- ◇ Identification des exploitants et des exploitations
- ◇ Identification du système de culture.
- ◇ La structure des charges des exploitations.
- ◇ L'adoption des nouvelles techniques économes en eau d'irrigation.

Après avoir élaboré un questionnaire détaillé, nous avons entamé nos enquêtes auprès des agriculteurs sur le terrain. Nos enquêtes ont porté sur 26 exploitations sur une période d'enquête qui a duré deux mois environ, ce nombre a été réduit après l'opération du dépouillement à 21 exploitations. Ces dernières sont prises dans le périmètre de la Mitidja Est (Hamiz plaine et Hamiz littoral).

Chapitre V. Résultats et discussions

1. Calcul des besoins en eau de toutes les cultures des superficies souscrites dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est El Hamiz :

1.1. Calcul d'ET₀

La détermination des besoins en eau des cultures (ET₀) se fait sur la base des cinq facteurs climatiques ou physiques qui sont : le rayonnement solaire ; la température ; l'humidité de l'air ; la vitesse du vent.

L'introduction des coordonnées géographiques et les données climatiques mensuelles de la station de Dar El Beida (série de plus de 20 ans) dans le logiciel Cropwat 8.0 et par application de la formule de Penman-Monteith a permis d'obtenir les valeurs de l'évapotranspiration de références ET₀ mensuelles moyennes (**Tableau 40**).

Tableau 40 : L'évapotranspiration (mm/j) dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est El Hamiz

Pays : Algérie		Nom de station : Dar El		Altitude: 25m			
Latitude: 36,41° N				Longitude: 3.13° E			
Mois	T max (°C)	T min (°C)	Humidité (%)	Vent (Km)	Inso. (heures)	Rn (MJ/m ² /j)	ET ₀ (mm/j)
janvier	16,9	5,4	78	203	5,7	9,4	1,48
février	17,6	5,5	78	209	6,3	12,2	1,87
mars	19,8	7,3	76	217	7,1	16	2,63
avril	21,5	8,8	75	235	8,1	20	3,42
mai	24,9	12,7	74	229	8,8	22,6	4,22
juin	28,9	16,2	69	246	10,3	25,2	5,39
juillet	31,7	19,1	68	237	10,8	25,6	5,9
août	32,7	20,1	68	221	10	23,1	5,6
sept	29,8	17,8	70	217	8,5	18,6	4,4
octobr	26,2	14,2	74	176	7,1	13,8	2,93
novem	21	9,9	77	194	5,9	10	1,91
décem	17,7	6,9	78	195	5,2	8,3	1,43
moyen	24,1	12,0	73,8	214,9	7,8	17,1	3,4

Ce tableau donne les enregistrements moyens des données climatiques suivantes :

- Une température maximum moyenne de 24,1 C° ;
- Une température minimum moyenne de 12,0 C°
- Une humidité moyenne de 73,8% ;
- Une vitesse de vent moyenne de 214,9 km/jour ;
- Une durée d'insolation moyenne de 7,8 heures ;
- Une radiation solaire moyenne de 17,1Mj/m²/j ;
- Une évapotranspiration moyenne de 3,4 mm/j ;

On constate aussi que le mois de pointe pour la demande climatique (ET₀) correspond au mois de juillet, avec une moyenne journalière de 5,9mm.

1.2. Calcule de la pluie efficace

Les précipitations efficaces se réfèrent à la fraction des précipitations qui peut être effectivement utilisée par les plantes. La totalité des précipitations n'est pas disponible pour les cultures puisqu'en effet, une partie est perdue par ruissellement et/ou par percolation en profondeur.

Les résultats de la fraction de la pluie efficace calculés par le logiciel sont présentés dans le tableau 41.

Tableau 41: Pluie efficace mensuelles de l'année humide dans le périmètre irrigué de Hamiz

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Pluie (mm)	98	80	69	61	42	8	3	13	41	59	114	107	695
Pluie eff. (mm)	73,5	60	51,8	45,8	31,5	6	2,3	9,8	30,8	44,3	85,5	80,3	521,6

On remarque d'après le tableau ci-dessus que la pluie qui tombe annuellement dans le périmètre de Hamiz est de la moyenne de 695 mm, par contre la quantité de cette pluie qui utilisée par la plante est de 521,6 mm pour une année humide.

Tableau 42: Pluie efficace mensuelles de l'année normale dans le périmètre irrigué de Hamiz

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Pluie (mm)	78	64	55	49	33	6	3	10	33	47	91	85	554
Pluie eff. (mm)	58,5	48	41,3	36,8	24,8	4,5	2,3	7,5	24,8	35,3	68,3	63,8	415,9

On peut remarquer aussi

pour une année normale que ce qui tombe annuellement en périmètre irrigué de Hamiz est de la moyenne de 554 mm, par contre la pluie efficace qui est utilisée par la plante et de 415,9mm.

Tableau 43: Pluie efficace mensuelles de l'année sèche dans le périmètre irrigué de Hamiz

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Pluie (mm)	68	56	48	42	29	5	2	9	29	41	79	74	482
Pluie eff. (mm)	51	42	36	31,5	21,8	3,8	1,5	6,8	21,8	30,8	59,3	55,5	361,8

Par contre pour l'année sèche on remarque que ce qui tombe annuellement en périmètre irrigué de Hamiz est de la moyenne de 482 mm, par contre la pluie efficace qui est utilisée par la plante et de 361,8 mm.

1.3. Besoins en eau culture par culture

Afin de mieux maîtriser les besoins en eau de chaque culture, nous avons calculé son besoin comme si c'était une monoculture (la culture occupe 100% de superficie). Une fois les besoins en eau d'irrigation unitaires de chaque culture calculés, il suffit de multiplier par la superficie souscrite respective de chaque culture pour obtenir leurs besoins dans chaque type du sol de tous les secteurs du périmètre irrigué de Hamiz.

Pour faciliter la compréhension de la méthode de calcul des besoins en eau de toutes les cultures, on prend comme exemple les cultures suivantes :

- **Exemple des besoins en eau de la tomate en année normale :**

Les besoins en irrigation de la tomate en année normale sont calculés par soustraction de la pluie efficace des besoins en eau des cultures, ce qui donne les résultats présentés dans le tableau 44.

Le tableau donne la différence entre la disponibilité en eau et la demande de la culture conduite à l'ETM. A titre d'exemple, le 10 mai, pour un time step (tour d'eau) de 10 jours, l'ETo est de 4,22 mm/jour.

Pour le calcul d'un ha moyen, on considère que la culture couvre 100% de la surface qui lui est allouée.

La quantité d'eau requise par la plante (Etc) est de :

$$4,22 * 0,84 = 2,66 \text{ mm /j}$$

$$= 26,6 \text{ mm/décade}$$

La pluie efficace calculée étant de 8,6mm.

Donc l'irrigation requise (Besoin d'irrigation) est de :

$$26,6 - 8,6 = 18 \text{ mm par décade.}$$

Tableau 44 : Besoins nets en eau d'irrigation d'un hectare moyen de la tomate en année normale et par décade

Besoin en eau des cultures							
Station ETo: Dar El Beida			Culture: tomate				
Station Pluie: Dar El Beida			Date de plantation:15/04				
Mois	Décade	Phase	Kccoeff	Etc mm/jour	Etc mm/dec	Pluie eff mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Avr	2	Init	0,6	2,05	12,3	7,5	6
Avr	3	Init	0,6	2,21	22,1	11,1	11
Mai	1	Init	0,6	2,37	23,7	9,8	13,9
Mai	2	Crois	0,63	2,66	26,6	8,6	18
Mai	3	Crois	0,77	3,55	39	6,2	32,8
Jui	1	Crois	0,92	4,59	45,9	3,2	42,6
Jui	2	Crois	1,06	5,7	57	0,7	56,3
Jui	3	Mi-sais	1,16	6,44	64,4	0,7	63,7
Jui	1	Mi-sais	1,16	6,66	66,6	0,8	65,8
Jui	2	Mi-sais	1,16	6,86	68,6	0,4	68,1
Jui	3	Mi-sais	1,16	6,74	74,2	1,1	73
Août	1	Arr-sais	1,16	6,66	66,6	1,6	65,1
Août	2	Arr-sais	1,06	6,06	60,6	2	58,6
Août	3	Arr-sais	0,94	4,94	54,3	4,1	50,3
Sep	1	Arr-sais	0,84	4,01	24,1	3,9	20,8
Total					706	61,8	646,1

D'après le tableau 44 la consommation d'un hectare moyen de la tomate est de 646,1 mm et pour avoir les besoins nets totaux en eau d'irrigation de cette culture exprimés en m³, il suffit de la multiplier par 10 la superficie totale souscrite de la tomate qui est 203,5 ha fois dix.

$$646,1 * 203,5 * 10 = 1.314.813,5 \text{ m}^3$$

Lors du calcul des besoins en eau de toutes les cultures, la même démarche sera adoptée pour chaque culture.

1.4. Détermination des besoins en eau de toutes les cultures pour les secteurs liés à la zone de la plaine

Les besoins en eau réels maximums, et les besoins unitaire d'irrigation par cultures que nous avons calculés de l'année normale pour la zone de la plaine (sol1 : argileu-limoneu) sont synthétisés dans le tableau 45. Ce tableau représente les besoins en eau unitaire (en année normale) pour le sol1 (argileux-limoneux) de chaque culture et leurs répartitions mensuelles sur le cycle végétatif.

Les besoins d'irrigation unitaires des principales cultures pratiquées dans la plaine de la Mitidja Est correspondant aux dates de semis (ou de plantation) que nous avons considérées sont présentés dans la figure 51, elle permet de distinguer les cultures les plus exigeantes en eau dans cette zone.

*

Tableau 45: Récapitulatif des besoins en eau unitaires en année normale de la zone de la plaine du périmètre de la Mitidja Est (m³/ha)

Besoins en eau des cultures en m3														
Cultures	Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOT
Abricot	irr /ha	0	0	51	198	482	831	966	874	474	277	0	0	4153
	Etm/ha	304	446	560	700	890	992	949	710	633	530	413	372	7499
Agrumes	irr /ha	0	0	160	352	681	1071	1216	1073	618	253	0	0	5424
	Etm/ha	355	570	720	932	1120	1229	1124	840	597	380	300	331	8498
Pêche	irr /ha	0	0	51	198	482	831	966	877	706	472	0	0	4583
	Etm/ha	304	446	560	725	890	992	949	940	823	530	413	392	7964
Aubergine	irr /ha	0	0	0	170	647	1629	2072	1744	209	0	0	0	6471
	Etm/ha	0	0	0	340	827	1583	2067	1806	236	0	0	0	6859
Betterave	irr /ha	0	0	388	723	1115	0	0	0	0	0	0	0	2226
	Etm/ha	0	378	811	1090	1341	0	0	0	0	0	0	0	3620
Choux fleur	irr /ha	0	0	0	0	0	0	0	0	577	489	36	0	1102
	Etm/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	794	836	620	147	2397
Courgette	irr /ha	0	0	0	113	609	1630	1311	0	0	0	0	0	3663
	Etm/ha	0	0	0	282	856	1680	1277	0	0	0	0	0	4095
Haricot	irr /ha	0	0	0	90	629	1620	1047	0	0	0	0	0	3386
	Etm/ha	0	0	0	197	878	1640	1062	0	0	0	0	0	3777
Sorgo	irr /ha	0	0	0	0	123	857	1778	1601	404	0	0	0	4763
	Etm/ha	0	0	0	0	232	900	1799	1656	515	0	0	0	5102
Maïs	irr /ha	0	0	0	0	173	1237	2171	1824	306	0	0	0	5711
	Etm/ha	0	0	0	0	426	1279	2191	1888	392	0	0	0	6176
Pastèques	irr /ha	0	0	0	50	516	1540	1666	304	0	0	0	0	4076
	Etm/ha	0	0	0	0	594	1392	1751	816	0	0	0	0	4553
Poivron	irr /ha	0	0	0	0	549	1226	1874	1732	250	0	0	0	5631
	Etm/ha	0	0	0	0	699	782	1572	1574	302	0	0	0	6010
Oignon	irr /ha	0	0	166	585	1161	1418	0	0	0	0	0	0	3330
	Etm/ha	0	0	0	890	1470	1700	0	0	0	0	0	0	4060
PTS	irr /ha	0	9	98	754	1296	1415	0	0	0	0	0	0	3572
	Etm/ha	0	97	491	970	777	1061	0	0	0	0	0	0	3396
PTAS	irr /ha	0	0	0	0	0	0	0	164	426	444	60	0	1094
	Etm/ha	0	0	0	0	0	0	0	250	510	300	0	0	1060
Salade	irr /ha	0	0	0	227	883	1645	1050	0	0	0	0	0	3805
	Etm/ha	0	0	0	403	816	1251	826	0	0	0	0	0	3296
Tomate	irr /ha	0	0	0	170	647	1633	2078	1749	210	0	0	0	6487
	Etm/ha	0	0	0	340	823	1555	2046	1810	236	0	0	0	6810

Pour les cultures maraichères, la tomate est la culture qui consomme le plus d'eau soit (6487 m³/ha), suivi par l'aubergine et le poivron avec une consommation respectivement de 6471 m³/ha et 5631 m³/ha, vient après la pastèque 4076 m³/ha, alors que la pomme de terre arrière-saison, chou fleur et la betterave sont les moins exigeantes.

Les besoins d'irrigation des céréales d'été représentés par le maïs et le sorgo, sont respectivement de 5711 m³ et 4763 m³.

Concernant les arbres fruitières, on constate que les Agrumes qui ont le besoin d'irrigation le plus élevé (5424 m³/ha), vient ensuite le pêcheur avec une consommation de 4583 m³/ha, alors que les besoins d'irrigation de l'abricotier est de 4153 m³/h

Les besoins unitaires en eau des cultures en année sèche et année humide de cette zone du périmètre sont présentés dans (**Annexe 3**).

Pour analyser les besoins en eau des cultures de la zone de la plaine de la Mitidja EST nous allons déterminer les besoins en eau de chaque secteur à part.

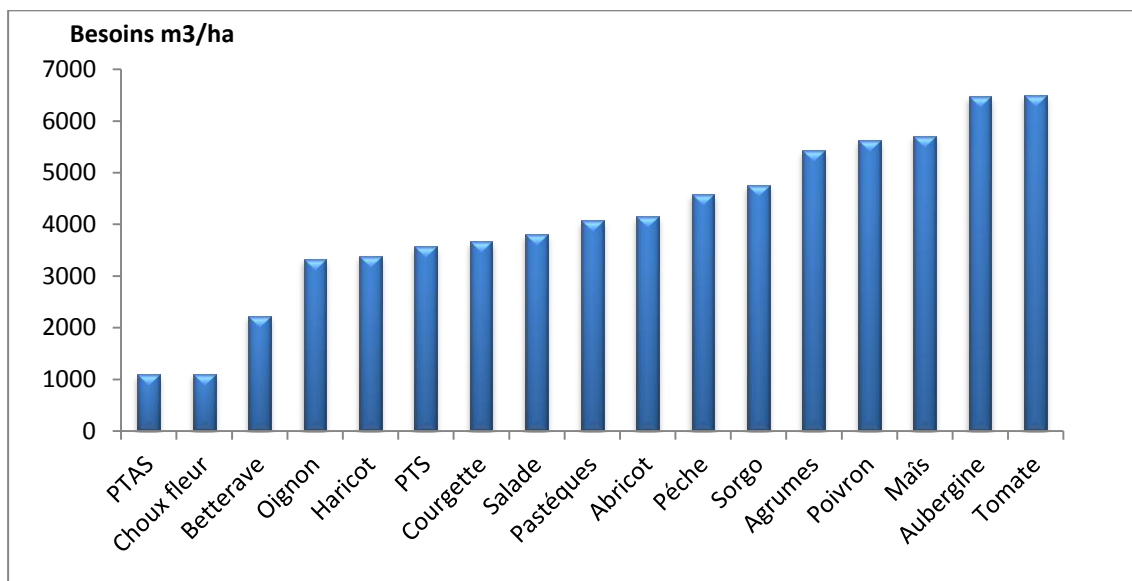


Figure 51: Les besoins d'irrigation unitaires des cultures dans la zone de la plaine de périmètre de Hamiz (Année normale).

1.4.1. Secteur 1

Dans le secteur 1 de périmètre de Hamiz il faudrait au total un volume de 785807,41 m³ d'eau pour une superficie souscrite de 148,34ha à répartir tout au long de l'année pour mener à bien l'ensemble des cultures tout le long de leur cycle de développement, ce qui représente un besoin moyen de 5297,3 m³/ha et par an.

La figure 52 montre l'évolution des besoins d'irrigation par mois de toutes les cultures irriguées dans le secteur 1. Ces besoins d'irrigation par groupe de culture sont relatifs aux exigences des cultures et leurs superficies. On remarque que le pic de consommation se situe durant le mois de juillet avec un besoin d'irrigation de plus de 218684.94 m³ d'eau, qui peut être expliqué probablement par la valeur trop élevée de l'évapotranspiration de ce mois et par l'occupation du sol par les cultures qui est de 83 %.

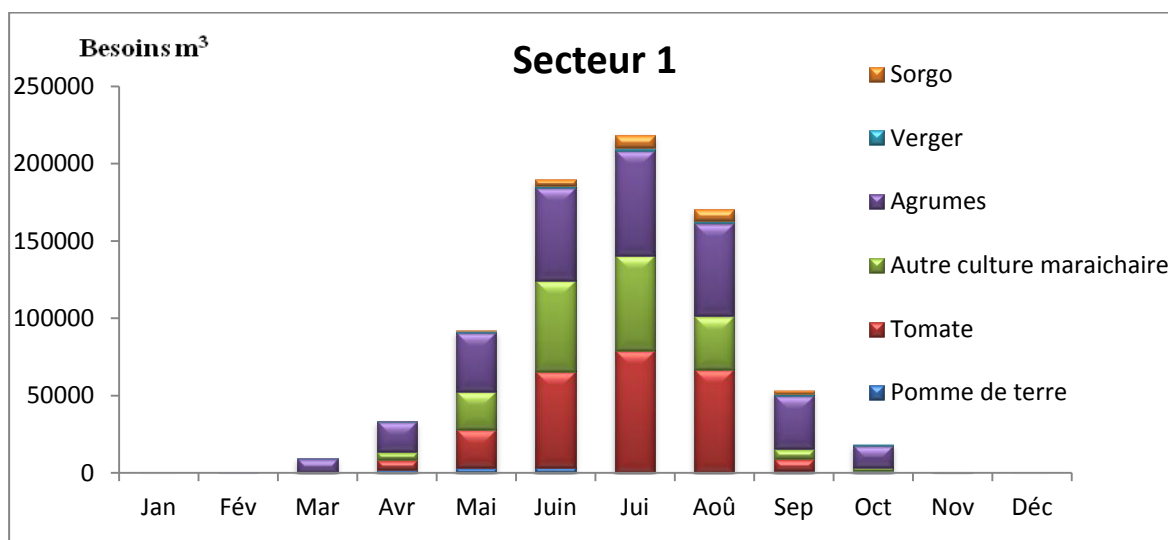


Figure 52: Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 01 de la plaine de la Mitidja Est.

La figure 53 révèle que la demande en eau d'irrigation la plus élevée est destinée aux agrumes avec 38.7% des besoins totaux, suivie par la tomate (cultures de maraichères) soit 32% et par les autres cultures maraichères soit (31.4%) des besoins totaux.

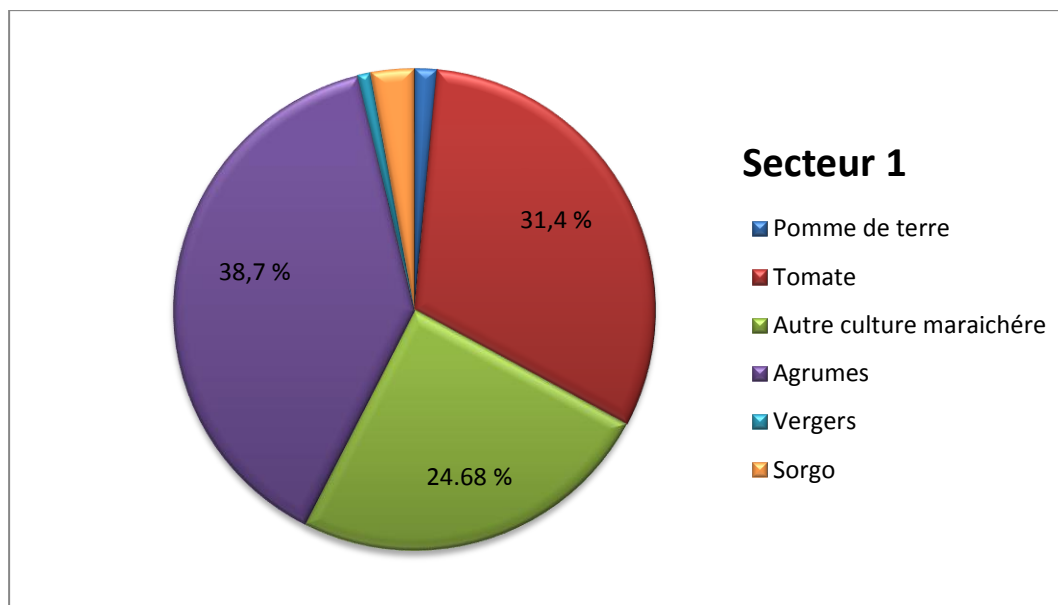


Figure 53 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur01.

Le tableau suivant donne les besoins d'irrigation totaux moyens des cultures dans ce secteur où on constate que le quota part des besoins totaux le plus élevée (plus de 474700.75 m³) est destinée aux cultures maraîchères qui représentent les cultures irriguées dominantes dans le secteur 01 avec une superficie de 90.75 ha.

Tableau 46 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 01

Cultures SACTEUR 1	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	90,75	474700,75	481630,25	460339
Agrumes	56,09	304232,16	317357,22	278879,48
Vergers	1,5	6874,5	7243,5	6274,5
Total	148,34	785807,41	806230,97	745492,98

1.4.2. Secteur 2

Pour le secteur 2 de périmètre de Hamiz il faudrait au total un volume de 821742,25 m³ d'eau pour une superficie souscrite de 160,15 ha à répartir tout au long de l'année pour mener à bien l'ensemble des cultures tout le long de leur cycle de développement, ce qui représente un besoin moyen de 5131,1 m³/ha et par an.

L'analyse de la figure 54 montre que le pic de la consommation se situe durant le mois de juillet avec un besoin d'irrigation de plus de 188435,15 m³ d'eau, et qui s'explique par le taux de l'évapotranspiration qui est élevé pendant ce mois et à l'occupation du sol qui est de 80 %, alors que les plus faibles consommations sont enregistrées durant la période pluviale du mois d'octobre, jusqu'au mois d'avril et cela est du probablement par le fait que les cultures pratiquées n'exigent que peu d'eau à cause du froid hivernal qui diminue la demande climatique.

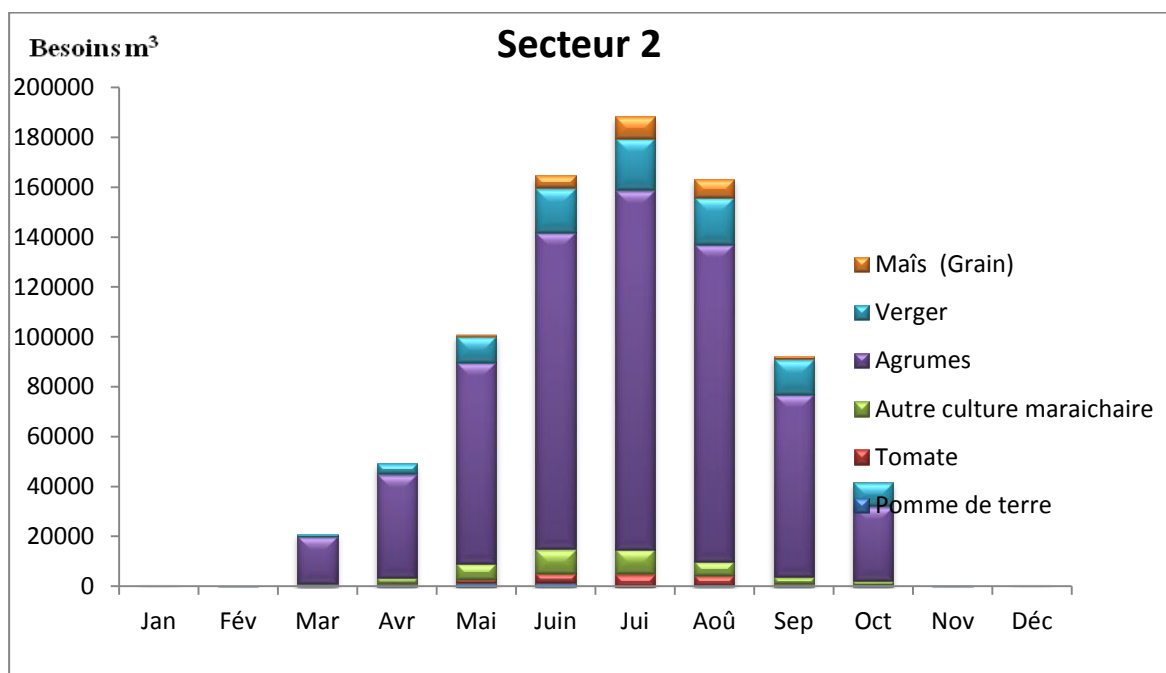


Figure 54 : Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 02 de la plaine de la Mitidja Est.

D'après la figure 55 on remarque que la demande en eau d'irrigation la plus élevée est destinée aux agrumes avec 78.2 % des besoins totaux. Suit par les Verger avec 11.8 % des besoins totaux. Les autres cultures consomment des volumes en eau relativement faibles.

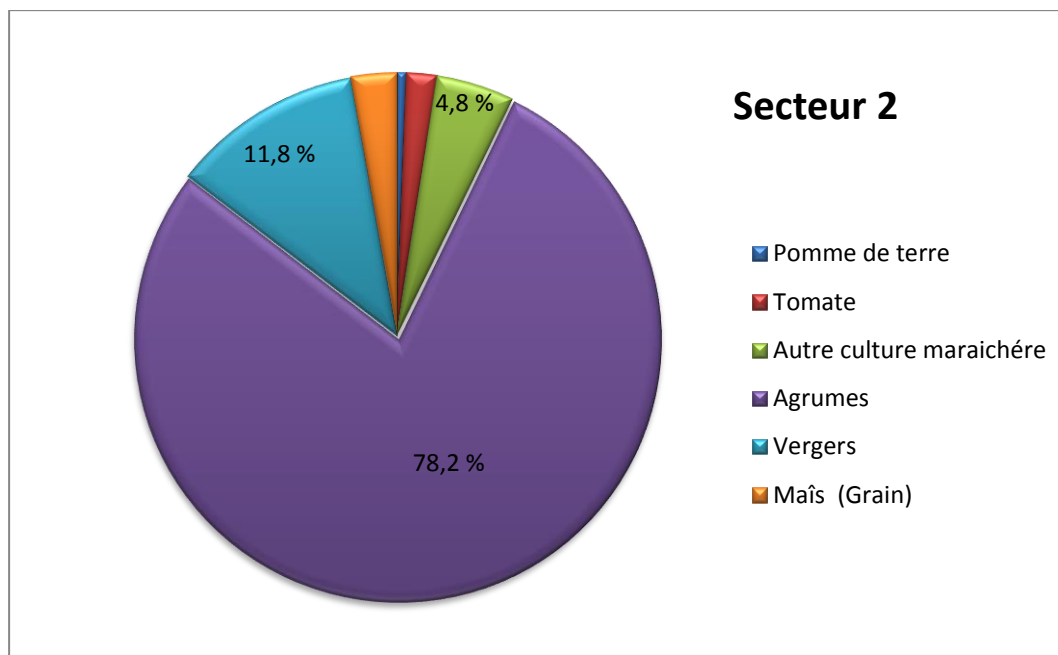


Figure 55 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur02.

Le tableau 47 résume les besoins en eau calculés pour l'année moyenne, sèche et humide. Ou on constate que ces dernières se situent entre 758072,45 m³ en année humide, et 856482,6 m³ pour l'année sèche.

Tableau 47: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 02

Cultures SACTEUR 2	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	20,15	82183,75	83906,1	78779,95
Agrumes	118,5	642744	670473	589182
Vergers	21,5	96814,5	102103,5	88214,5
Total	160,15	821742,25	856482,6	756176,45

1.4.3. Secteur 3

Pour le secteur 3 qui occupe une superficie souscrite de 221,65 ha. Un volume total de 1135983,45 m³ d'eau est nécessaire pour mener à bien l'ensemble des cultures tout le long de l'année, ce qui représente un besoin moyen de 5125,1 m³/ha et par an.

A l'échelle des douze mois de l'année, on remarque que la consommation est plus importante pour les mois les plus déficitaires (juin, juillet, août et septembre) où le mois du juillet considéré comme étant le mois de pointe avec 278887,9 m³/ha.

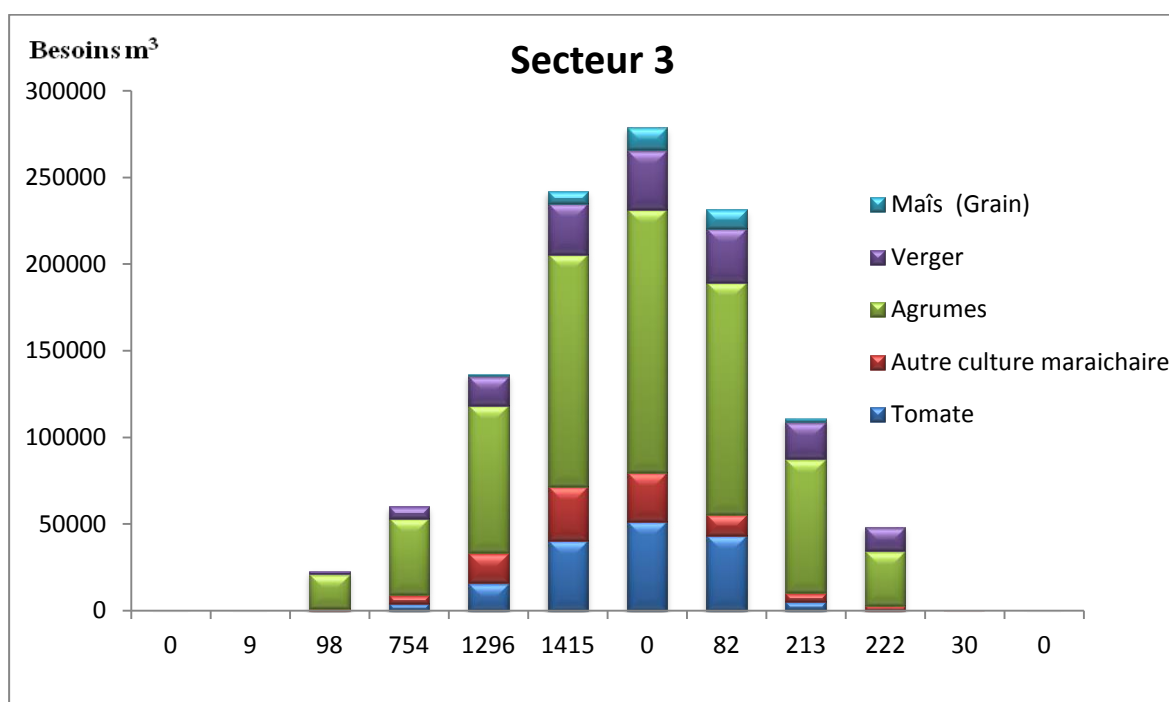


Figure 56 : Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 03 de la plaine de la Mitidja Est.

La figure 57 révèle que la majeure partie des besoins en eau est destinée aux agrumes soit 59.7% des besoins totaux, suivit par les tomates (14.1%), et les verger (13.7), et que les valeurs les plus faibles sont représentées par les pomme de terre (0.4%).

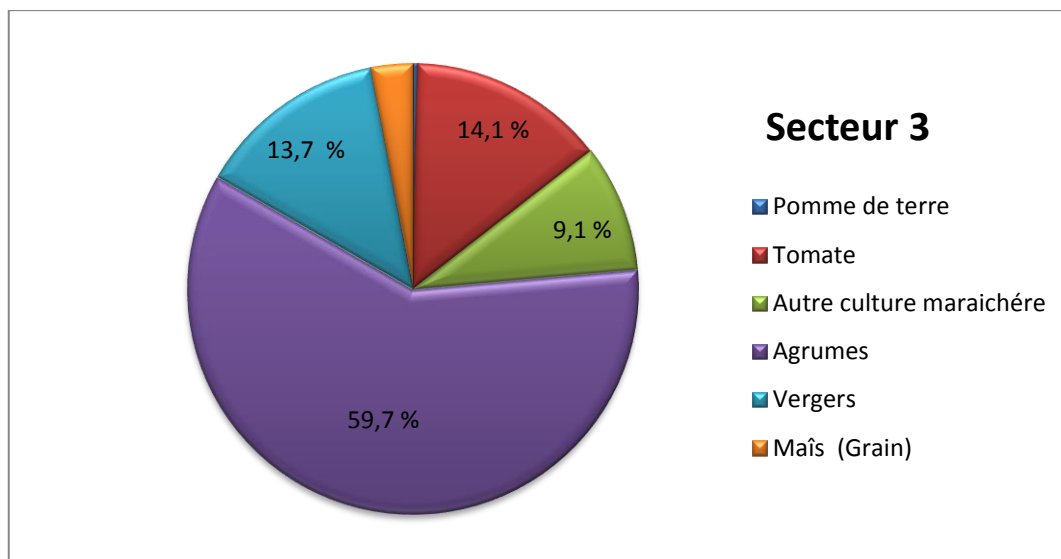


Figure 57 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur03.

La consommation totale des cultures dans le secteur 03 pour l'année moyenne, sèche et humide est représentée sur le tableau 48

Tableau 48: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 03

Cultures SACTEUR 3	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	61,25	302367,25	307251,5	292344
Agrumes	125	678000	707250	621500
Vergers	35,4	155616,2	164324,6	141456,2
Total	221,65	1135983,45	1178826,1	1055300,2

1.4.4. Secteur 4

Dans le secteur 04 les besoins en eau totaux destinés à l'irrigation s'élève à 1122084 m³ pour une superficie souscrite de 248,25 hectares ce qui représente un besoin moyen de 4520 m³/ha/an.

A l'échelle des douze mois de l'année, la consommation varie de 19143 m³/mois au mois de février à 278442,25 m³/mois au mois de juin considéré comme étant le mois de pointe, contrairement aux autres secteurs où le mois de juillet est le mois de pointe.

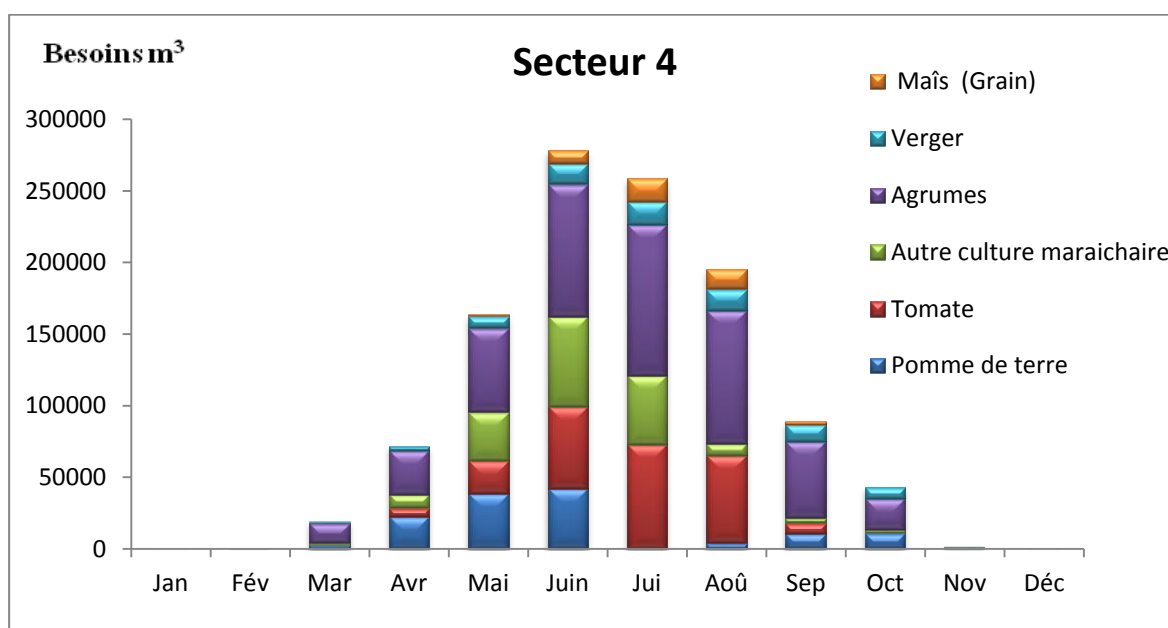


Figure 58 : Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 04 de la plaine de la Mitidja Est.

Au niveau de secteur 04 les besoins en eau d'irrigation les plus marquées se répartie comme suit : 41.8 % pour les agrumes, 20.2 % pour la tomate, 12 % pour la pomme de terre, 15.2 % pour les autres cultures maraichère, les autres cultures consomment des volumes en eau relativement faibles (**Figure 59**).

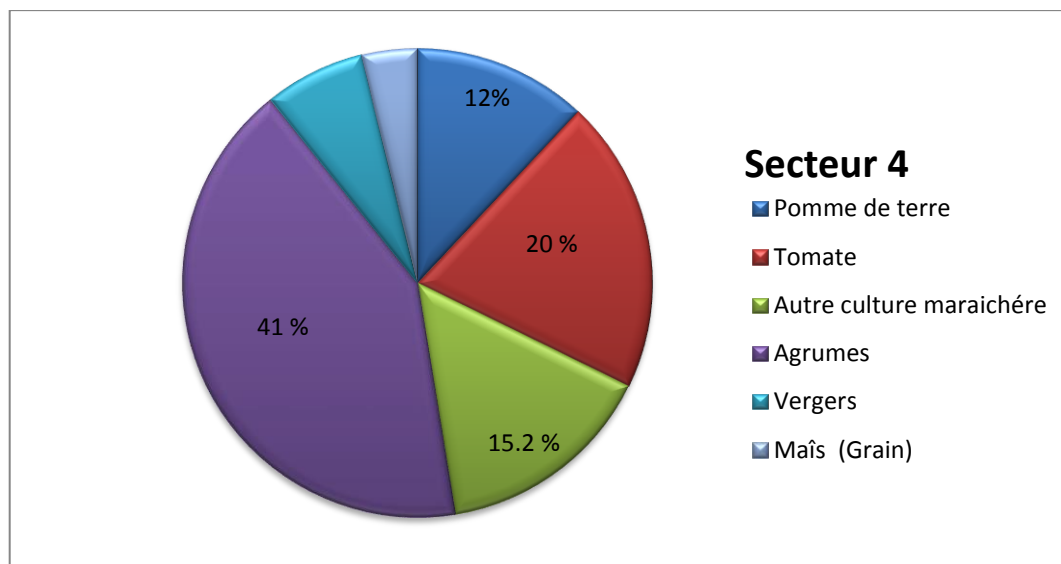


Figure 59 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur04.

Le tableau 49 présente la répartition des besoins d'irrigation de chaque type de culture pour l'année sèche, moyenne et humide.

Tableau 49: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 04

Cultures SACTEUR 4	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	144,75	574997	588711,25	549313,75
Agrumes	86,5	469176	489417	430078
Vergers	17	77911	82093	71111
Total	248,25	1122084	1160221,25	1050502,75

1.4.5. Secteur 5

Pour le secteur 5 de périmètre de Hamiz il faudrait au total un volume de 1135259,65 m³ d'eau en année normale pour une superficie souscrite 249,05 ha.

La distribution annuelle de la demande en eau d'irrigation de différentes cultures du secteur 05 montre que le mois de juillet est le mois de pointe pour ce secteur avec une consommation de 303373,3m³ (**Figure 60**)

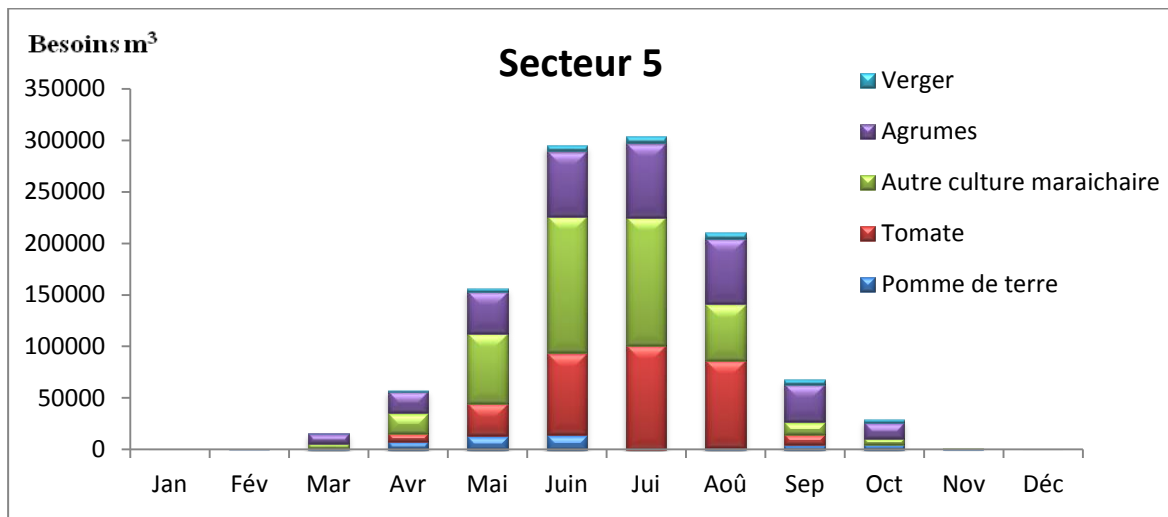


Figure 60 : Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 05 de la plaine de la Mitidja Est.

La figure 61 représente la répartition des besoins en eau d'irrigation selon les cultures pratiquées dans ce secteur. Il apparaît donc que les cultures les plus demandeuses en eau d'irrigation sont les cultures maraichère (39.67%), les agrumes (30.24) et la tomate avec (23.1%) des besoins totaux.

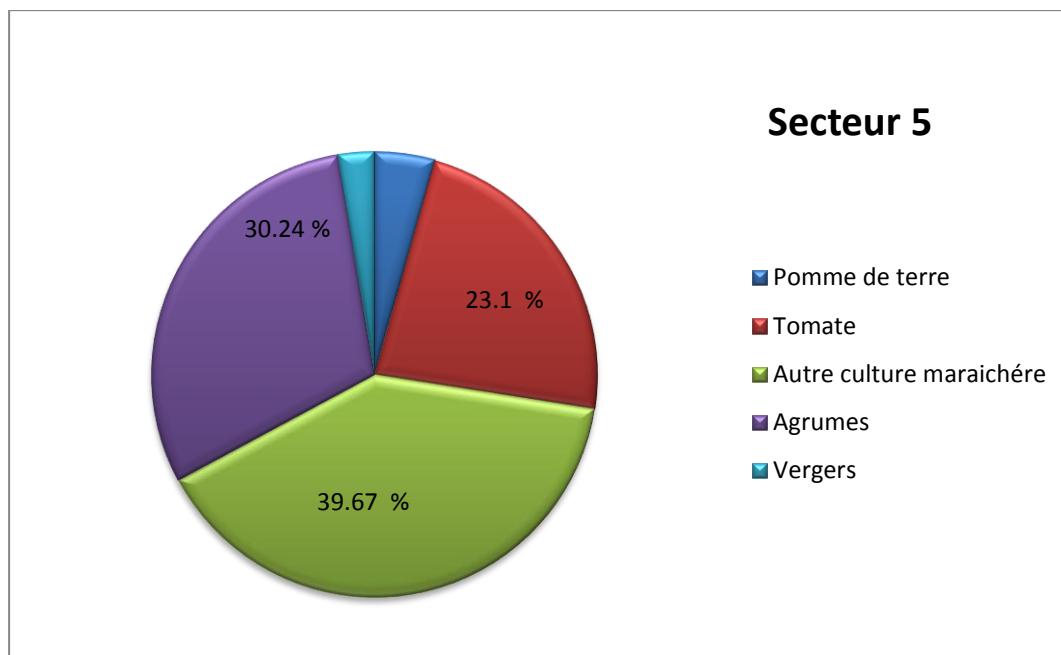


Figure 61 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur05.

Le tableau suivant résume les besoins en eau calculés pour l'année moyenne, sèche et humide.

Tableau 50: Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 05

Cultures SACTEUR 5	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	183,45	784575,35	819229,85	773831,05
Agrumes	59,5	322728	336651	295834
Vergers	6,1	27956,3	29456,9	25516,3
Total	249,05	1135259,65	1185337,75	1095181,35

1.4.6. Secteur 6

Les cultures souscrites du secteur 06 nécessitent annuellement un besoin en eau total de 950417,05 m³. Au niveau des douze mois de l'année, on constate que la consommation en eau varie de 67.5 m³/mois au mois de février à 246418.3 m³/mois au mois de juillet, et cela contrairement aux autres secteurs où le mois de juillet est considéré comme le mois de pointe (**Figure 62**).

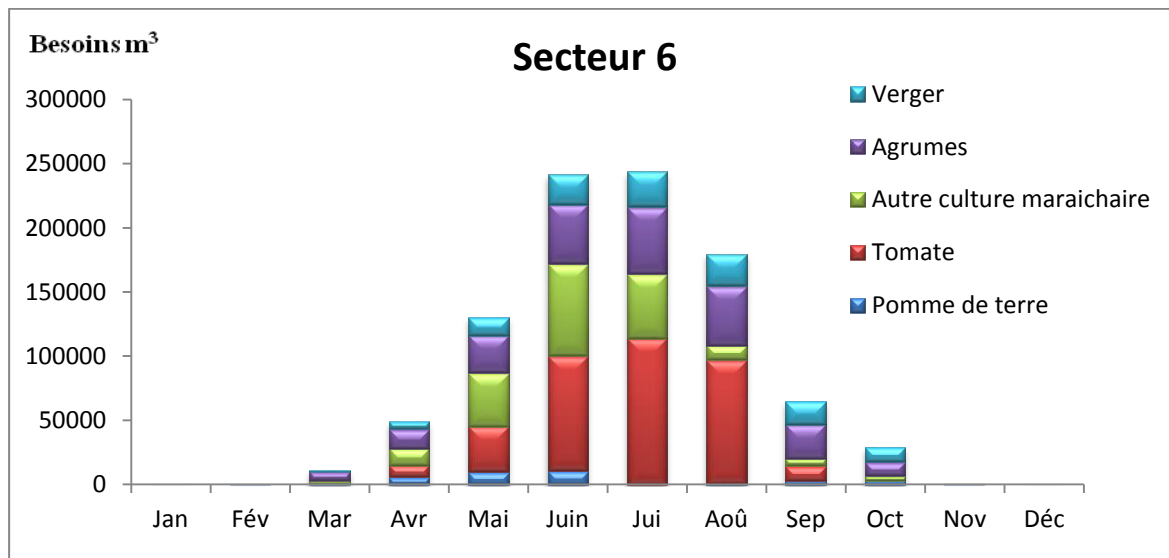


Figure 62: Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 06 de la plaine de la Mitidja Est.

L'analyse de la figure 63 montre que les besoins d'irrigation les plus élevés sont représentés par la tomate soit 37.5% des besoins totaux, suivie par les agrumes 24.5 %, 21.07 % pour les autres cultures maraichères et 13.3% pour les vergers.

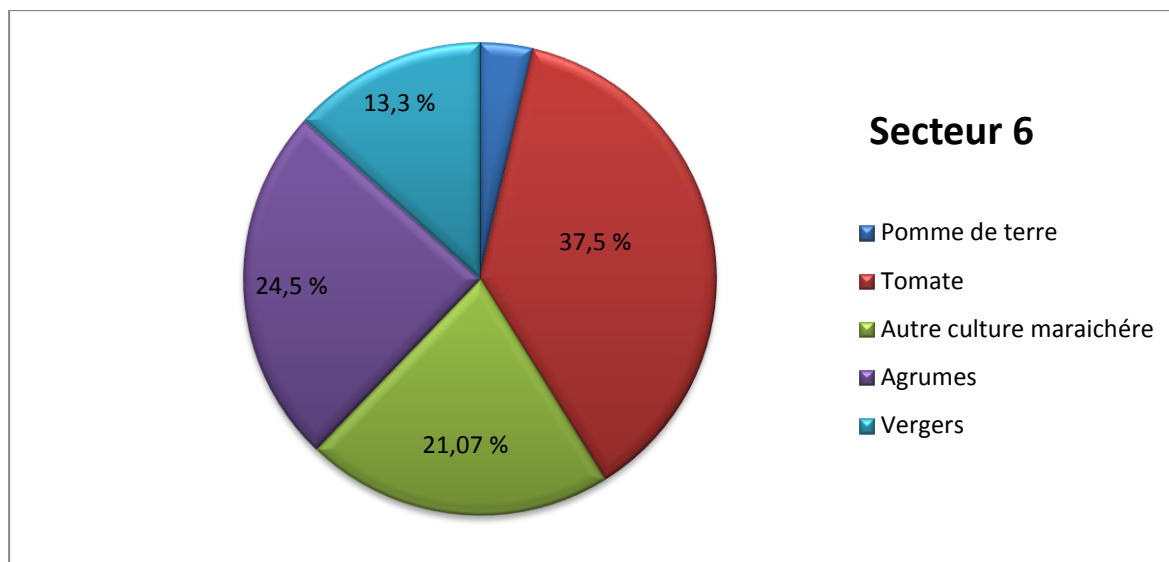


Figure 63: Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur06.

Le tableau 51 résume les valeurs des besoins en eau d'irrigation calculées en année moyenne, sèche et humide pour le secteur 06

Tableau 51 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 06

Cultures SACTEUR 6	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	131,6	590869,55	628521	594885,35
Agrumes	43	233232	243294	213796
Vergers	28,5	126315,5	133326,5	114915,5
Total	203,1	950417,05	1005141,5	923596,85

1.5. Détermination des besoins en eau de toutes les cultures pour les secteurs liés à la zone de littoral

Le tableau suivant présente les besoins en eau unitaire (en année normale) pour le sol2 (texture sableuse) de chaque culture et leurs répartitions mensuelles sur le cycle végétatif.

Tableau 52: Récapitulatif des besoins en eau unitaires en année normale de la zone de littoral du périmètre de la Mitidja Est (m³/ha)

Besoins en eau des cultures en m3														
Cultures	mois	Jan	Fé	Ma	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	No	Déc	
Abricotier	Irr net/ha	0	0	51	198	482	831	966	874	474	277	0	0	4153
	Etm/ha	304	44	560	725	890	992	949	710	633	530	413	372	7524
Pommier	irr net/ha	0	0	80	249	548	911	132	158	101	531	14	0	6253
	Etm/ha	351	48	610	798	950	134	164	125	875	560	423	372	9656
Agrumes	irr net/ha	0	0	160	352	681	107	121	107	618	253	0	0	5424
	Etm/ha	355	57	720	932	112	122	112	840	597	380	300	331	8498
Pêcher	irr net/ha	0	0	51	198	482	831	966	877	706	472	0	0	4583
	Etm/ha	304	44	560	725	890	992	949	940	823	530	413	392	7964
Aubergine	irr net/ha	0	0	0	170	647	162	207	174	209	0	0	0	6471
	Etm/ha	0	0	0	340	683	164	207	180	236	0	0	0	6788
Betterave	irr net/ha	0	0	388	723	111	0	0	0	0	0	0	0	2226
	Etm/ha	0	0	0	920	105	0	0	0	0	0	0	0	1970
Choux fleur	irr net/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	577	489	36	0	1102
	Etm/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	208	123	300	0	3610
Courgette	irr net/ha	0	0	0	113	609	163	131	0	0	0	0	0	3663
	Etm/ha	0	0	0	282	850	168	281	0	0	0	0	0	5624
Haricot	irr net/ha	0	0	0	90	629	162	104	0	0	0	0	0	3386
	Etm/ha	0	0	0	197	816	166	106	0	0	0	0	0	3744
Oignon	irr net/ha	0	0	166	585	116	141	0	0	0	0	0	0	3330
	Etm/ha	0	0	610	167	198	306	0	0	0	0	0	0	7320
Pastèque	irr net/ha	0	0	0	0	345	139	176	828	0	0	0	0	4324
	Etm/ha	0	0	0	0	594	137	177	815	0	0	0	0	4554
Poivron	irr net/ha	0	0	0	0	549	122	187	173	250	0	0	0	5631
	Etm/ha	0	0	0	0	160	195	227	183	640	0	0	0	8290
PTAS	irr net/ha	0	0	0	0	0	0	0	164	426	444	60	0	1094
	Etm/ha	0	0	0	0	0	0	0	330	112	870	320	0	2640
PTS	irr net/ha	0	9	98	754	129	141	0	0	0	0	0	0	3572
	Etm/ha	0	0	0	134	238	234	0	0	0	0	0	0	6060
Salade	irr net/ha	0	0	0	227	883	164	105	0	0	0	0	0	3805
	Etm/ha	0	0	0	640	163	283	196	0	0	0	0	0	7060
Sorgo (Grain)	irr net/ha	0	0	0	0	123	857	177	160	404	0	0	0	4763
	Etm/ha	0	0	0	0	232	889	179	165	515	0	0	0	5088
Tomate	irr net/ha	0	0	0	170	647	163	207	174	210	0	0	0	6487
	Etm/ha	0	0	0	340	676	163	206	181	236	0	0	0	6759

Les besoins d'irrigation unitaires des principales cultures pratiquées dans le littoral de la Mitidja Est correspondant aux dates de semis (ou de plantation) que nous avons considérées sont présentés dans la figure 64, elle permet de distinguer les cultures les plus exigeantes en eau dans cette zone

Pour les cultures maraichères, la tomate est la culture qui consomme le plus d'eau, suivi de l'aubergine et le poivron, vient après la pastèque, la pomme de terre saison et la salade, alors que la pomme de terre arrière-saison, chou fleur et la betterave sont les moins exigeantes

Les besoins d'irrigation des céréales représentés par le sorgo, sont de 4763 m³/ha.

Concernant les arbres fruitières, on constate que le pommier qui a le besoin d'irrigation le plus élevé (6253 m³/ha), vient ensuite les Agrumes avec une consommation de 5424 m³/h, alors que les besoins d'irrigation du pêcher et de l'abricotier sont respectivement de 4583 m³/h et 4153 m³/h.

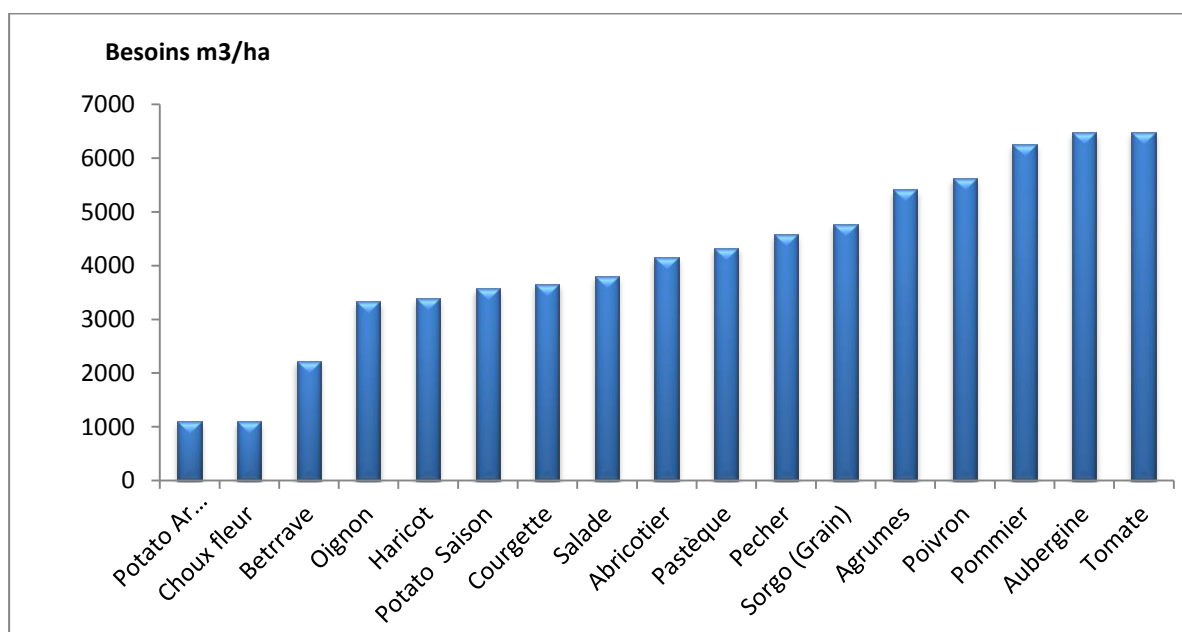


Figure 64: Les besoins d'irrigation unitaires des cultures dans la zone de littoral de périmètre de Hamiz (Année normale)

Les besoins unitaires en eau des cultures en année sèche et l'année humide de cette zone du périmètre sont présentés dans le tableau en annexe.

Pour analyser les besoins en eau des cultures de la zone de littoral de la Mitidja EST nous allons déterminer les besoins en eau de chaque secteur à part.

1.5.1. Secteur 7

En ce qui concerne le secteur 07 qui est un secteur de la zone de littoral, les cultures souscrites nécessitent annuellement un besoin en eau total de 718635,45 m³ pour une superficie de 147.6 ha, soit un besoin en eau total maximal de 193526,8 m³ pour le mois de juillet, correspondant à un taux d'occupation du sol de 88% (**Figure 65**).

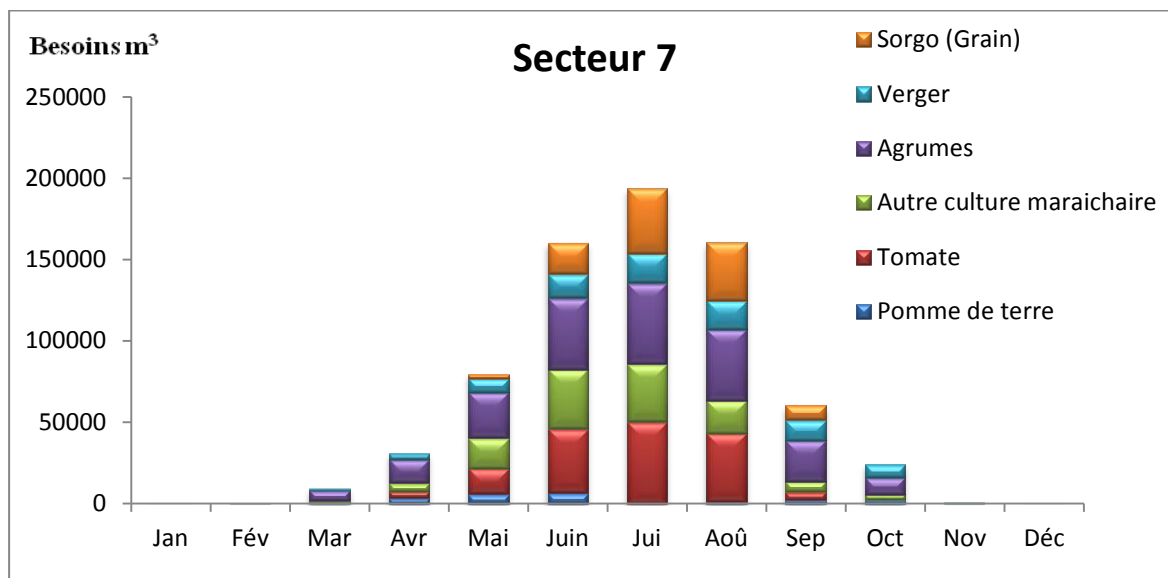


Figure 65 : Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 07 de la zone de littoral de la Mitidja Est.

La figure 66 représente la répartition des besoins en eau d'irrigation selon les cultures pratiquées dans ce secteur. Au niveau du secteur 07 les besoins en eau d'irrigation les plus marquées se répartie comme suit : 30.9 % pour les agrumes, 21.8 % pour la tomate, 17.79 % pour les autres cultures maraichère et 14.9 % pour le sorgo.

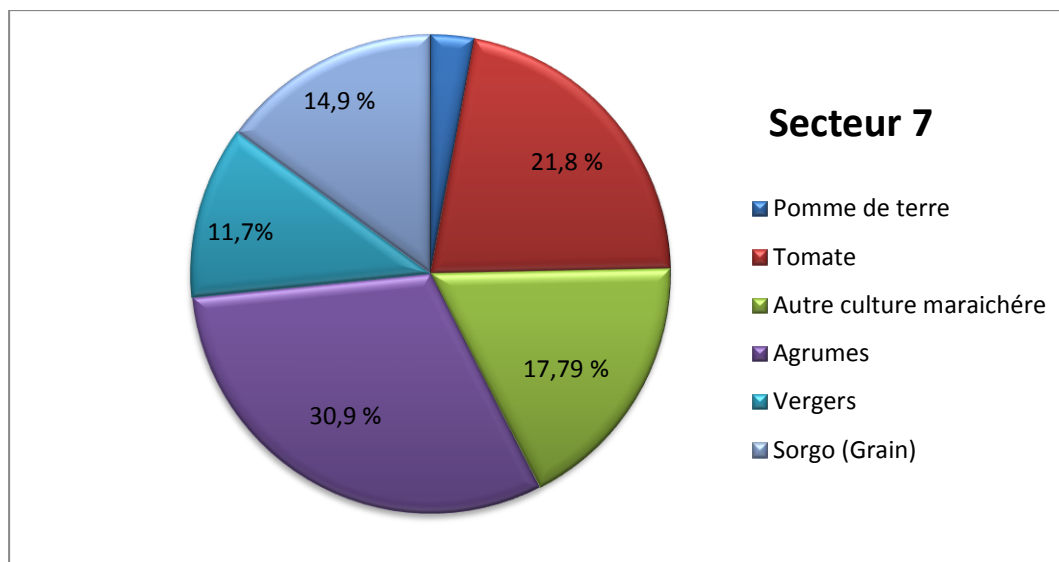


Figure 66 : Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur 07.

Le tableau suivant donne les besoins d'irrigation totaux moyens des cultures dans ce secteur où on constate que le quota part des besoins totaux le plus élevée (plus de 400 000m³) est destinée aux cultures maraîchères qui représentent les cultures irriguées dominantes dans le secteur 07 avec une superficie de 89.1 ha

Tableau 53 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 07

Cultures SACTEUR 7	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	89,1	412328,95	419178,8	398408,6
Agrumes	41	222384	231978	203852
Vergers	17,5	83922,5	88263,5	76844,5
Total	147,6	718635,45	739420,3	679105,1

1.5.2. Secteur 8

Pour le secteur 08 de périmètre de Hamiz il faudrait au total un volume de 399241 m³ d'eau pour une superficie souscrite de 80 ha, ce qui représente un besoin moyen de 4990.5 m³/ha et par an.

La répartition de ce volume d'irrigation sur toute l'année montre que cette dernière varie d'un maximum de 116187 m³/mois enregistré au mois de juillet, à un minimum de 9 m³/mois enregistré au mois de février (**Figure 67**).

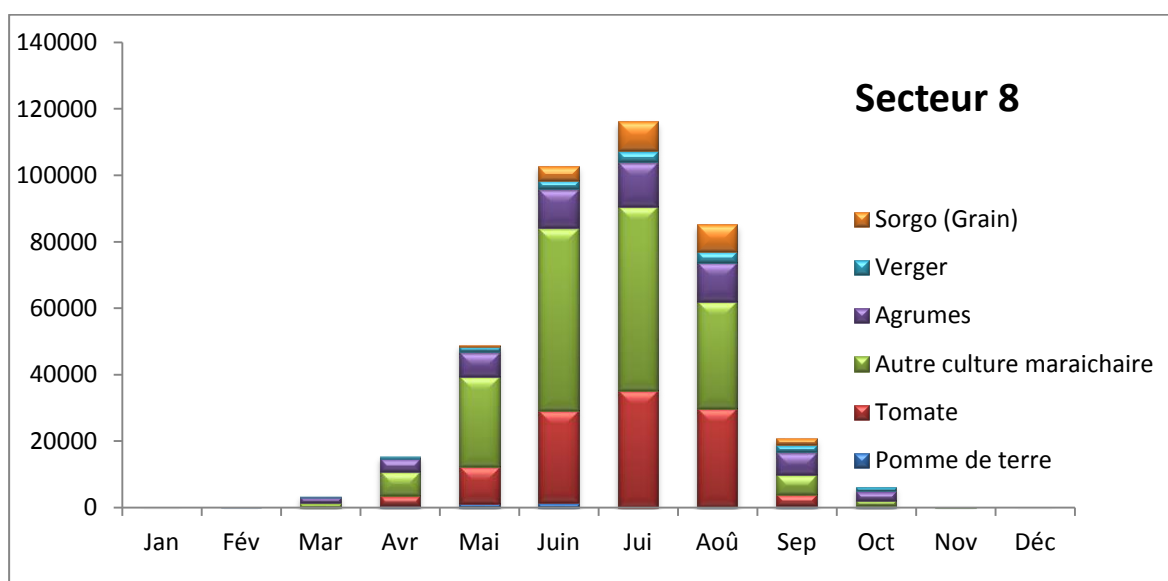


Figure 67: Evolution des besoins en eau d'irrigation cumulés de secteur 08 de la zone de littoral de la Mitidja Est.

La figure 68 révèle que la majeure partie des besoins en eau est destinée cette fois ci aux cultures maraichère soit 46.55 %, 27.6% pour la tomate, par contre les agrumes ne représente que 14.9 % des besoin totaux.

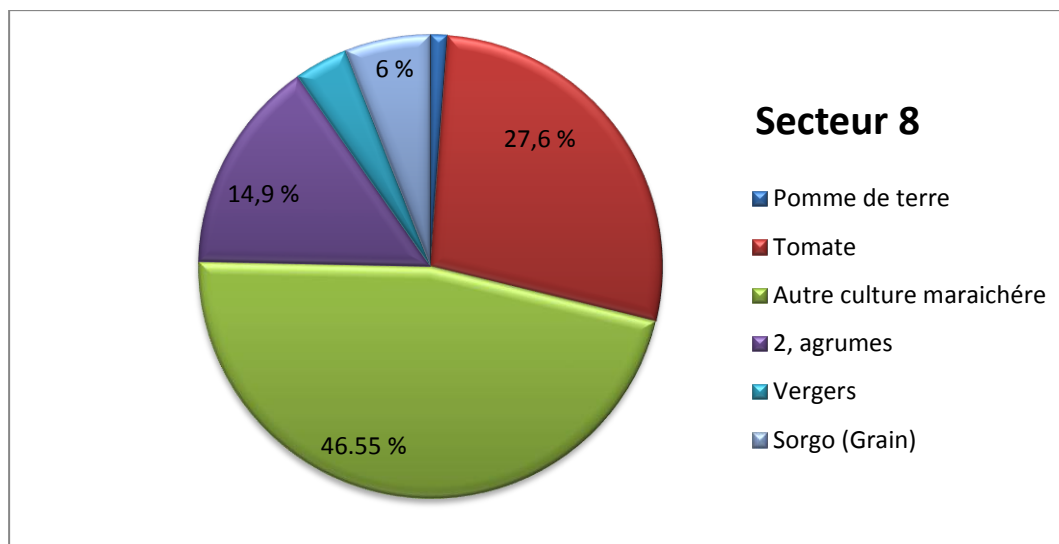


Figure 68: Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur 08.

Le tableau suivant résume les valeurs des besoins en eau d'irrigation calculées en année moyenne, sèche et humide pour le secteur 08. Ces besoins d'irrigation moyens ainsi déterminés peuvent varier de 378689 m³ d'eau en année humide, jusqu'à 407675,5 m³ d'eau en année sèche.

Tableau 54 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 08

Cultures SACTEUR 8	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	66	324588	329698,5	313987
Agrumes	11	59664	62238	54692
Vergers	3	14989	15739	13763
Total	80	399241	407675,5	382442

1.5.3. Secteur 9

Dans le secteur 09 de périmètre de Hamiz il faudrait au total un volume de 274285 m³ d'eau pour une superficie souscrite de 64 ha à répartir tout au long de l'année pour mener à bien l'ensemble des cultures tout le long de leur cycle de développement, ce qui représente un besoin moyen de 4285.7 m³/ha et par an.

La figure 69 montre l'évolution des besoins d'irrigation par mois de toutes les cultures irriguées dans le secteur 9. Ces besoins d'irrigation par groupe de culture sont relatifs aux exigences des cultures et leurs superficies. on remarque que le pic de consommation se situe durant le mois de juillet avec un besoin d'irrigation de plus de 76585 m³ d'eau, qui s'explique par le taux de l'évapotranspiration qui est élevé pendant ce mois et l'occupation du sol qu'est de 85 %.

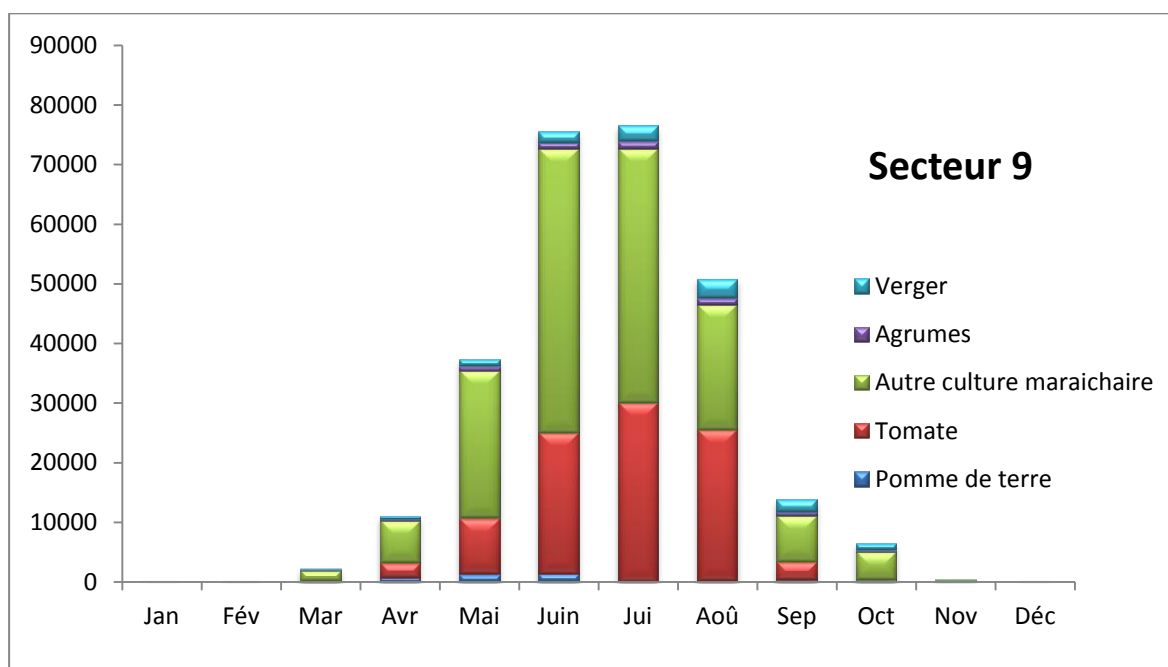


Figure 69: Evolution des besoins en eau d'irrigation de secteur 09 de la zone de littoral de la Mitidja Est.

D'après la figure 70 on remarque que la demande en eau d'irrigation la plus élevée est destinée aux cultures maraichère avec 57.47 % des besoins totaux, 34.3 % pour la tomate, le reste des cultures consommes des valeurs relativement faibles

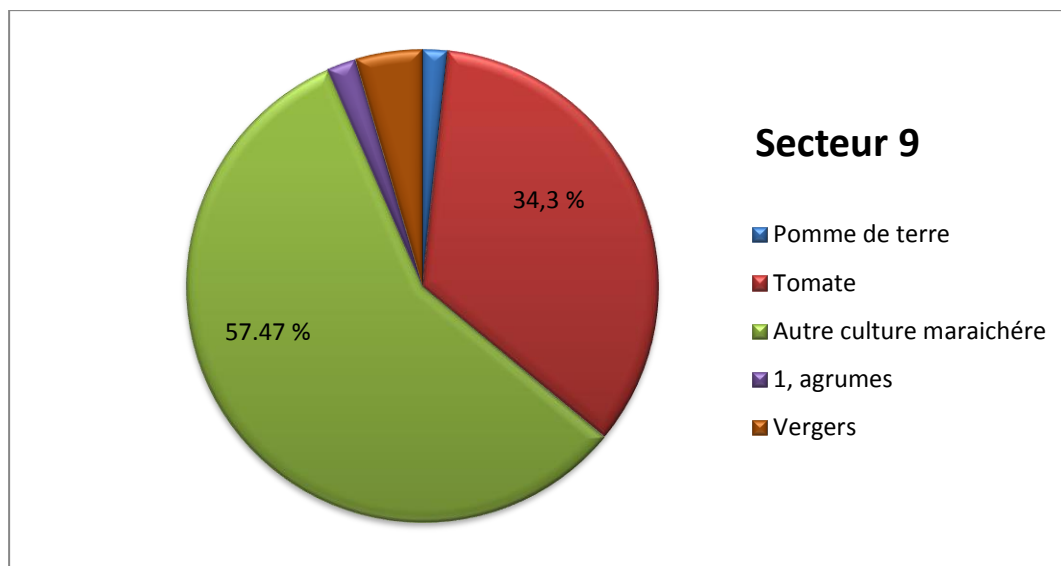


Figure 70: Le pourcentage des besoins en eau d'irrigation par culture pour le secteur 09.

Le tableau suivant résume les besoins en eau calculés pour le secteur 09 en année moyenne, sèche et humide.

Tableau 55 : Les besoins totaux d'irrigation par type de cultures et leurs superficies dans le secteur 09

Cultures SACTEUR 9	Superficie (ha)	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année moyenne	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année sèche	Besoins d'irrigation (m ³) pour l'année humide
Maraîchères	61	256355	261428	246176,5
Agrumes	1	5424	5658	4972
Vergers	2	12506	13022	11654
Total	64	274285	280108	262802,5

1.6. Variation interannuelle des besoins d'irrigation des cultures

L'objectif de ce travail est de faire ressortir la distribution des besoins en eau des cultures en fonction du type d'année sèche humide ou normal, pour cela nous avons calculé les besoins en eau pour les superficies irriguées des 9 secteurs de la région d'étude (**Tableau 56**).

Tableau 56. Superficie irriguées et souscrite des 9 secteurs d'étude

Secteurs	Superficies (Cultures maraichère)		Superficies (Vergers)		Superficies (Agrumes) Superficies (Agrumes)	
	Souscrites	irriguées	Souscrites	irriguées	Souscrites	irriguées
Secteur1	90,75	130,8	1,5	3,5	56,09	56,09
Secteur2	20,15	40,9	21,5	23,5	118,5	118,5
Secteur3	61,25	93,3	35,4	38,4	125	125
Secteur4	144,75	227,8	17	18,5	86,5	86,5
Secteur5	183,45	288,5	6,1	11,3	59,5	59,5
Secteur6	131,6	199,85	28,5	31,5	43	43
Secteur7	89,1	129,1	17,5	18,6	41	41
Secteur8	66	101	3	6,5	11	11
Secteur9	61	92,2	2	4,5	1	1

Les besoins en eau des cultures nécessaires pour les superficies irriguées de la région étudiée ont été synthétisés sous forme d'histogramme de fréquences. Il s'agit des besoins en eau des cultures en année sèche normale et humide. Les simulations faites montrent une allure identique des besoins en eau des cultures de la Mitidja-Est.

La figure 71 représente les besoins en eau des d'irrigations annuelle pour la plaine (secteur 1, 2, 3, 4, 5 et 6), le littoral (secteurs 7, 8 et 9) et pour l'ensemble des 9 secteurs, ou en peut constater que l'année séché engendre les valeurs les plus élevée avec un maximum 9817859,82 m³. En revanche, c'est sur les secteurs de la zone de la plaine, qu'on remarque les volumes les plus

élevés par rapport aux secteurs de la zone du littoral avec un maximum en année sèche de 7854235,1 m³ soit 80% des besoins totaux.

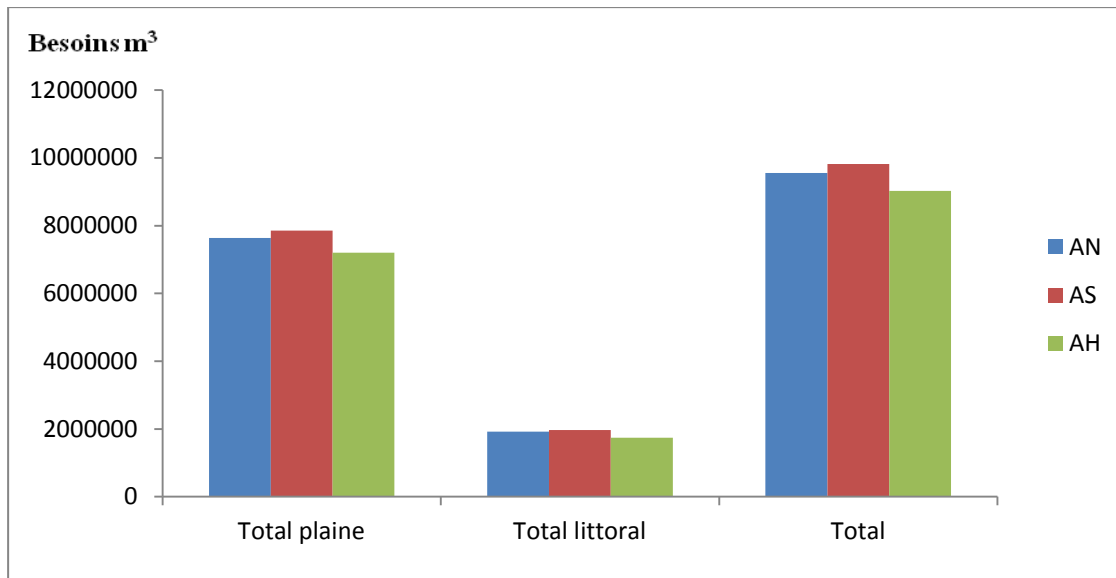


Figure 71. Variation interannuelle des besoins totaux en eau des différentes cultures

La figure 72 représente les besoins en eau des d'irrigations annuelle pour chaque secteur de la région d'étude, où on remarque que le secteur 05 de la plaine est le secteur est le plus consommateur en eau d'irrigation avec un maximum de 1679568,72 m³ enregistré durant l'année sèche, par contre on constate que le secteur 09 du littoral est le secteur qui présente la valeur la plus faible des besoins en eau d'irrigation avec 403283,23 m³ en année humide.

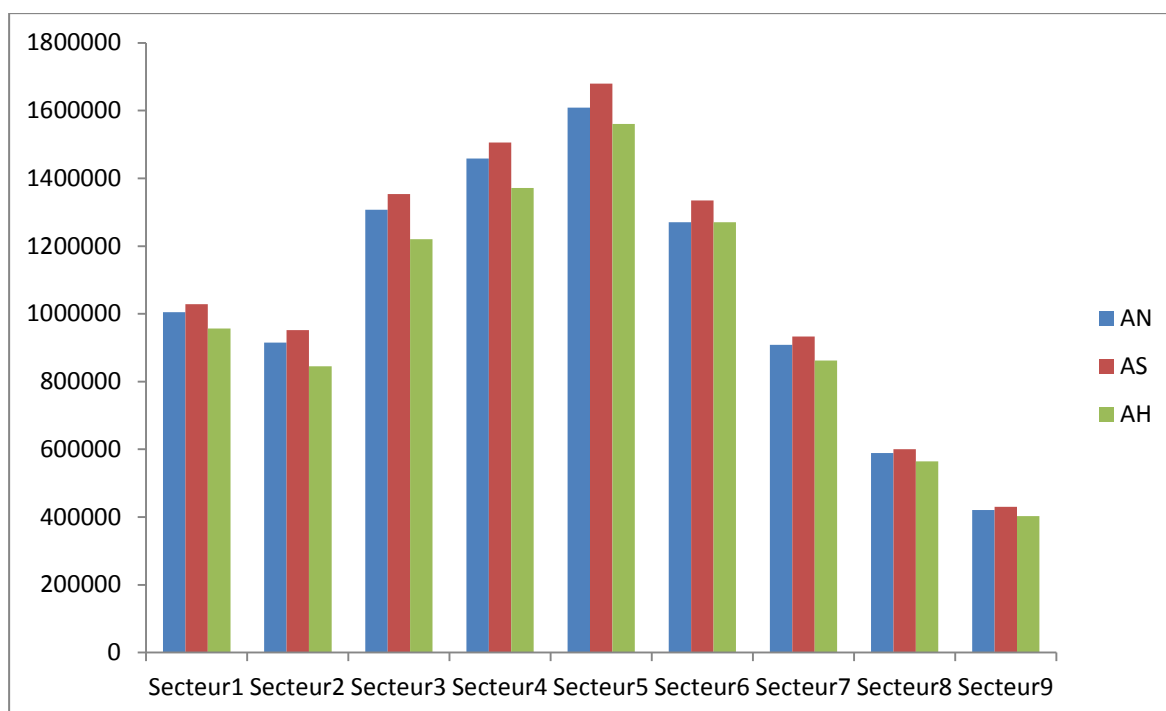


Figure 72. Variation interannuelle des besoins en eau des différentes cultures pour chaque secteur

1.7. Variation mensuelles des besoins en eau des différentes cultures selon les types d'année

a. Cultures maraichère

Les figures 73 74 et 75 permettent d'observer que les besoins en eau en termes d'irrigation sont variables en fonction de type d'année. Pour les neuf secteurs (Mitidja –Est) on remarque que les besoins en irrigation les plus faibles sont enregistrés en année humide et qui varient de 819,42072 (mois de février) m³ à 1679907,9 m³ (mois de juillet). Concernant l'année moyenne, les besoins en d'irrigation passent d'une valeur minimale de 819,420724 m³ à 1667800 m³ (mois de juillet). Par contre l'année sèche, entraînant des besoins en eau élevés évoluant de 819,42072 m³ à 1700641,4 m³. En revanche, c'est sur les secteurs de la zone de la plaine, qu'on remarque les volumes les plus élevés des besoins en eau d'irrigation (maximum en année sèche est de 1253726,1 m³) par rapport aux secteurs de la zone du littoral (maximum en année sèche est de 394428,92 m³).

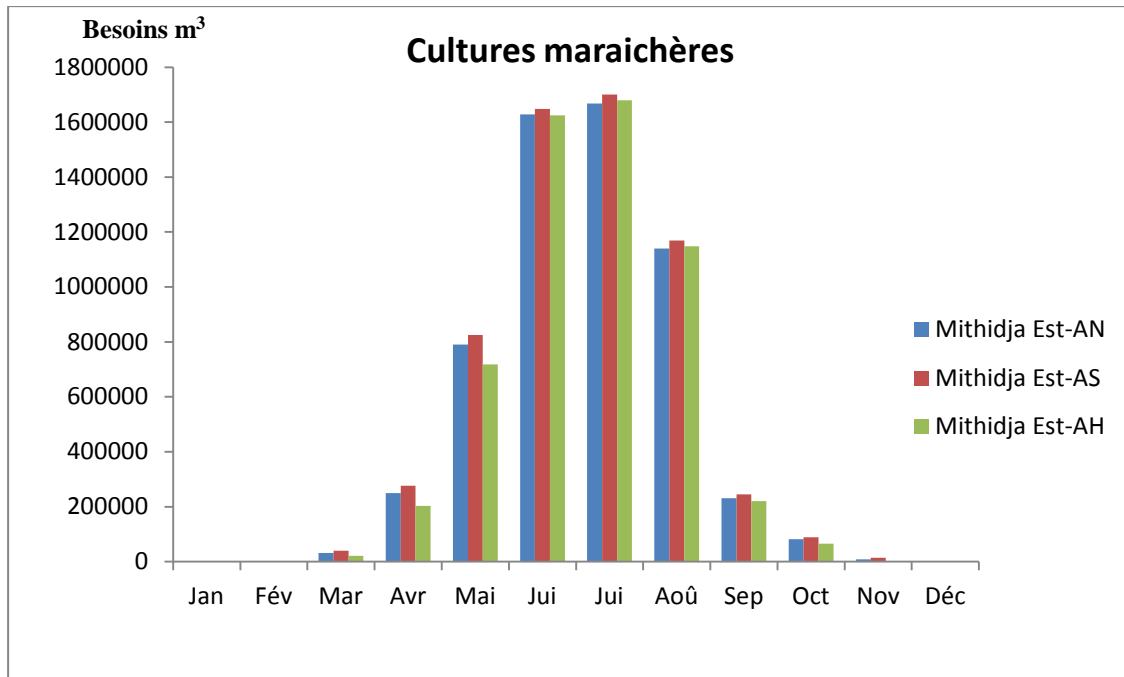


Figure 73 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d'année (Mithidja Est)

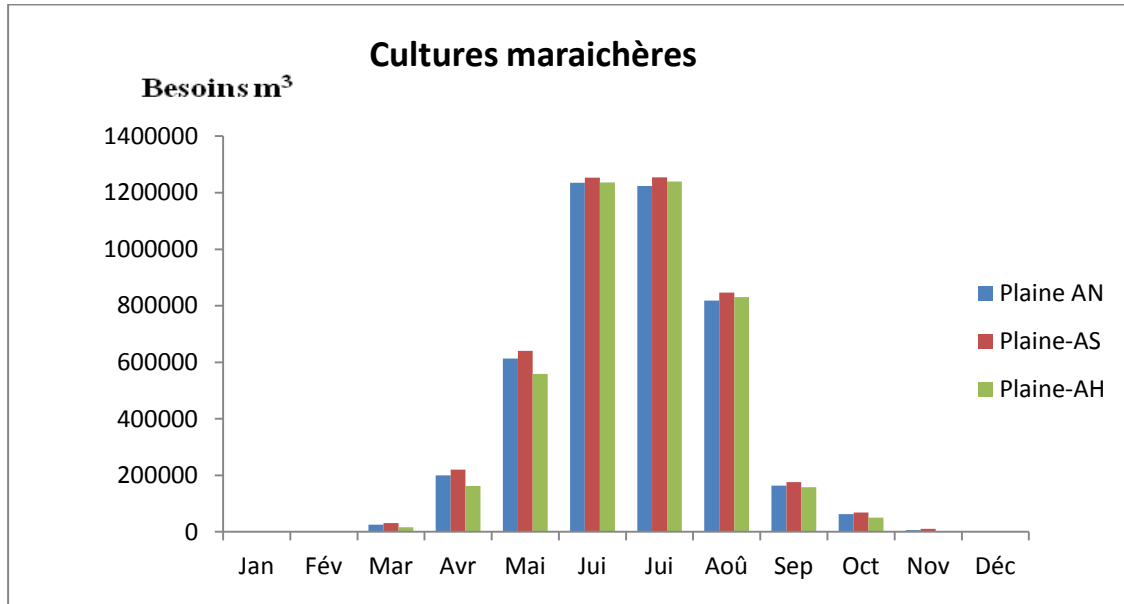


Figure 74 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d'année (Mithidja Est : La plaine)

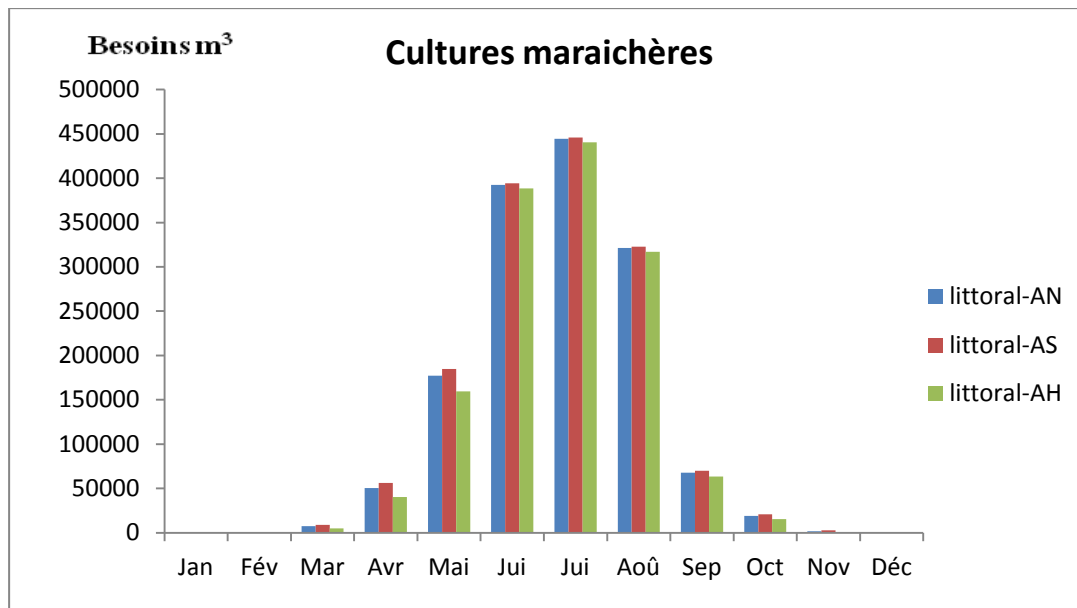


Figure 75 : Besoins en eau d’irrigation mensuelle des cultures maraichère selon les types d’année (Mithidja Est : Le littoral)

b. Verger

Les figures 76 77 et 78 montrent que pour la Mitidja Est les besoins en irrigation les plus faibles sont enregistrés en année humide et qui varient de 1709,5714 m³ (mois de mars) à 152204,76 m³ (mois de juillet). Concernant l’année moyenne, les besoins en d’irrigation passent d’une valeur minimale de 8257,1019 m³ à 154494,26 m³. Par contre l’année sèche, entraînant des besoins en eau relativement plus élevés évoluant de 14461,362 m³ à 155641,16m³. En outre, c’est sur les secteurs de la zone de la plaine, qu’on remarque les volumes les plus élevés des besoins en eau d’irrigation (maximum en année sèche est de 123405,8 m³) par rapport aux secteurs de la zone du littoral (maximum en année sèche est de 33037,181 m³).

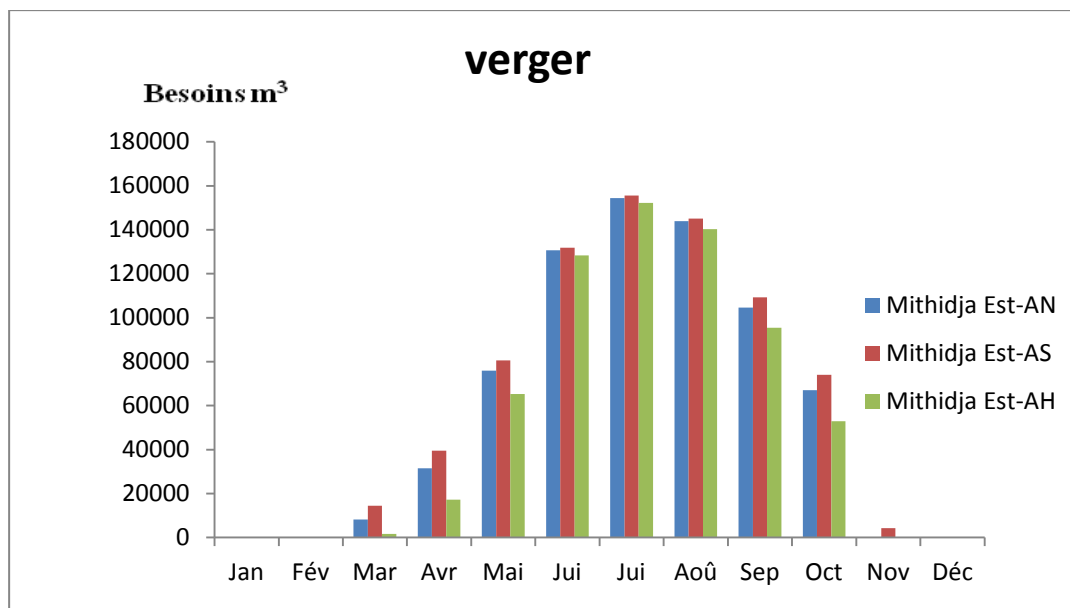


Figure 76 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est)

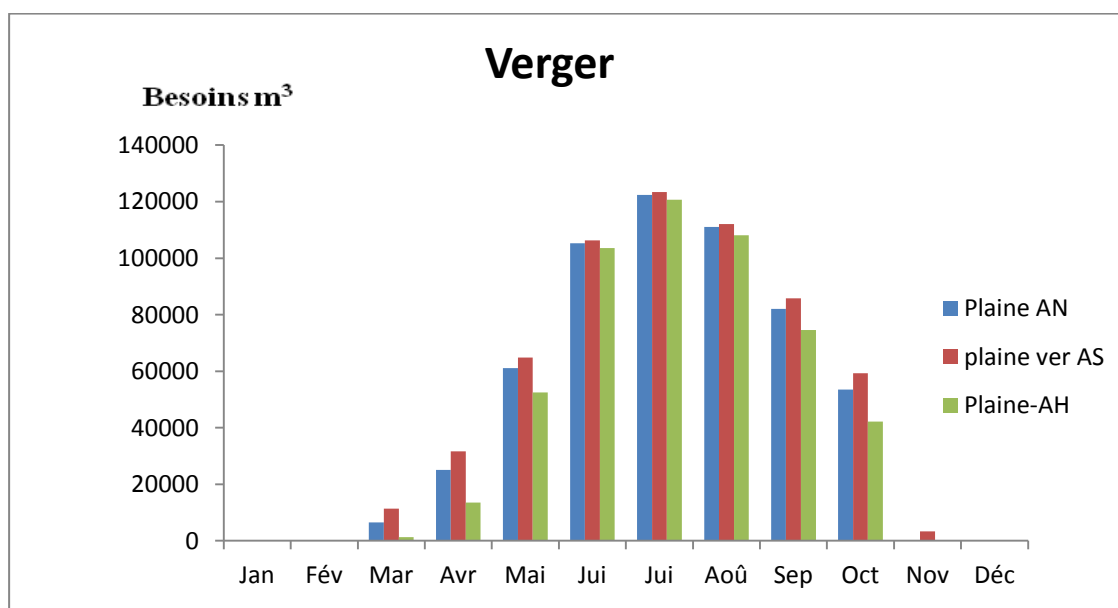


Figure 77 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : La plaine)

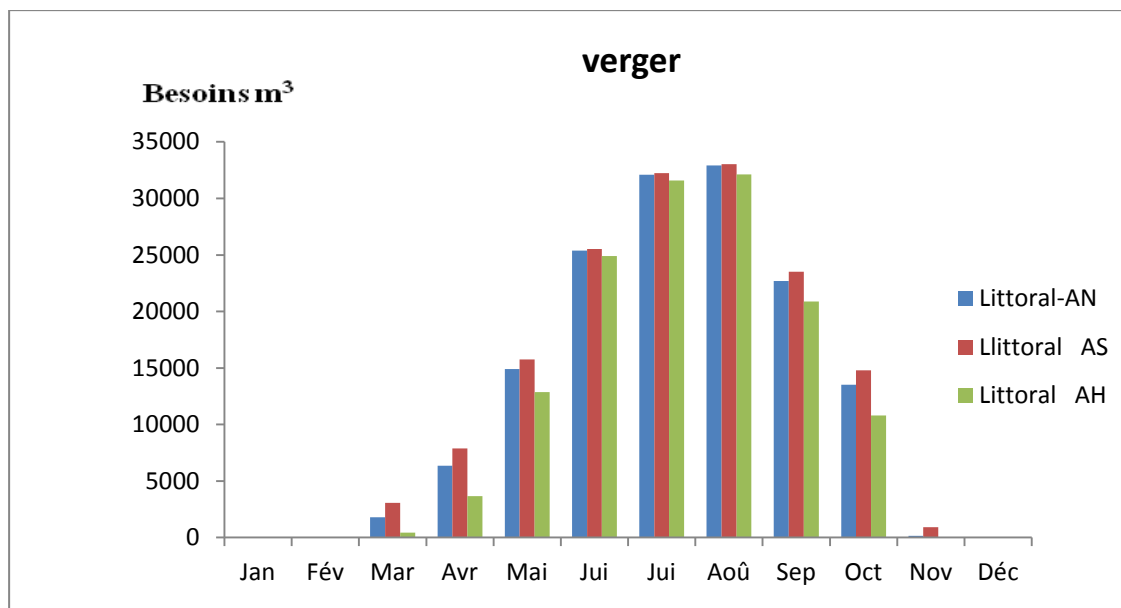


Figure 78 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : Le littoral)

c. les Agrumes

Les figures 79 80 et 81 révèlent que pour la Mitidja Est les besoins en irrigation les plus élevés sont en année sèche avec un minimum de 115358,67 m³ enregistré durant le mois de mars à un maximum de 662906,16 m³ en mois de juillet. En parallèle en remarque que l'année humide présente les besoins en eau les plus faibles avec un maximum de 37911,3 m³ en mois de mars et un maximum de 650449,59 m³ en mois de juillet. Par ailleurs on remarque que la zone de la plaine, consomme des volumes les plus élevés en eau d'irrigation (maximum en année sèche est de 598034,16 m³) par apport aux secteurs de la zone du littoral (maximum en année sèche est de 64872 m³).

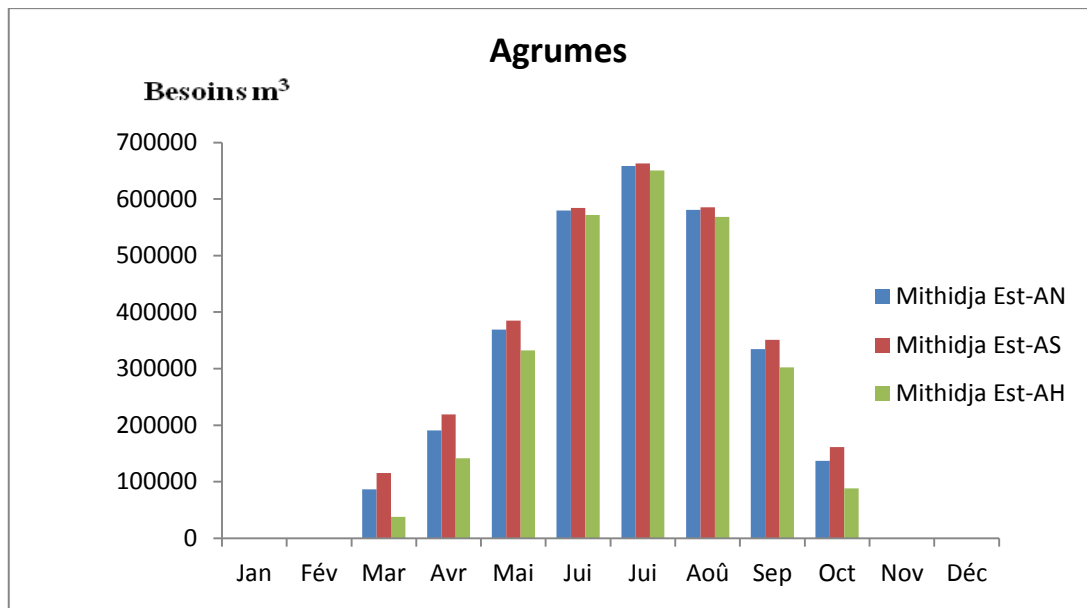


Figure 79 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est)

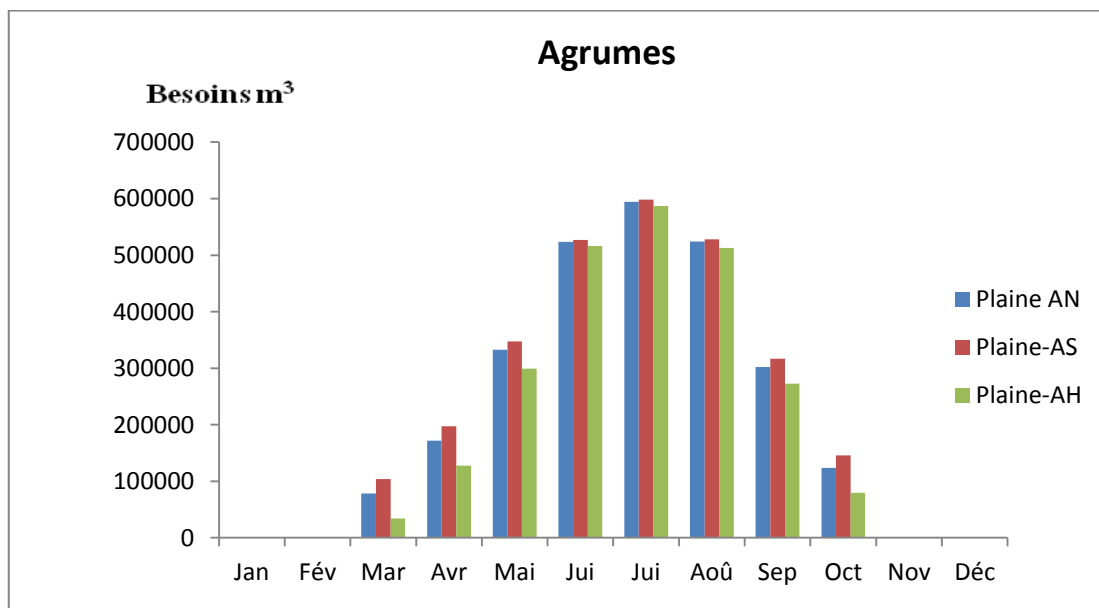


Figure 80 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : La plaine)

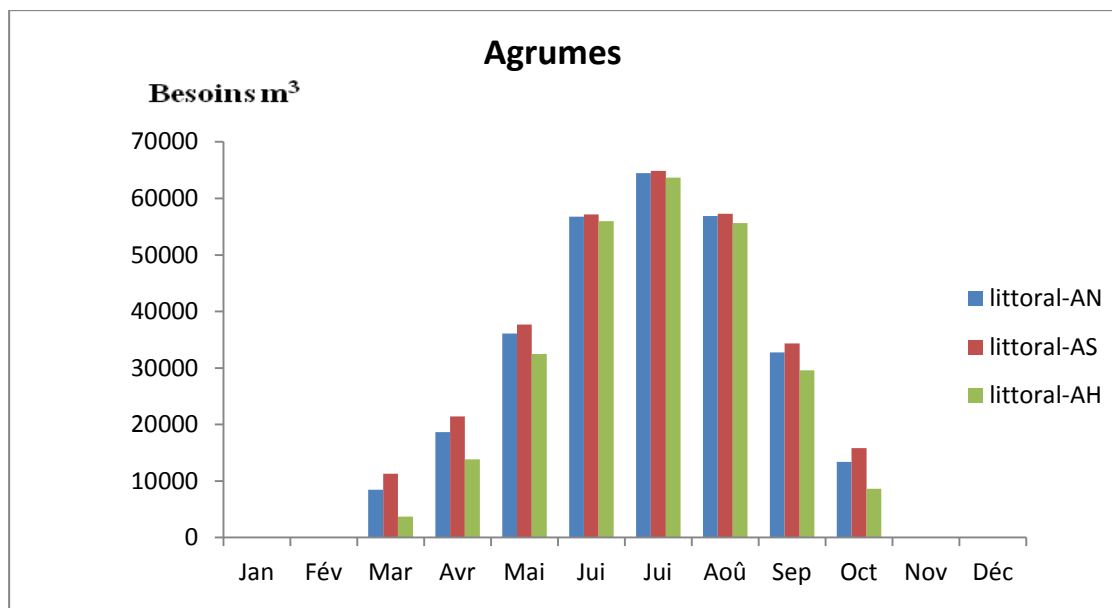


Figure 81 : Besoins en eau d'irrigation mensuelle des vergers selon les types d'année (Mithidja Est : Le littoral)

1.8. Besoin en eau cumulée du périmètre Mitidja est

Les besoins cumulés permettent d'estimer le cumul des volumes consommés mois par mois ils permettent aussi d'estimer le cumul des lâchées du barrage en complément avec les autres ressources d'eau utilisées.

La figure 82 montre l'évolution des besoins d'irrigation des cultures de tout le long de leur cycle de développement et cela pour le total des 9 secteurs de la région d'étude. Il faudrait au total des volumes de 9827921,82 m³ pour l'année sèche, 9029644,02 m³ pour l'année humide et 9483529,31 m³ pour l'année normale. Ces derniers sont répartis selon trois périodes distinctes au cours de l'année.

La première période (janvier - fin avril), avec une consommation de 705482,652 m³ pour l'année sèche (7.19 % des besoins totaux), 599992,822 m³ (6.33%) pour l'année normale et de 423924,682 m³ (4.69 %) pour l'année humide

La deuxième période (mai - fin septembre), 8779172,37m³ (89.32 %) pour l'année sèche, 8397901,02 m³ (93 %) pour l'année humide et 8589550,57 m³ (90.57 %) pour l'année normale.

La troisième période (septembre - fin décembre) avec une consommation de 343266,802 m³ (3.49%) pour l'année sèche, 207818,325 m³ (3.1 %) pour l'année humide et 293985,923 m³ (2.3 %) pour l'année normale.

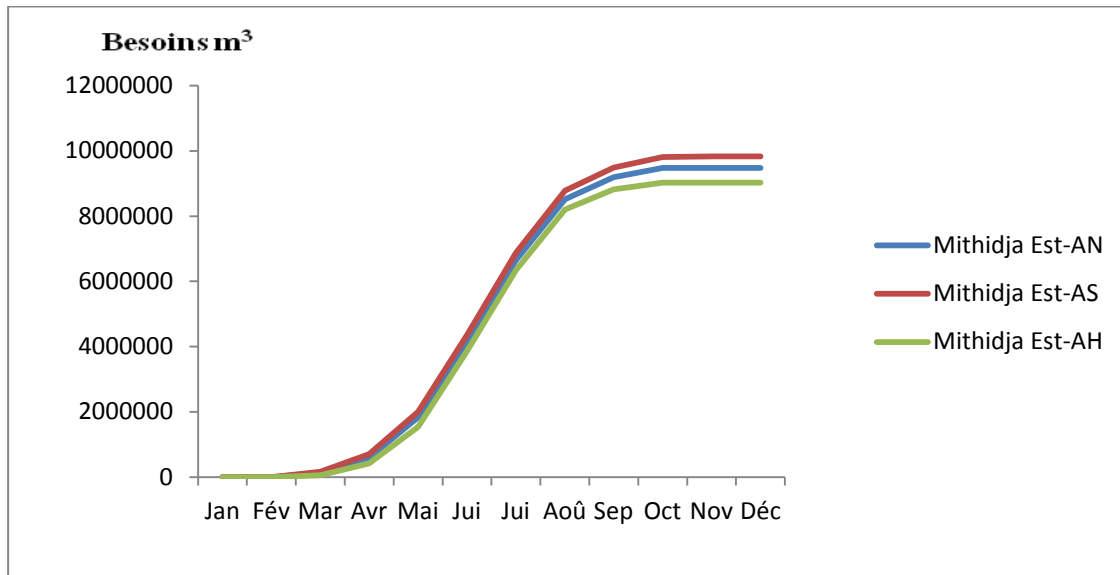


Figure 82 : Besoins en eau d'irrigation cumulés des cultures pratiquées dans la Mitidja Est

La figure 83 révèle que les consommations en eau d'irrigation les plus élevées se situent entre le mois mai et le moi de septembre avec un volume de 6979568,29 m³ pour l'année sèche soit (88.75 %) des besoins totaux, 6669267,87 m³ pour l'année humide (92.64 %) et 6811547,44 m³ pour l'année normale (90 %).

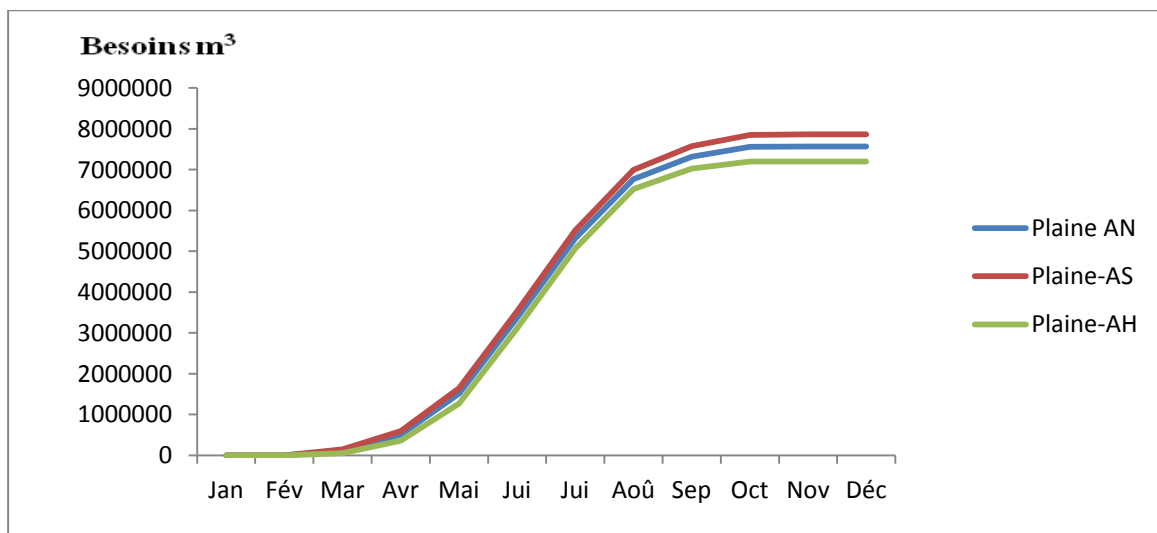


Figure 83: Besoins en eau d'irrigation cumulés des cultures pratiquées dans la Mitidja Est-plaine

La figure 84 indique que la majeure partie des besoins en eau d'irrigation pour la région de littoral sont enregistrés durant la période mai – septembre avec des consommations de 1799604,07 m³ pour l'année sèche soit (92.66 % des besoins totaux), 1728633,147 m³ pour l'année humide (94.43 %) et 1778003,13 m³ pour l'année normale (92.66 %).

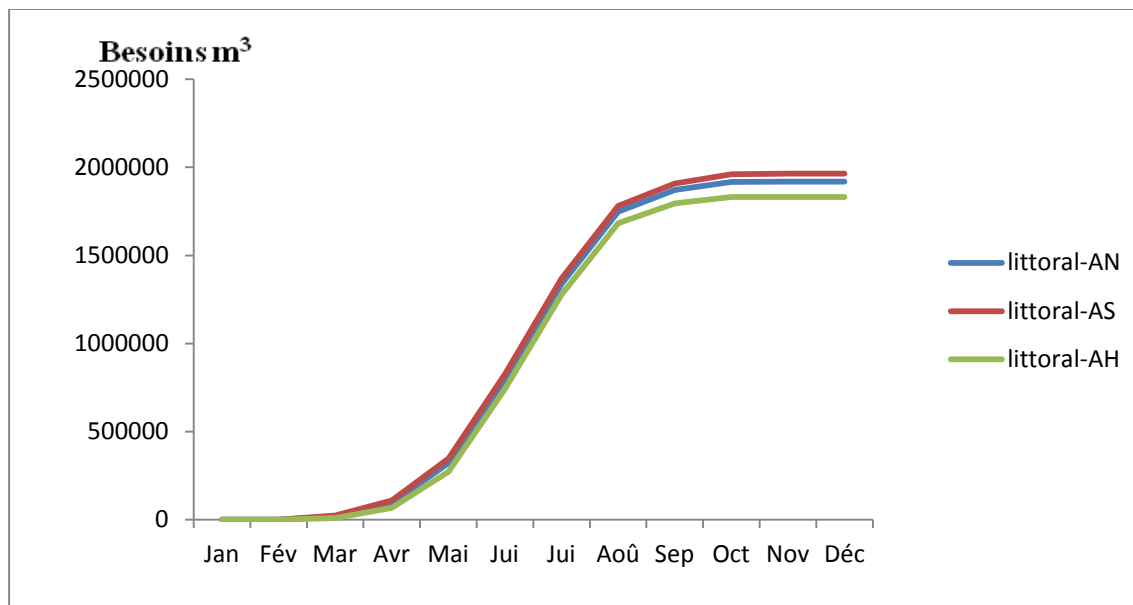


Figure 84 : Besoins en eau d'irrigation cumulés des cultures pratiquées dans la Mitidja Est- littoral

1.9. Analyse des besoins en eau du périmètre de la Mitidja Est

Le volume d'eau que nous avons calculé pour couvrir la totalité des besoins en irrigation de chaque secteur de périmètre de la Mitidja Est, doit être confronté aux ressources en eau disponibles pour savoir le niveau de satisfaction de ces besoins.

D'après les enquêtes effectuées dans les neuf secteurs de périmètre irrigué de la Mitidja Est, la superficie irrigable est de 11 120 hectares dont 2001.35 ha sont irrigués sur l'ensemble des exploitations enquêtées en cours de l'année 2012.

Connaissant les besoins unitaires de chaque culture pratiquée, nous avons estimé les besoins d'irrigation pour ces 2001.53 hectares à 9553905 m³ soit 9,5 Hm³ d'eau. Ce qui donne un besoin moyen de 4774 m³/ha et par an.

On remarque d'après le tableau 57 que les volumes d'eau distribués à partir du réseau d'irrigation de périmètre de Hamiz des dernières années inférieurs aux besoins théoriques nécessaires.

De ce fait ce volume d'eau de **9553905** m³ qu'il faut solliciter pour couvrir les besoins d'une superficie réelle irriguée de 2001.35 ha dans le périmètre, comparés aux volumes distribués sur cette série de 5 ans n'est pas couvert, même pour cette campagne d'irrigation (2012/2013) où l'ONID a déclaré un volume distribué de 8807445 m³.

Tableau 57 : Comparaison des volumes distribués et des besoins théoriques calculés, de 2007 à 2011 au niveau de périmètre de Hamiz.

Année	Superficie irrigué (ha)	Volumes distribués (m3)	Volumes distribués (m3/ha)	Besoins théoriques (m3)	Besoins théoriques (m3/ha)	Différence eau distribuée/besoins théoriques (m3)
2007	1573	4614284	2933	6287805,333	3997	-1673521,333
2008	1671	5235789	3133	7255482	4342	-2019693
2009	1610	5478561	3403	6795810	4221	-1317249
2010	1837,5	6476409	3525	7756087,5	4221	-1279678,5
2011	1900	6896707	3630	8019900	4221	-1123193

Le tableau 58 représente les volumes lâchés et distribuées durant l'année 2012 ainsi que l'efficacité du réseau d'irrigation.

Tableau 58 : Volumes lâchés et distribués par semaine (campagne d'irrigation 2012)

Mois	Semaine	Volume lâchés	Volume distribués	efficience
mai	Semaine 20	110000	85110	77,37
mai	Semaine 21	104000	75809	72,89
mai	Semaine 22	130086	101810	78,26
juin	Semaine 23	298664	258282	86,48
juin	Semaine 24	420800	291094	69,18
juin	Semaine 25	514251	376814	73,27
juin	Semaine 26	747256	538459	72,06
juillet	Semaine 27	825608	554297	67,14
juillet	Semaine 28	739936	520918	70,40
juillet	Semaine 29	856936	611571	71,37
juillet	Semaine 30	861264	565978	65,71
juillet/aout	Semaine 31	579696	409247	70,60
août	Semaine 32	598063	467839	78,23
août	Semaine 33	1086376	674641	62,10
août	Semaine 34	622360	407178	65,42
août	Semaine 35	833592	481367	57,75
septembre	Semaine 36	173568	141229	81,37
septembre	Semaine 37	442584	301141	68,04
septembre	Semaine 38	645808	428003	66,27
septembre	Semaine 39	622912	389431	62,52
octobre	Semaine 40	672966	361142	53,66
octobre	Semaine 41	536920	389422	72,53
octobre	Semaine 42	133348	105350	79,00
octobre	Semaine 43	263868	246382	93,37

- L'eau lâchée : est l'eau réellement transportée du barrage aux réservoirs de distribution dans le périmètre.

- L'eau distribuée : est l'eau mise en tête du réseau pour l'irrigation.

La figure 85 montre L'eau distribuée ou mise en tête de réseau est toujours inférieure à l'eau lâchée Cela est justifié par les pertes dans les réseaux et les parcours

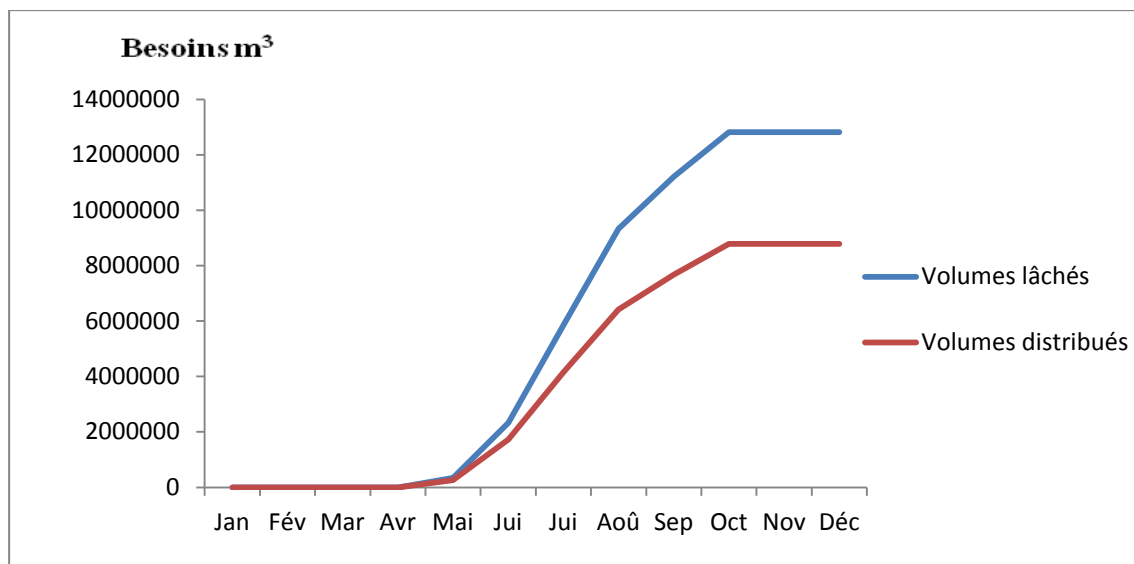


Figure 85 : Comparaison entre les volumes lâchés et distribués (année 2012)

L'efficacité du réseau d'irrigation Mitidja Est varie pendant la campagne comme le montre bien la figure 86. On remarque qu'il y a une baisse de l'efficacité durant la 35^{ème} et la 40^{ème} semaine avec des efficacités respectivement de 58% et 54% et cela est dû à des fuites suite à la cassure de la conduite principale.

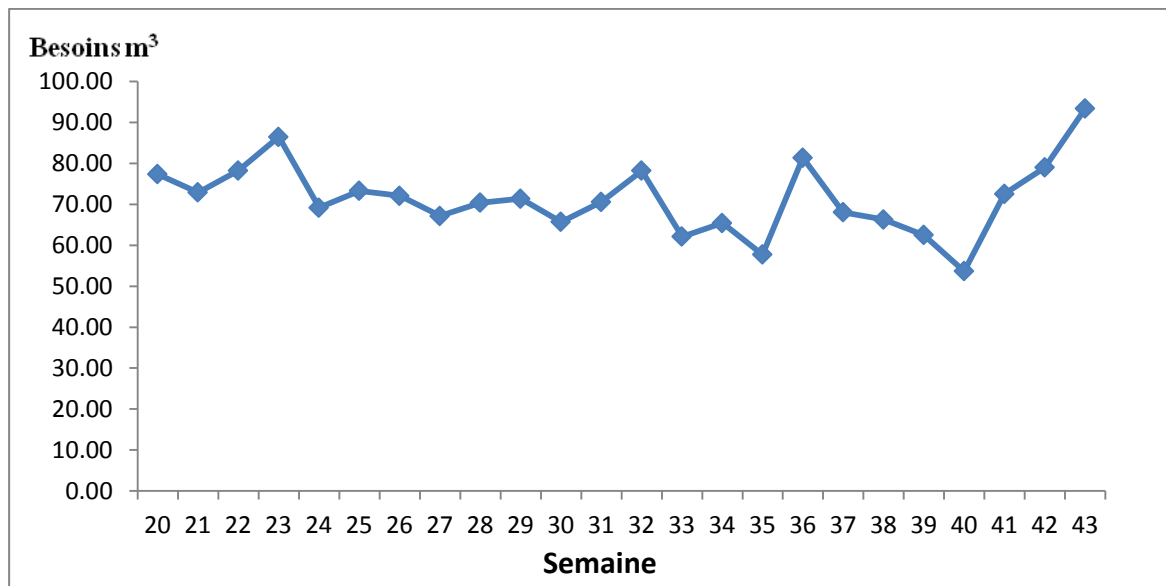


Figure 86 : Evolution de l'efficacité du réseau d'irrigation de Mitidja Est (Année 2012)

La figure 87 permet de faire une comparaison entre les volumes distribués du barrage Hamiz et du lac de Réghaïa avec les besoins en eau d'irrigation théorique ou peut constater que la distribution de l'eau à partir du barrage débute du mois de mai jusqu'au mois de novembre, par

contre celle du lac de Réghaïa commence du mois de juin au mois de novembre, ce qui ne coïncide pas en total avec la campagne (mars – octobre).

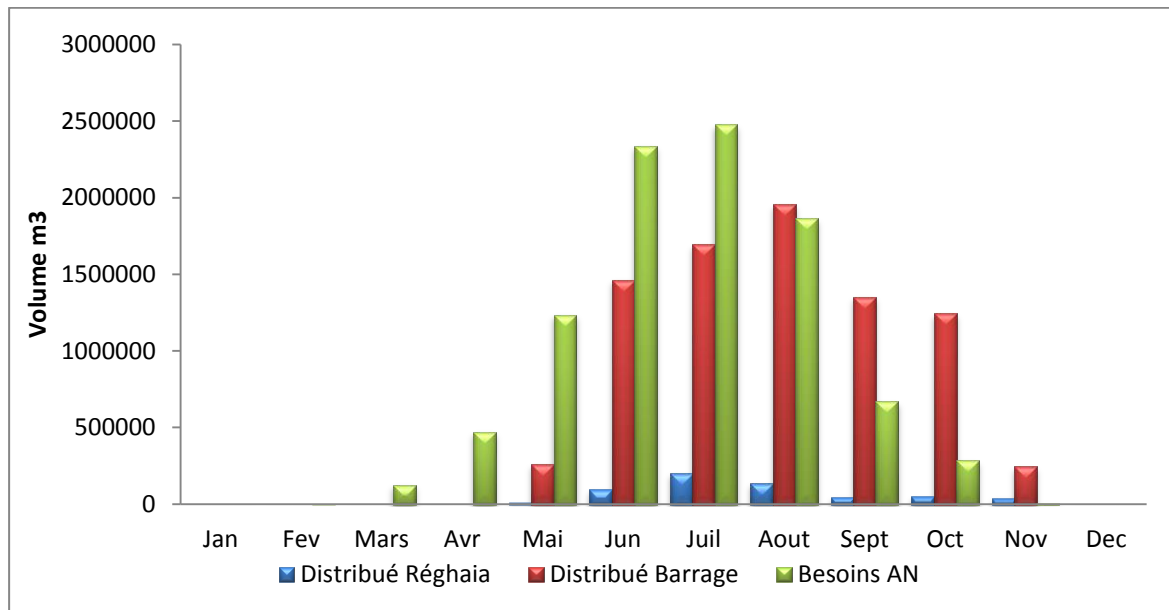


Figure 87 : Comparaison entre les besoins en eau théorique et les volumes distribués du barrage Hamiz et du lac de Réghaïa

L'analyse de la figure 88 permet de comparer entre les besoins théoriques cumulés et le cumul des volumes distribués, ou on remarque que ces derniers sont inférieurs aux besoins théoriques des cultures durant toute la campagne d'irrigation (de mars à octobre), et cela pour les trois type d'années sèche humide et normale avec un déficit qui varie de (86.84 % à 10.46%) pour l'année sèche, 82.94 % à 2.73 % pour l'année humide et de 85.68 % à 7.31 % pour l'année normale. On peut constater qu'il y a deux problèmes qui entravent la bonne marche du processus d'irrigation dans le périmètre en considérant les besoins théoriques en doses mensuelles d'irrigation en quantité et en chronologie.

- une incompatibilité entre les doses souhaitables et les doses fournies réellement en quantité.
- Et une incompatibilité dans le temps. Le commencement de la campagne d'irrigation est retardé par rapport à la période souhaitée

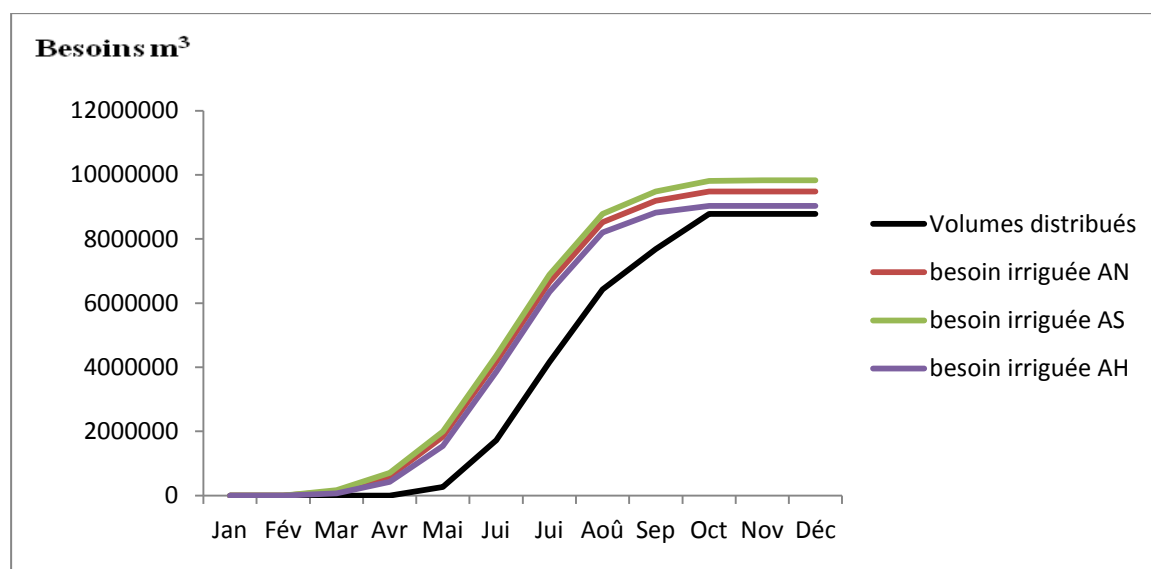


Figure 88 : Comparaison entre les volumes distribués et besoins en eau cumulés (année 2012)

Le tableau 59 montre que la satisfaction des besoins en eau des cultures de chaque secteur n'est pas atteinte que pour les secteurs 2, 3 et 9

Tableau 59: Comparaison entre le volume distribué et les besoins en eau d'irrigation par secteur pour l'année 2012.

Secteurs	Volume distribués (m3)	Besoins (m3)
Secteur 01	7259 72	1004469,44
Secteur 02	1089020	915379,159
Secteur 03	1468074	1307389,555
Secteur 04	1359072	1458861,79
Secteur 05	1541226	1608367,023
Secteur 06	837500	1270148,424
Secteur 07	828357	908539,416
Secteur 08	492453	588858,167
Secteur 09	465771	421036,779
Total	8807445	9483049,753

1.10. Bilan hydrologique du barrage du Hamiz

Les paramètres entrants dans le bilan hydrologique sont : les apports d'eau, l'irrigation, Les transferts vers le barrage Kheddara, la vidange de fond, les fuites et l'évaporation. La L'écart entre les apports et les départs constitue le bilan hydrologique d'un barrage dont l'équation s'écrit :

$$BH = A - (I + TK + VF + F + E) \dots\dots\dots ()$$

Avec :

- BH : Bilan hydrologique du barrage du Hamiz (Hm³)
- A : Apports (Hm³) qui sont en fonction des pluies, varient d'une année à une autre. maximum 32 Hm³ enregistré en (2006 - 2007) ;
- I : Irrigation(Hm³) fonctions des apports et des transferts. Le maximum 15.54 Hm³ en (2004 – 2005) avec apport de 29 Hm³, 11 Hm³ uniquement en (2006 -2007), cela est expliqué par l'importance des transferts ;
- TK : Transfert Kheddara(Hm³), avec un maximum 19,5 Hm³ (61% des apports) en (2006 - 2007) ;
- VF : Vidange de fond(Hm³)
- F : Fuites(Hm³)
- E : Evaporation(Hm³)

La figure 89 indique l'évolution du bilan hydrologique du barrage Hamiz durant la période (2004 – 2010) :

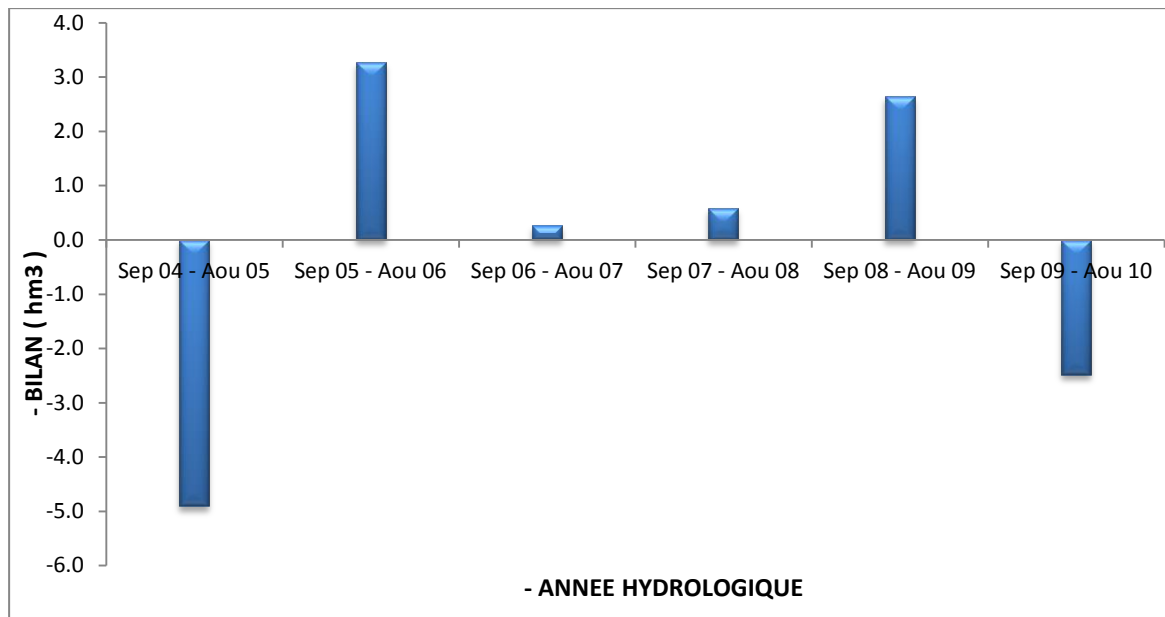


Figure 89: Evolution des bilans hydrologiques (2004 - 2010).

Lors de l'établissement du bilan hydrologique d'un barrage, on rencontrera trois situations :

- **$B < 0 \Rightarrow \text{Sorties} > \text{Apports}$** : les apports d'eau ont été entièrement utilisés, la plus grande partie a été acheminée vers le barrage Kheddara et la partie restante pour l'irrigation. Cependant les besoins en eau d'irrigation n'ont pas été couverts. L'utilisation du volume initial du barrage était indispensable pour combler ce déficit.

Cette situation a été rencontrée durant l'année hydrologique (2004 – 2005) avec un déficit maximum de 4.90 Hm^3 et aussi durant celle de (2009 -2010) avec un déficit de 2.5 Hm^3 .

- **$B = 0 \Rightarrow \text{Sorties} = \text{Apports}$** : les apports d'eau étaient entièrement utilisés, une partie était acheminée vers le barrage Kheddara et l'autre partie pour l'irrigation. Le volume annuel alloué à l'irrigation couvrait la demande.

Cette situation a été constatée durant l'année hydrologique (2006 – 2007).

- **$B > 0 \Rightarrow \text{Sorties} < \text{Apports}$** : Le volume transféré était faible, car il y'a eu peu d'apports. La plus grande partie des apports était stockée dans le barrage du Hamiz. Le volume alloué à l'irrigation couvrait la demande et dépassait largement le volume transféré.

Cette situation est rencontrée dans l'année hydrologique (2005 – 2006) avec un excès de 3.3 Hm³, celui de l'année hydrologique (2007 -2008) étant de 0.58 Hm³ et pour l'année hydrologique (2008 -2009) il a atteint les 2.63 Hm³.

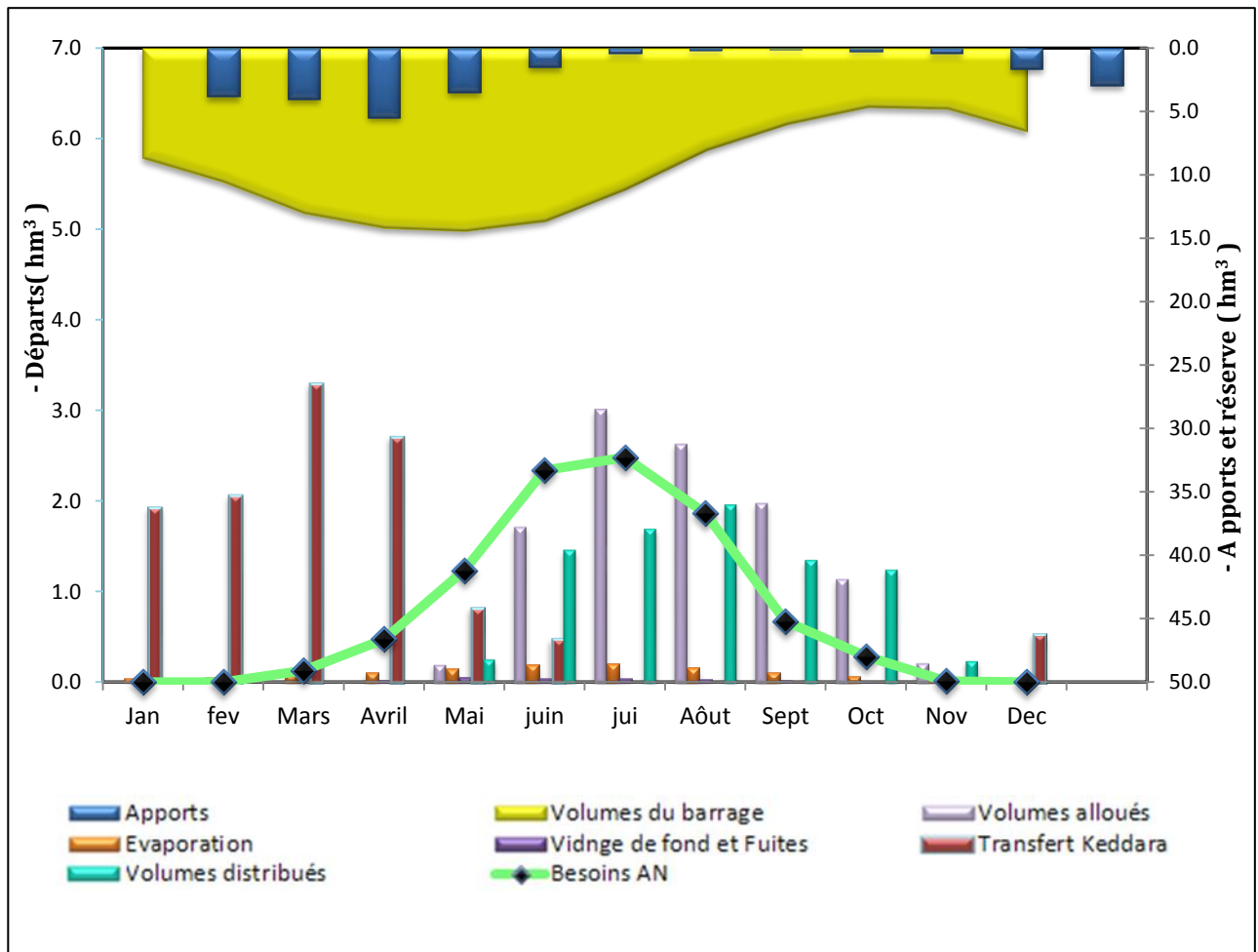


Figure 90 : Bilan hydrologique mensuel du barrage de Hamiz (2004-2010) et les besoins en eau mensuelle d'irrigation du périmètre de la Mitidja Est.

L'analyse du bilan mensuel montre que plus de 85% des apports d'eau au barrage sont concentrés entre le mois de décembre et le mois de mai (période pluvieuse). Ce graphique illustre bien le stockage de l'eau lors des apports et sa redistribution en fonction des demandes, le volume stocké dans la retenue enregistre des augmentations durant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril pour avoir le maximum de stockage, puis des diminutions progressives durant la période sèche à partir du mois de mai jusqu'au novembre (**Figure 90**).

La moyenne mensuelle la plus élevée des transferts vers Keddara est celle de mois de mars avec 3.3 Hm³ et la plus faible est celle de juin avec 0.4 Hm³. De même pour les volumes lâches moyens mensuels destinés à l'irrigation, les plus élevés sont enregistrés en juin, juillet, août et septembre entre 3 Hm³ et 1.14 Hm³. L'évaporation, les fuites et la vidange de fond sont négligeables devant les apports, l'irrigation et les transferts.

On remarque d'après le graphe ci-dessus que les besoins théoriques de périmètre Hamiz sont plus élevés que les volumes fournis aux exploitations pendant les mois mai, juin et même juillet si on compare par rapport aux volumes distribués qui sont plus modestes par rapport aux volumes lâchés à cause des pertes d'eau dans le réseau de distribution, où l'efficacité globale de réseau n'est que de 69 % d'après l'ONID (2012) .

Pendant le mois d'avril, les lâchers sont nettement absents. Pour les mois d'août, septembre et octobre l'agriculteur reçoit plus d'eau que ce qui est normalement nécessaire.

Dans ce cas le recours aux eaux souterraines constitue pour l'instant la solution garantie et sûre pour les agriculteurs.

2. Analyses et interprétation des résultats des enquêtes

Dans ce qui va suivre, nous allons présenter les résultats des enquêtes qui ont été effectuées auprès des agriculteurs de la Mithidja-Est.

2.1. Identification de l'exploitant

2.1. L'âge des agriculteurs

Le tableau 60 montre que 42.86 % des agriculteurs enquêtés ont un âge supérieur à 60 ans, 33.33 % entre 50 et 60 ans et 28.81 % entre 40 et 50 ans. La moyenne d'âge est de 57.28 ans

Tableau 60 : Distribution d'âge des agriculteurs enquêtés

Ages	Nombre	Pourcentage %
40 – 50	5	28.81
50 – 60	7	33.33
60 – 70	9	42.85
Total	21	100

On remarque que les agriculteurs ne sont pas jeunes, cela s'explique par le désistement des jeunes du secteur agricole pour travailler dans les industries de la région. Les différences d'âges des agriculteurs dans les EAC ont posé un problème d'entente et ont provoqué des conflits entre les attributaires.

2.1.2. Niveau d'instruction des agriculteurs :

Le tableau 61 indique le niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés. Nous constatons que 8 agriculteurs (soit 38%) n'ont pas été scolarisés, 8 autres ont un niveau primaires, le reste ont un niveau secondaire et moyen. Ou on peut constater que les agriculteurs enquêtés ont un très faible niveau d'instruction, cela constitue un handicap en matière de modernisation du périmètre d'irrigation. La mise en place et la maîtrise de techniques économes telles que l'aspersion ou le goutte à goutte nécessite un minimum de connaissance en matière d'irrigation.

Tableau 61: Niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés.

Niveau d'instruction	Nombre	Pourcentage %
Aucun	8	38
Niveau primaire	8	38
Niveau moyen	1	5
Niveau secondaire	4	19
Formation agricole	0	0
Autres	0	0
Total	21	100

2.2. Structure des exploitations :

2.2.1. Statut juridique de l'exploitation :

Le tableau 61 représente la répartition des exploitations selon leur statut juridiques, où on remarque que sur une superficie total est de 169.5 ha, 71.42 % sont des exploitations agricoles enquêtées sont des EAC, le reste représentent des exploitations privées. Ce type d'exploitation est en dégradation continue dû aux éclatements internes permanents, notre enquête a révélé que toutes les EAC enquêtées sont morcelées en parts individuelles et familiales.

Le mode de gestion des exploitations varie selon les connaissances des agriculteurs, les objectifs qu'ils se fixent et les moyens dont ils disposent. Chaque exploitation agricole possède des éléments essentiels qui la caractérisent dans sa structure, son organisation. Toutefois, l'objectif de tout agriculteur est d'arriver à un revenu agricole capable de rémunérer correctement les facteurs engagés dans le processus de production, tout en utilisant rationnellement les ressources disponibles.

Tableau 62: Répartition des exploitations selon le statut juridique.

Statut juridique	Nombre	Pourcentage (%)	La taille des exploitations par tranche (Ha)
EAC	15	71,42	2 -34
EAI	0	0	0
Privé	6	28,57	2-15
Total	21	100	169,5

2.2.2. Comparaison entre les superficies irrigables et les superficies irriguées dans les exploitations enquêtées.

Sur une superficie irrigable de 165 Ha, la superficie réellement irriguée des exploitations enquêtées était de 137,8 Ha. Elle n'a pas évolué malgré l'abondance de la ressource en eau et la disponibilité des superficies irrigables au niveau des secteurs qui s'approvisionnent à partir du barrage de Hamiz. Bien au contraire, l'écart entre la superficie irrigable et irriguée est très remarquable notamment au niveau des exploitations (E4, E9, E12) situées au niveau des secteurs 7, 8, et 9 qui s'approvisionnent à partir du lac de Réghaia où la station de pompage a atteint un état de vétuste très avancé au niveau des organes des pompes et des moteurs et nécessite un remplacement pratiquement total des équipements qui sont obsolètes et en très mauvais état et hors normes actuelles, ce qui rend difficile de trouver les pièces de rechange.

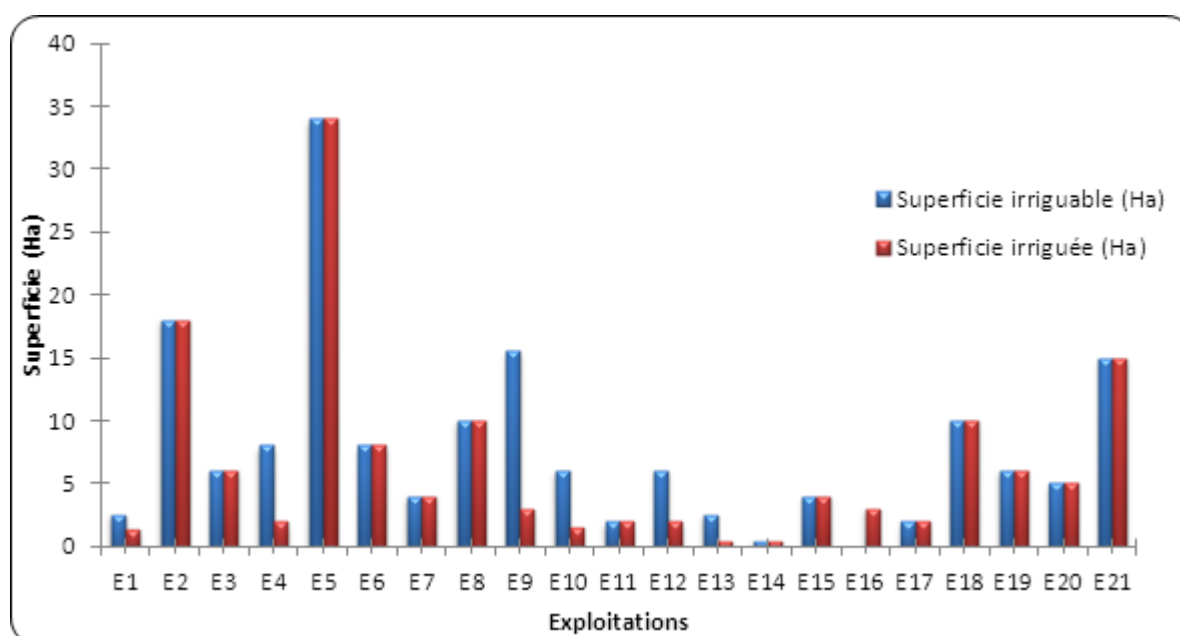


Figure 91: Comparaison entre les superficies irrigables et les superficies irriguées

Concernant les exploitation qui arrivent à irriguer la totalité de leur S.A.U ,cela s'explique d'une part par leur système de culture prioritaire en irrigation c'est- à- dire que les agriculteurs qui possèdent de l'arboriculture et du verger sont prioritaire à l'irrigation dans le périmètre malgré la pénurie d'eau et d'autres part par la disponibilité d'autres ressources en eau, et les autres exploitations qui enregistrent des surfaces irriguées faibles par rapport à leurs taille, car la majorité des agriculteurs en particuliers des EAC dont les superficies sont importantes ne reçoivent à leurs parcelles très souvent qu'un débit qui fluctue autour de 50 % de celui demandé ceci est dû aux pertes d'eau importantes sur le réseau, ce qui se traduit par une surfacturation par

rapport à la consommation réelle de l'eau d'irrigation d'ailleurs la quasi-totalité des agriculteurs enquêtés ont vivement souhaité l'installation des compteurs afin qu'il puissent savoir la quantité réelle consommée.

2.3. Les ressources hydriques et les systèmes d'irrigation des exploitations enquêtées :

2.3.1. Les ressources hydriques

Le problème des ressources en eau dans le périmètre est très significatif. Cette situation a obligé 38,09% des exploitants au recours à la nappe pour assurer une sécurité et une autonomie d'eau, cela malgré les charges très élevées du mètre cube d'eau pompée (**Tableau 63**).

Tableau 63: Le recours à l'eau de la nappe et/ou de l'oued dans les exploitations enquêtées.

Recours à la nappe	Nombre des agriculteurs	Pourcentage %	Périodes de recours à la nappe	Pourcentage %
Oui	8	38 %	Hivers	25
			Printemps	75
Non	13	62 %	Hivers	0
			Printemps	0

Les exploitants qui ont recours à la nappe pratiquent en général l'arboriculture car ce type de production exige une garantie en permanence d'eau.

On constate que 81 % des exploitations utilisent l'eau du barrage de Hamiz durant la période de début mai jusqu'à novembre. Le reste de l'année, les agriculteurs, du fait de ne pas avoir un forage, s'orientent vers d'autres ressources comme le pompage des eaux des Oueds en absence de l'eau du barrage (**Figure 92**).

Origine
en eau

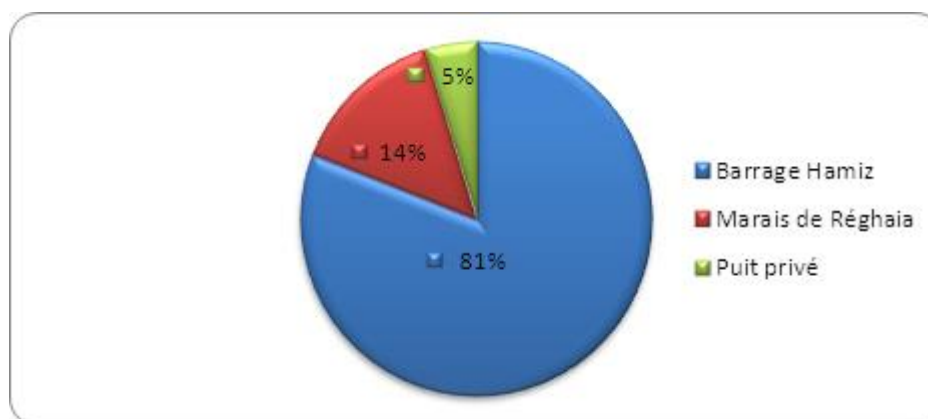


Figure 92:
de la
ressource
dans les

exploitations enquêtées.

2.3.2. Techniques d'irrigation pratiquées dans les exploitations agricoles.

Le tableau suivant présente les différentes techniques d'irrigation utilisée au niveau des exploitations enquêtées.

Tableau 64: Les techniques d'irrigation utilisées par les exploitations enquêtées.

Exploitations	Systèmes d'irrigations			
	Gravitaire	Goute à Goute	Aspersion	Mixte
E1	Gravitaire	-	-	-
E2	Gravitaire	-	-	-
E3	Gravitaire	-	-	-
E4	Gravitaire	-	-	-
E5	-	Goute à Goute	-	-
E6	-	-	-	Mixte
E7	-	-	Aspersion	-
E8	-	-	-	Mixte
E9	-	-	-	Mixte
E10	Gravitaire	-	-	-
E11	Gravitaire	-	-	-
E12	-	Goute à Goute	-	-
E13	Gravitaire	-	-	-
E14	Gravitaire	-	-	-
E15	Gravitaire	-	-	-
E16	-	-	-	Mixte
E17	-	-	-	Mixte
E18	-	-	-	Mixte
E19	-	-	-	Mixte
E20	Gravitaire	-	-	-
E21	-	-	-	Mixte

En ce qui concerne l'irrigation actuelle dans les exploitations enquêtées, le système d'irrigation gravitaire est dominant et pratiqué par 47,61% des exploitants. Par contre 14,28% des exploitants utilisent les systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion (4,76%) et le goutte à goutte (9,52%) notamment sur les jeunes plantations. Toutefois, il est à signaler que ce système est mal maîtrisé par la plupart d'entre eux. Le reste des exploitations soit 38,09%, pratiquent un système d'irrigation mixte, Cette pratique de l'irrigation est enregistrée au niveau des exploitations qui pratiquent plusieurs types de cultures (**figure 90**).

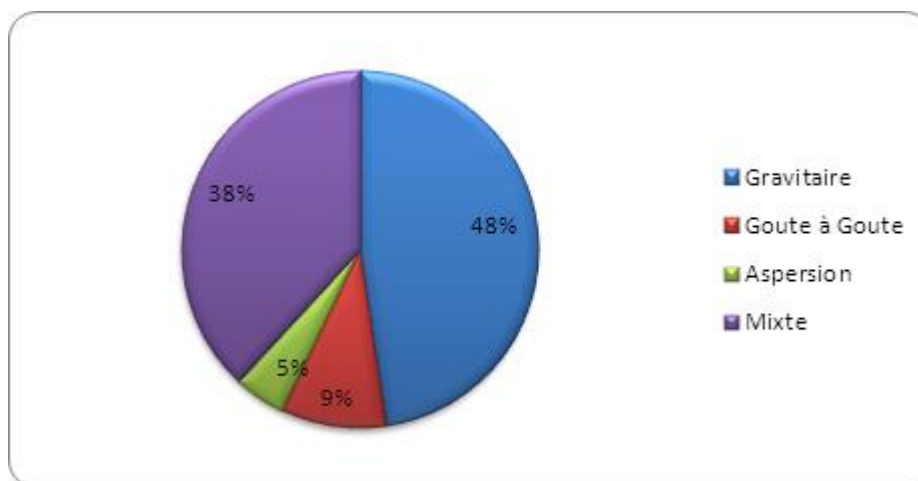


Figure 93: Les techniques d'irrigation utilisées par les exploitations enquêtées.

2.3.3. Choix de technique d'irrigation dans les exploitations enquêtées

Nous avons relevé que la majorité des agriculteurs (7 agriculteurs sur 21), soit 33,33%, n'adoptent pas les techniques modernes d'irrigation à cause de la non compatibilité avec le type de culture pratiquée, alors qu'ils ne sont pas intéressés par la modernisation et l'adoption des nouvelles techniques d'irrigation en particulier pour le système localisé ou goutte à goutte qui exige un investissement et entretien en permanence. Le reste des agriculteurs (3 agriculteurs sur 21) soit 14,28 %, constatent que la technique d'irrigation traditionnelle gravitaire a un cout moins cher par rapport à la technique moderne d'irrigation.

Les agriculteurs qui ont plusieurs types de cultures dans leurs exploitations préfèrent utiliser plusieurs techniques d'irrigation (gravitaire, localisé, goutte à goutte) compatibles avec chaque type de culture. Ces derniers représentent 33,33 % des agriculteurs enquêtés (7 agriculteurs sur 21). Les agricultures qui adoptent les techniques modernes d'irrigation (goutte à goutte) représentent 9,52 % (2 sur 21) du total.

D'autre part, le coût élevé de l'investissement montre une réticence de l'adoption de techniques économes. Les agriculteurs enquêtés sur le terrain trouvent que le coût de ces techniques est coûteux. En outre malgré la subvention élevée de ces techniques par l'Etat, l'agriculteur actuellement contribue avec plus de 50 % pour avoir les équipements d'irrigation des systèmes modernisés, leurs mises en place restent faibles.

On peut aussi ajouter la situation de manque d'eau qui n'encourage pas les agriculteurs à investir dans ces techniques. Les agriculteurs ont perdu leur confiance auprès des organismes gestionnaires en matière de souscription. Le manque d'eau n'est pas du seulement du à la sécheresse ou à la non disponibilité dans les réservoirs, il est du d'une part à l'état vétuste du périmètre, et d'autre part à la non crédibilité de cette organisme, étant donné qu'il faut attendre la décision du ministère des ressources en eau pour commencer la campagne d'irrigation. Dans la majorité des cas, la campagne d'irrigation ne coïncide pas avec la mise en place des cultures irriguées, cela crée des tensions entre les usagers et le gestionnaire.

Tableau 65: Choix des agriculteurs en fonction des techniques d'irrigation.

Raisons	Techniques d'irrigation			
	Gravitaire	Goutte à Goutte	Aspersion	Mixte
Cout d'installation moins chère	3	0	1	0
Econome en eau	0	2	0	1
Installation simple	0	0	0	0
Compatibilité avec le type de culture.	7	0	0	7

Cependant nous constatons l'une des raisons principales de la non-adoption des techniques modernes d'irrigations est le manque de vulgarisation du goutte à goutte et des techniques de l'aspersion qui d'une manière générale pourrait permettre de multiplier les surfaces irriguées et d'accroître sans doute de façon substantielle les rendements et diminuer les charges liées à l'eau. Mais le manque de vulgarisation rend la généralisation de ces techniques très difficiles à mettre en place.

Les agriculteurs se méfient de ce qu'ils ne connaissent pas et qui n'a pas fait ses preuves, ce qui peut expliquer que certains agriculteurs semblent admettre la validité de certaines techniques, mais refusent de la mettre en pratique.

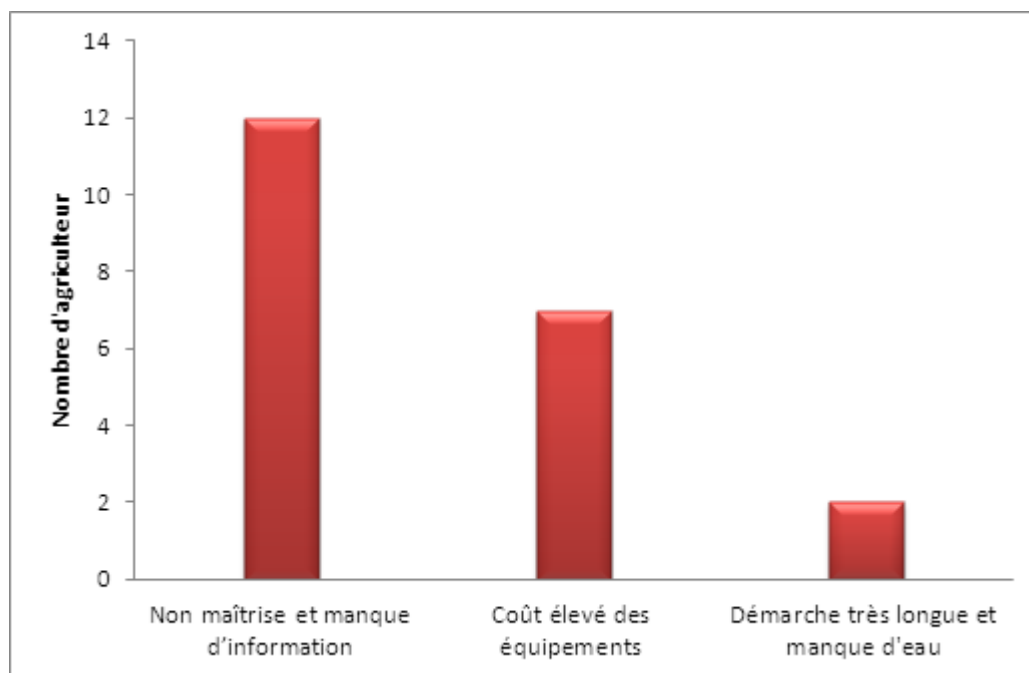


Figure 94: Choix des agriculteurs en fonction des techniques d'irrigation

Par ailleurs on remarque que la majorité des agriculteurs (12 agriculteurs sur 21) soit 57 % n'adoptent pas les techniques modernes d'irrigation à cause de la non maîtrise des techniques moderne d'irrigation en particulier pour le système localisé. Cette tranche d'agriculteur a entendu parler de ces techniques modernes d'irrigation mais ne sait pas combien ce type de technique économise de l'eau. Cela se justifie d'une part par l'ignorance des agriculteurs, presque 70 % des agriculteurs enquêtés ne sont pas scolarisés et d'autre part par le manque de diffusion de cette technologie en milieu productif.

2.3.4. Affectations aux techniques modernes d'irrigation.

Les cultures les plus liées par la modernisation des techniques d'irrigation sont présentées dans le **tableau 65**. Où on peut constater que les cultures les plus concernées par les techniques économes en eau sont le maraichage avec 42,85 %, culture qui nécessite beaucoup plus d'eau, ce qui va se répercuter sur les charges liées à l'eau et par conséquent sur les charges totales de l'exploitation.

La présence des technique en goutte à goutte dans l'agrumiculture et de la vigne est très faible, elle représente seulement une part de 9,52%, le reste des agriculteurs enquêtés soit 38,09 % n'utilisent pas ces techniques.

Tableau 66: Productions liées aux techniques modernes d'irrigation au niveau des exploitations enquêtées

Production	Nombre	Pourcentage (%)
Arboricultures	0	0
Agumiculture	2	9,52
Maraîchers	9	42,85
Vigne	2	9,52
Aucune	8	38,09
Totale	21	100

2.4. La qualité de l'eau d'irrigation

La qualité des eaux d'irrigation (pollution du lac de Réghaia) et l'inadaptation de certains plans culturaux posent un sérieux problème dans le périmètre d'irrigation.

D'après notre enquête, (95,23%) des agriculteurs estiment que la qualité de l'eau provenant du barrage est bonne. Par contre, les agriculteurs qui s'approvisionnent en eau d'irrigation à partir du lac de Réghaia estiment que la qualité est légèrement polluée mais sans risque sur la santé.

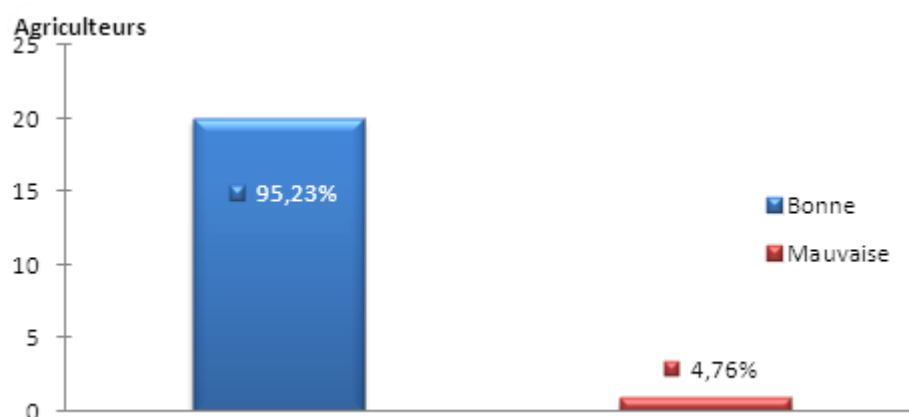


Figure 95 :

Estimation de la qualité de l'eau d'irrigation selon agriculteurs enquêtés.

2.5. Système de culture pratiqué dans les exploitations enquêtées

Malgré la sécheresse qui a sévi dans le périmètre durant les quinze dernières années, les spéculations les plus dominantes sont les cultures maraichères. En effet selon les exploitations étudiées elles occupent 47 % de la SAU. La superficie réservée à l'arboriculture occupe 44 % de la SAU (les agrumes font partis aussi de l'arboriculture et qui représentent 38 % de la SAU enquêtée).

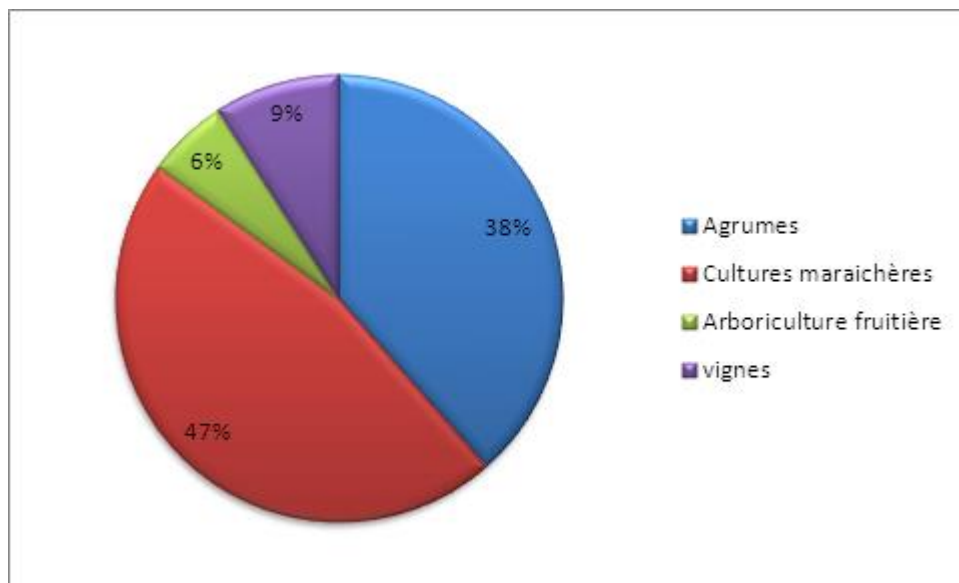


Figure 96: Les systèmes de cultures dans les exploitations enquêtées.

La figure 96 montre la répartition des cultures au niveau de chaque exploitation enquêtée ou on remarque la présence des cultures maraichères dans la majorité des exploitations enquêtées, cette tendance est expliquée en premier lieu par le facteur terre qui est à notre avis est très décisif dans le choix cultural des exploitations, car les petites exploitations, vue leur superficie très réduites, cela est dû principalement au problème de morcellement des exploitations agricoles collectives et les terres agricoles privées indivises.

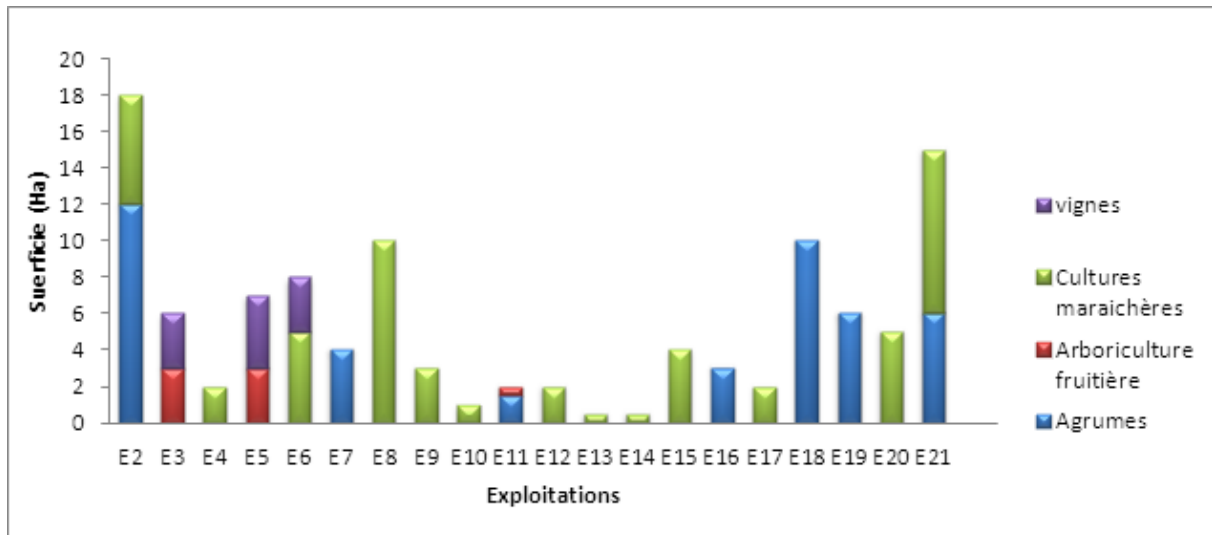


Figure 97: Le plan de culture de chaque exploitation enquêtée.

Néanmoins on note la présence de l'arboriculture (pêcher et le pommier) et les agrumes (Thomson et la Clémentine et le Citron) dans quelques exploitations enquêtées comme (E3, E5, E11 et E19) cette tendance purement à l'arboriculture et l'agrumiculture est expliquée principalement par le fait que la majeure partie du verger arboricole et agrumicole est hérité soit de l'époque coloniale, soit du domaine socialiste, on trouve dans quelques exploitations agricoles des superficies d'agrumes et arboricoles associées aux cultures maraichères comme dans l'E2, E21, où on assiste à des cultures intercalaires. Ce raisonnement d'occupation du sol garantit un meilleur revenu, mais à court terme car les sols peuvent s'épuiser rapidement. .

2.6. Impact de la redevance sur les charges d'irrigation

2.6.1. Le prix de l'eau/m³ pratiqué dans le périmètre

Dans notre questionnaire d'enquête, on a posé aux agriculteurs la question suivante : Comment trouvez-vous le prix de l'eau ?.

Avec un prix de 1,25 DA/m³, 80,95 % des agriculteurs constatent que le prix de l'eau n'était pas chère mais 14,28 % d'entre eux estiment que le prix de l'eau était moyen et 4,76% disent que le prix de l'eau était coûteuse.

Avec le nouveau tarif de 2,5 Da/m³ appliqué à partir de 2005, 66,66 % des agriculteurs enquêtés estiment que le prix de l'eau est moyen, alors que 33,33 % d'entre eux constatent que le nouveau prix appliqué est chère ce qui certainement augmentera les charges d'irrigation et va se répercuter sur leurs revenus.

D'après notre enquête, on a remarqué qu'il n'y avait aucun agriculteur qui ne disait que le prix de l'eau n'était pas cher. Cette situation a ramenée les usagers à réfléchir sur la manière d'économiser l'eau d'irrigation en ayant recours vers d'autres modes qui peuvent réduire de façon indiscutable le coût d'irrigation sachant que chaque agriculteur a sa propre stratégie.

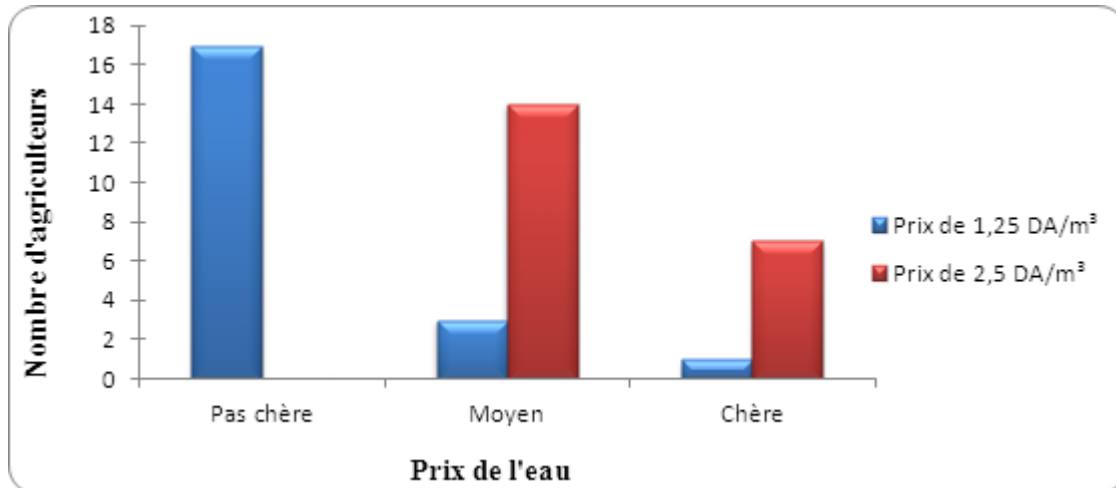


Figure 98: Les avis des agriculteurs enquêtés vis-à-vis le prix de l'eau agricole.

Pour déterminer le prix réel de l'eau, il faudrait inclure les charges liées à l'irrigation qui constituent plus le prix de l'eau, les amortissements des équipements d'irrigation, les frais d'installation, de mains d'œuvres, d'entretien ainsi que les frais d'énergie.

Le tableau suivant montre les différentes charges liées à l'eau à usage agricole au niveau des exploitations enquêtées.

L'exploitation des résultats de l'enquête aboutit aux données suivantes :

Le coût d'irrigation (ha) = coût de l'eau + Amortissement du matériel d'irrigation+ coût de la main d'œuvre + coût du carburant + coût de l'électricité.

- ◇ Le prix du moteur à 4 cylindres est de 500 000 à 550 000 DA avec une durée de vie de 10 ans.
- ◇ Le prix du moteur à 6 cylindres est de 700 000 à 750 000 DA avec un duré de vie de 10 ans.
- ◇ Le prix d'achat d'une motopompe est de 90 000 à 120 000 DA selon la marque.

- ◇ Le prix d'équipement d'un hectare en goutte à goutte est de 170000 DA/Ha avec une durée de vie de 7 ans.
- ◇ Le prix d'équipement en goutte à goutte d'un à cinq hectare en aspersion est de 150000 DA/Ha avec une durée de vie de 7 ans.

Amortissement du matériel d'irrigation= coût d'investissement/ la durée de vie (7ans) x subventions(%).

Tableau 67: Les charges d'irrigation dans les exploitations enquêtées.

Exploitation	Superficies irriguées (Ha)			Charges d'irrigation (DA)		
	Gravitaire	Goutte à Goutte	Aspersion	Coût d'eau	Amortissement	Totale
E1	1,3	0	0	10000	0	10000
E2	18	0	0	200000	0	200000
E3	6	0	0	48000	0	48000
E4	2	0	0	15000	0	15000
E5	0	34	0	310000	336561	646561
E6	3	0	5	80000	10714	90714
E7	0	0	4	27500	10714	38214
E8	7	2	1	40000	35461	75461
E9	0	3	0	23000	37121	60121
E10	1,5	0	0	14000	0	14000
E11	2	0	0	30000	0	30000
E12	0	2	0	15000	24747	39747
E13	0,5	0	0	8000	0	8000
E14	0,5	0	0	3600	0	3600
E15	4	0	0	27000	0	27000
E16	0	0	3	23000	10714	33714
E17	0	2	0	36000	24747	60747
E18	5	3	2	50000	47835	97835
E19	3	1	2	33000	23088	56088
E20	5	0	0	48000	0	48000
E21	10	2	3	70000	35461	105461

Il est à signaler que la totalité des agriculteurs ont été bénéficiés d'une subvention de la part de l'Etat concernant les équipements d'irrigation. Cette subvention varie entre 50 et 60% dans le cadre de PNDA.

Dans le cas de goutte à goutte, il n'est plus nécessaire de changer les arroseurs, ou les tuyaux après chaque application. De même la commande d'ouverture et de fermeture des vannes est souvent réglée automatiquement. Il est aussi à signaler que le coût de main d'œuvre d'irrigation est varié entre 600-700 DA/Jour sur une période s'étend de 5 à 10 jours maximum.

La main d'œuvre d'irrigation dans les exploitations enquêtées est généralement familiale.

A titre d'illustration nous avons essayé d'estimer la charge en eau dans les charges totales de la spéculation agrumicole.

Tableau 68: Charges de production pour un hectare d'agrumes en production.

Nature des charges	Montant (DA)
Charges de main d'œuvre	82300
Charges de mécanisation	68000
Charges d'approvisionnement	59050
Charge de l'eau d'irrigation	12500
TOTAL	221850

Nous constatons d'après le tableau que la part en pourcentage de volume d'eau consommé à l'hectare pour la culture d'agrumes en production est de l'ordre de 6 %. Ceci est faible pour une agriculture irriguée. Ce qui explique, en partie, le «non souci» des agriculteurs quant au prix et au coût de revient de l'eau d'irrigation. Le système d'irrigation qui reste largement dominant dans le périmètre est la Seguia qui est la technique la moins économe en eau. Cette pratique persiste encore à cause de sa « valeur traditionnelle » encouragée par un coût de revient faible concernant la réalisation des raies, qui ne nécessite aucun équipement, et un coût de revient du m³ d'eau qui est faible, notamment lorsqu'il s'agit de l'eau du réseau collectif. Un exemple de calcul de la charge de l'eau d'irrigation dans les charges totales de la spéculation agrumicole est présenté en annexe 4

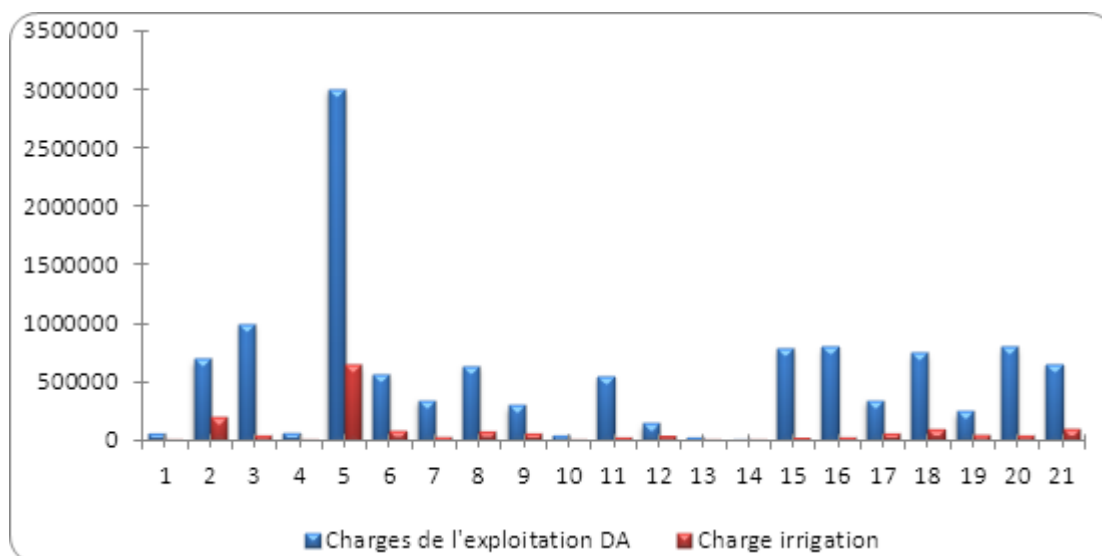


Figure 99: La part de l'irrigation dans les charges des exploitations.

D'après la figure 96, on constate que les charges réelles d'irrigation varient entre 3,41% et 29,16% des charges totales.

2.6.2. Impact de la redevance sur les cultures irriguées :

Les cultures les plus touchées par la nouvelle redevance sont les cultures maraichères en première position avec 33,33 % selon les divers avis des irrigants enquêtés, suivis par les agrumes avec 14,28 %. Ces dernières cultures représentent les spéculations les plus répandues dans le périmètre de la Mitidja Est et exigent une irrigation permanente. Il arrive souvent que l'organisme gestionnaire accorde plus des doses de survie à l'arboriculture fruitière alors que les nécessités sont beaucoup plus importantes pour atteindre de meilleurs rendements. Cette situation met en péril l'investissement très lourd surtout pour l'agrumiculture et les vergers.

A l'inverse, 38,09 % des irrigants enquêtés, constatent qu'il n'y a aucun impact de la nouvelle redevance sur les cultures irriguées du fait que les charges d'eau d'irrigation restent marginales si on les compare avec les charges concernant les produits phytosanitaire ou le prix de semences. En d'autre terme la demande en eau est inélastique ou trop rigide par rapport à l'offre en eau d'irrigation. (AIT-AMEUR C. 2004).

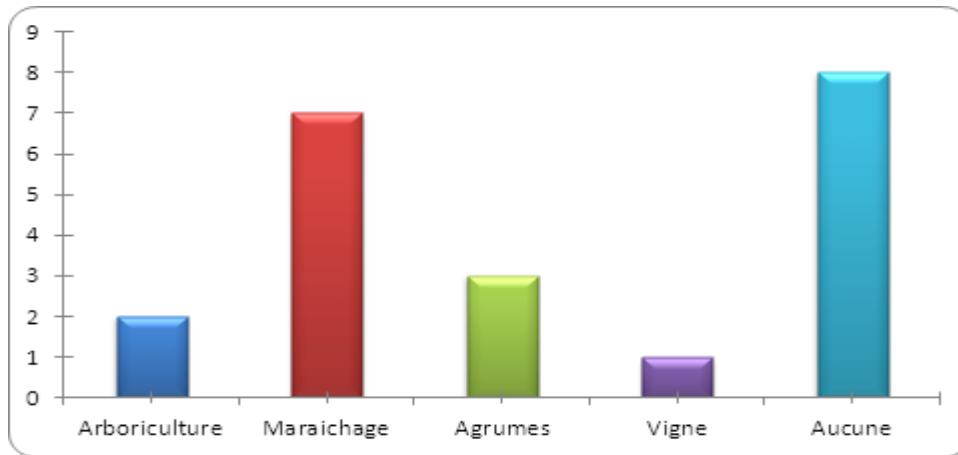


Figure 100: Les cultures les plus affectées par l'augmentation du prix de l'eau agricole selon les agriculteurs enquêtés.

2.6.3. Impact de la redevance sur les créances de l'ONID.

D'après la figure ci-dessus, il est clair que l'organisme chargé de la gestion du périmètre irrigué de Hamiz est dans un état déficitaire. Pour examiner cette question nous avons considéré l'année 2003-2004 étant la référence en matière de couverture de charge de l'ONID, et en comparaison avec l'évolution des créances de l'ONID avant et après l'application de la redevance en eau depuis 2005.

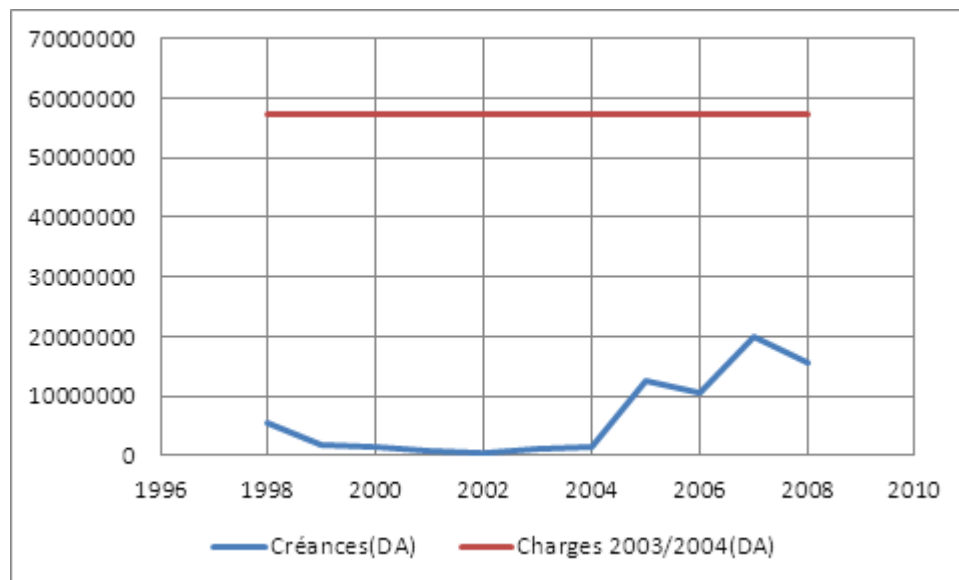


Figure 101: Impact de la redevance sur les créances de l'ONID.

2.6.4. Impact de la redevance sur le revenu des agriculteurs

D'après cette figure, nous constatons que le revenu des exploitants a diminué en moyenne avec 8%, ce qui est dû essentiellement à la non adoption des équipements économes en eau.

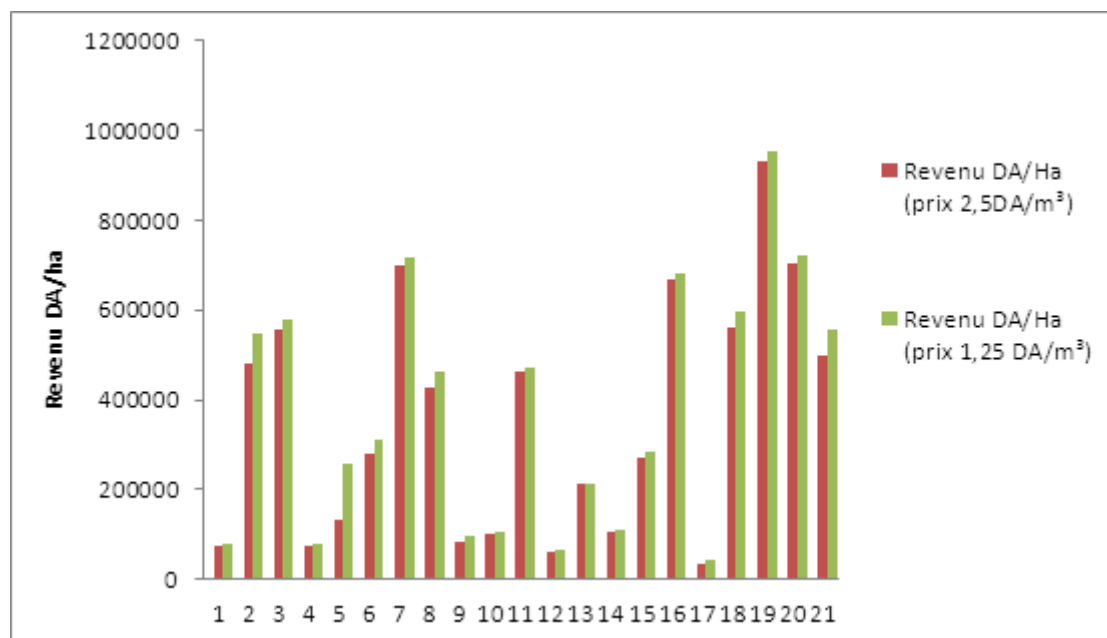


Figure 102: Impact de la redevance sur le revenu des agriculteurs

Le prix de l'eau appliqué actuellement au niveau du périmètre irrigué de la Mitidja Est n'a pas un effet significatif sur le revenu des agriculteurs qui sont optimistes pour l'adoption particulièrement du système localisé mais sous réserve des conditions notamment de la disponibilité en eau d'irrigation dans le périmètre au temps voulu.

Discussion général

La gestion de la ressource en eau nécessite de connaître les volumes nécessaires pour l'irrigation. Lorsque cette dernière n'est pas connue, une estimation du **besoin en eau théorique** pour l'**irrigation**, selon les cultures, permet d'approximer la réalité.

Le calcul de ce besoin théorique en irrigation nécessite de mobiliser divers paramètres concernant la plante elle-même (coefficient cultural), la climatologie (pluviométrie et évapotranspiration) ainsi que la pédologie (réserve utilisable du sol) de la région étudiée.

Une analyse fréquentielle de la pluie et des évapotranspirations potentielles faite sur 20 ans nous a permis de définir des scénarios d'années sèches, normales ou humides pour les besoins théoriques des cultures pratiquées dans le périmètre de la Mitidja Est et les besoins en eau à l'échelle régionale ont été d'abord estimés culture par culture selon la méthode exposée plus haut.

L'estimation faite pour une année moyenne à l'aide du logiciel Cropwat 8.0 montre des besoins en irrigation différents. Pour les cultures maraichères, la tomate est la culture qui consomme le plus d'eau soit (6487 m³/ha), suivi par l'aubergine et le poivron avec une consommation respectivement de 6471 m³/ha et 5631 m³/ha, vient après la pastèque 4076 m³/ha, alors que la pomme de terre arrière-saison, choux fleur et la betterave sont les moins exigeantes.

Les besoins d'irrigation des céréales d'été représentés par le maïs et le sorgho, sont respectivement de 5711 m³/ha et 4763 m³/ha.

Concernant les arbres fruitiers, on constate que les pommiers et les agrumes qui ont le besoin d'irrigation le plus élevé (6253 m³/ha et 5424 m³/ha), vient ensuite le pêcher avec une consommation de 4583 m³/ha, alors que les besoins d'irrigation de l'abricotier est de 4153 m³/ha.

Les estimations faites pour une année humide et sèche montrent une allure identique des besoins en eau des cultures de la Mitidja Est.

D'après les enquêtes effectuées dans le périmètre d'El Hamiz qui occupe une superficie irrigable de 11 120 hectares dont 2001.9 ha sont irrigués sur l'ensemble des exploitations enquêtées en cours de l'année 2012. Connaissant les besoins unitaires de chaque culture pratiquée nous avons estimé les besoins d'irrigation pour les 1527.6 hectares souscrites à 6 221 371 m³ soit 6.2 Hm³ d'eau. Ce qui donne un besoin moyen de 4073 m³/ha et par an.

En outre, sur l'ensemble du périmètre irrigué de Hamiz, (en année normale) le volume total annuel des besoins en eau théoriques nécessaires pour une superficie irriguée de 2001.9 est estimé à 9.5 Hm³. Ce qui donne une consommation moyenne de 4774 m³/ha /an. Où le secteur 05 de la plaine est le secteur est le plus consommateur en eau d'irrigation avec un maximum de 1679569 m³ par contre la zone de littoral du périmètre ne consomme que 1.9 Hm³ où le secteur 09 est le secteur qui présente une consommation en eau d'irrigation la plus faible soit 403283 m³. Les volumes en eau théoriques nécessaires pour les surfaces actuellement irriguées de chaque secteur agricole, en fonction du type d'année : sèche, humide ou en moyenne sont :

Besoins d'eau théoriques pour l'irrigation (en m ³)	Surfaces actuellement irriguées (ha)	Année médiane	Année quinquennale sèche	Année quinquennale humide
Secteur1	190,4	1004469	1028443	957017
Secteur2	182,9	915379	952385	845508
Secteur3	256,7	1307390	1353526	1220261
Secteur4	332,8	1458862	1505237	1371945
Secteur5	359,3	1608367	1679569	1560056
Secteur6	274,35	1270148	1335076	1270148
Secteur7	188,7	908539	932647	862355
Secteur8	118,5	588858	600878	565007
Secteur9	97,7	421037	430099	403283

En moyenne, les volumes théoriques nécessaires sont de :

- 7547929 m³/an pour la zone de Hamiz plaine de 1596,45 ha irriguée (4920 m³/ha /an)
- 1904235 m³/an pour la zone Hamiz littoral de 404,9 ha irriguée (4850 m³/ha /an)
- 9452164m³/an pour tout le périmètre pour une superficie irriguée de 2001.35 ha (4906 m³/ha /an).

En année sèche, les besoins sont plus élevés :

- 7854235 m³/an pour la zone de Hamiz plaine 1596,45 ha irriguée (4728m³/ha /an)
- 1963625 m³/an pour la zone Hamiz littoral 404,9 ha irriguée (4703 m³/ha /an)
- 9817860 m³/an pour tout le périmètre pour une superficie irriguée de 2001.35 ha (4723 m³/ha /an).

l'évolution des besoins d'irrigation par mois de toutes les cultures irriguées dans tous les secteurs montre que le pic de consommation se situe durant le mois de juillet considéré comme étant le mois de pointe sauf pour le secteur 04 où on a remarqué que le mois de juin est le mois de pointe. Alors que les plus faibles consommations sont enregistrées durant la période pluviale du

mois d'octobre, jusqu'au mois d'avril et cela est dû probablement par le fait que les cultures pratiquées n'exigent que peu d'eau à cause du froid hivernal qui diminue la demande climatique.

Une estimation théorique des volumes d'eau nécessaires pour les surfaces actuellement irriguées a été réalisée, en fonction des trois types de cultures présentes sur les deux grandes zones agricoles du périmètre (la plaine et le littoral), et cela pour l'année normale, sèche et humide.

	Volumes d'eau théoriques pour l'irrigation (en m ³)	Surfaces actuellement irriguées (ha)	Année normale	Année quinquennale sèche	Année quinquennale humide	moyenne
Maraichères	Demande unitaire	1	4500	4625	4377	4501
	La plaine	981,15	4347653	4501836,4	4253558,7	4367683
	Le littoral	322,3	1481629,6	1507042,9	1429852,7	1472842
	Mitidja-Est	1303,45	5829282,6	6008879,3	5683411,3	5840524
Vergers	Demande unitaire	1	4707	4948	4297	4651
	La plaine	126,7	566850,28	598018,48	516170,28	560346
	Le littoral	29,6	149812,3	156707,8	137276,95	147932
	Mitidja-Est	156,3	716662,58	754726,28	653447,23	708279
Agrumes	Demande unitaire	1	5424	5658	4972	5351
	La plaine	488,6	2650112,2	2764442,2	2429269,5	2614608
	Le littoral	53	287472	299874	263516	283621
	Mitidja-Est	541,6	2937584,2	3064316,2	2692785,5	2898229
Total		2001	9483529	9827922	9029644	9447032

A l'échelle des douze mois de l'année : la consommation des cultures maraichères qui sont les cultures les plus consommatrices en eau dans le périmètre varie de 21505 m³/mois au mois de mars à 1667800 m³/mois au mois de juillet considéré comme étant le mois de pointe.

Concernant les agrumes la consommation varie de 86654.4 m³/mois au mois de mars et 658573.44 m³/mois au mois de juillet.

Par contre les vergers, leur consommation varie de 8257.1 m³/mois au mois de mars à 154494.26 m³/mois au mois de juillet, contrairement au littoral où la consommation varie de 443 m³/mois au mois de mars à 33037 m³/mois au mois d'août due au pommier qui exige trop d'eau pendant ce mois dans notre conditions climatiques et pédologiques.

Vue l'origine des ressources en eau qui reste essentiellement superficielle (donc reliée au régime des pluies), et la concurrence de l'AEP surtout en cas de sécheresse, le volume alloué est faible. Ce-ci explique les volumes lâchés modestes.

Concernant les volumes distribués comparés aux volumes lâchés, ils sont encore plus modestes à cause des pertes d'eau dans le réseau de distribution, l'efficacité globale de réseau n'est que de 69 % d'après l'ONID (2012) dans le périmètre de Mitidja Est. Ce qui empêche de répondre aux besoins en eau des cultures.

Le volume d'eau que nous avons calculé pour couvrir la totalité des besoins en irrigation de chaque secteur de périmètre de la Mitidja Est, est comparé aux volumes d'eau utilisés pour savoir le niveau de satisfaction de ces besoins.

La comparaison entre les besoins théoriques cumulés et le cumul des volumes distribués où on remarque que ces derniers sont inférieurs aux besoins théoriques des cultures durant toute la campagne d'irrigation (de mai à octobre), et cela pour les trois types d'années sèche humide et normale. De ce fait la satisfaction des besoins en eau des cultures de chaque secteur n'est pas atteinte que pour les secteurs 2, 3 et 9. L'eau destinée aux cultures n'est pas distribuée d'une manière optimale, il y a une incompatibilité entre les besoins théoriques souhaitables et les volumes fournis réellement en quantité, et une incompatibilité dans le temps. Le commencement de la campagne d'irrigation est retardé par rapport à la période souhaitée.

Dans ce cas le recours aux eaux souterraines constitue pour l'instant la solution garantie et sûre pour les agriculteurs.

Bien que, ces ressources sont limitées, on constate sur le terrain que l'eau est gaspillée.

Une consommation moyenne d'eau a été calculée par type de culture et par hectare pour les assolements pratiqués pour chaque irrigant enquêté (voir partie enquêtes). La valeur obtenue pour chaque culture a été ensuite multipliée par les superficies irriguées de périmètre de Hamiz durant la campagne d'irrigation 2012.

Année	Superficie irrigué (ha)	la moyenne des volumes utilisés (m3/ha)	la moyenne des volumes utilisés (m3)	Besoin théorique (m3/ha)	Besoin théorique (m3)
Maraichères	1303,45	3733	4865778,85	4500	5865525
Agrumes	541,6	7831	4241269,6	5424	2937638,4
Vergers	156,3	6441	1006728,3	4707	735704,1
Total	2001,35		10113776,75		9538867,5

On comparant les volumes réellement utilisés estimés d'après notre enquête avec les volumes théoriques de notre étude on obtient une consommation de l'eau réelle supérieure aux volumes théoriques, sauf, pour les maraichères, où les apports d'eau réels sont inférieurs aux besoins de référence estimés. La différence entre les volumes consommés et les volumes estimés pour tout le périmètre est de l'ordre de 6 %. Donc On peut dire que les agriculteurs apportent plus d'eau qu'il n'en faut.

Cette situation est due à plusieurs causes, parmi elles on peut citer :

- La majorité des exploitants sont sans niveau d'instruction. Les meilleures terres irriguées se trouvent en majorité dans les EAC et EAI ;
- les pratiques des agriculteurs qui ignorent les besoins en eau réels des cultures, chaque agriculteur décide des quantités d'eau qu'il faut apporter ;
- la tarification de l'eau qui n'incite pas les agriculteurs à économiser cette ressource. Par ailleurs, le choix d'assolement n'est pas raisonné par rapport aux ressources en eau ;
- les pertes au cours de l'acheminement de l'eau ainsi qu'à la parcelle (efficacités médiocres) dues au manque de maintenance et d'entretien du réseau ;
- l'absence d'infrastructure opérationnelle pour le contrôle de la consommation en eau (débitmètres, compteurs à la parcelle,...).

Conclusion général

L'agriculture dans la quasi-totalité des pays en développement est handicapée à cause du déficit hydrique dû essentiellement à une pluviométrie insuffisante accentuée par sa mauvaise répartition annuelle et interannuelle. La mobilisation des ressources hydriques pour l'agriculture vise à assurer un développement de l'irrigation au niveau des régions où les conditions naturelles ne permettent pas un développement viable de l'agriculture pluviale. La Mitidja profite d'une situation privilégiée dans l'agriculture en Algérie. Les potentialités hydro agricole dont elle recèle en plus des infrastructures routières et hydrauliques et sa proximité par rapport aux principaux marchés nationaux ainsi que l'âge moyen de sa population, lui procure tous les atouts pour la réussite d'une agriculture moderne et durable

Parmi les causes de la pénurie d'eau, il y a la forte concurrence entre les agriculteurs sur l'eau destinée à l'irrigation (donc, il faut satisfaire équitablement la demande) et la lourdeur des contraintes institutionnelles et financières de l'office qui l'empêchent d'améliorer ses services à cause du prix de l'eau qui ne couvre pas les charges de ce dernier.

Le périmètre de Hamiz a fait l'objet de notre étude présente des conditions du sol et de climat favorables dans leur ensemble à l'agriculture. Avec une précipitation moyenne annuelle de 554 mm ce qui fait une précipitation effective de 416 mm, et un total annuel d' ET_0 de 1258 mm, le périmètre accuse un déficit pluviométrique annuel de 704 mm.

L'utilisation du logiciel CROPWAT pour la gestion des irrigations s'avère un moyen très efficace et rapide pour le calcul des besoins en eau et le pilotage des irrigations

Dans notre travail nous avons essayé d'approcher la demande par la détermination de besoins en eau, ce qui représente une première étape pour une gestion rationnelle.

Le volume total qu'il faut solliciter en moyenne pour couvrir les besoins d'irrigation des cultures de périmètre de Hamiz est de 9.5 Hm^3 pour une superficie irriguée de 2001 ha en année moyenne avec 7.9 Hm^3 pour la plaine de Hamiz soit 80% des besoins totaux où le secteur 05 de la plaine est le secteur est le plus consommateur en eau d'irrigation avec un maximum de 1608367 m^3 par contre la zone de littoral de périmètre ne consomme que 1.9 Hm^3 où le secteur 09 du littoral est le secteur qui présente une consommation en eau d'irrigation la plus faible avec 430100 m^3 .

La consommation moyenne des cultures irriguée de périmètre de Hamiz est de $4774 \text{ m}^3/\text{ha}$. Néanmoins, cette consommation varie respectivement de $698 \text{ m}^3/\text{ha}$ à $6299 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour la culture de pomme de terre arrière saison et de l'aubergine.

A l'échelle des douze mois de l'année : la consommation des cultures maraichères qui sont les cultures les plus consommatrices en eau dans le périmètre varie de $21505 \text{ m}^3/\text{mois}$ au mois de mars à $1667800 \text{ m}^3/\text{mois}$ au mois de juillet considéré comme étant le mois de pointe.

Concernant les vergers, leur consommation varie de 8257.1 m³/mois au mois de mars à 154494.26 m³/mois au mois de juillet.

Par contre la consommation des agrumes dans le périmètre varie de 86654.4 m³/mois au mois de mars à 658573.44 m³/mois au mois de juillet.

Le volume total d'eau fourni par le réseau du Hamiz (8.9 Hm³ en 2012) est loin de satisfaire les demandes estimées dans le périmètre on ne pourrait disposer que de ce qui fait que les agriculteurs ont construit leurs propres forages.

La différence entre les superficies souscrites et celles qui sont effectivement irriguées peut être expliqué par le fait que les agriculteurs en souscrivant juste une partie de leur parcelle, espèrent payer une facture moins importante; aussi il y a des transferts d'eau qui se font d'une exploitation souscrite à une autre qui ne l'est pas.

Du point de vue maîtrise de l'irrigation, et que se soit pour le gravitaire, le localisé ou l'aspersion les agriculteurs enquêtés maîtrisent mal l'irrigation. Nous avons vu dans ce chapitre qu'aucun d'entre eux n'établissait de calendrier à cet effet, et que les doses apportées étaient très estimatives. Aussi pour le localisé comme pour l'aspersion se sont des techniques économisatrices d'eau serte, mais dont l'utilisation demande une certaine maîtrise pour en tirer les résultats pour lesquels ils ont été conçus.

On conclut de notre étude que l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation est la solution de l'agriculture irriguée en Algérie puisque le manque d'eau est devenu une évidence.

Le manque accru de la ressource et l'augmentation du prix de vente de cette dernière peut provoquer différents comportements chez les agriculteurs. D'après nos enquêtes auprès des exploitants, la majorité cèderont face à cette augmentation, mais d'autres peuvent changer leurs systèmes de production en priorisant les cultures moins consommatrices d'eau dans leur plan de cultures. Cette situation peut aussi décourager les agriculteurs à utiliser des fertilisants, à moderniser les techniques culturales y compris les techniques économes d'eau. L'abandon de l'activité totalement est une solution pessimiste pour la majorité mais risque d'être favorisée par certains, d'autres chercheront une autre source d'irrigation.

Nos propres recommandations proposées comme solution à ce problème et qui sont le fruit de notre étude sur l'impact de la modification de la redevance en eau d'irrigation sur le comportement des irrigants dans le périmètre irrigué de la Mitidja Est(Hamiz), se résument en cinq principales solutions opérationnelles :

- ◇ Initialement et d'après les études menées actuellement, il est opportun d'améliorer le secteur de mobilisation des eaux et certainement les eaux superficielles en construisant plus de barrages, et aussi il faut dévaser les barrages existants.
- ◇ Restructurer la politique de tarification de l'eau à usage agricole de manière à rééquilibrer le cycle financier de la gestion de l'eau d'irrigation en augmentant le tarif de l'eau dans le but d'optimiser la production agricole sans décourager l'agriculteur par une charge d'eau insurmontable. Cette étape seule représente une problématique qui demande une étude approfondie et sérieuse pour assurer les résultats attendus à long terme.
- ◇ Il faut réhabiliter sinon rénover les réseaux vétustes et amortis pour augmenter l'efficacité de l'irrigation et diminuer les pertes d'eau dans ces derniers.
- ◇ Lutter contre les pompes illicites dans les réseaux.
- ◇ Généraliser les techniques économes d'eau dans tous les périmètres irrigués en Algérie.

Références bibliographiques

- Arrus R. 1985.** L'eau en Algérie. De l'impérialisme au développement (1830-1962), Alger, O.P.U., 388 p.
- Arrus R. 1998.** « L'eau et l'émergence d'un conflit nord-sud dans le bassin méditerranéen occidental », Revue Territoires en Mutation, n°3 pp 95-109.
- A.N.R.H, 1993.** Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500 000, Notice explicative, Ministère de l'Equipement, Alger, Ed. I.N.C.
- ANRH, 2004.** Rapport du suivi de l'évolution de la nappe de la Mitidja. Direction
- ABH-CSM 2009.** Les cahiers de l'agence. Agence de Bassin Hydrologique Constantinois-Seybouse-Mellegue, Constantine.
- ABH-CSM, 2005.** L'eau et l'agriculture dans le bassin CSM .décembre 2005, Constantine
- AGID, 1993.** Etude de l'aménagement Hydro-Agricole de la plaine de la Mitidja.197p
- AGID, 2003.** Efficience de l'irrigation dans les grands périmètres en Algérie. Séminaire franco-algérien, Ghardaïa 1er-3 mars 2003, Algérie, 16 p.
- AGID, 2005.** Evaluation de la situation actuelle des périmètres et diagnostic des infrastructures d'irrigation : périmètre du Hamiz. 94p
- Al -ATIRI R., 2004.** Les efforts de modernisation de l'agriculture irriguée en Tunisie. Actes du séminaire Euro-méditerranéen. La modernisation de l'agriculture irriguée. 19 au 23 avril 2004. Rabat, Eljadida, Maroc. Tome1. P : 15-25.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998).** Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.
- A N B, 1999.**
- A N B, 2004.** « Bilan d'activité ».
- A N B, 2006.** « Bilan d'activité ».
- ANB, 2006.** *Etude de confortement des grands barrages en exploitation, mission 1 :* diagnostic et expertise barrage de Foug El Gherza.
- ANRH, 2002.** Notice explicative de la carte des évapotranspirations potentielles de l'Algérie du nord p38-33.

ANRH. 2001. Inventaire des ressources en sols d'Algérie 1963-2001. décembre 2001.

Benmoufok B., 2003. La prise en charge de l'irrigation en Algérie. In : 4e forum de la gestion de la demande en eau. Le Caire, Egypte, 2-4 février 2003.

Bergez J.E., Lacroix. B, 2008. Gestion de l'irrigation : du stratégique au tactique. Quelques apports de la recherche. Innovations Agronomique V 2, 53-63.

Boudjadja A., M. Messahel et H. PAUC (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Rev. Sci. Eau*, 16, 285 -304.

BRLi, 2003. Amélioration de la gestion de l'eau en Algérie. Rapport Final. BRLi France. Février 2003.

Chabaca M., 2007. Analyse des paramètres d'efficience de l'irrigation gravitaire traditionnelle en Algérie : Optimisation de la pratique d'irrigation par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et propositions de pilotage. Thèse Doctorat d'état, Institut National Agronomique, Alger. 287 p.

Choisnel E. 1989. Le climat et l'évapotranspiration des plantes, colloque l'expérimentation agricole et l'alimentation en eau des plantes, 25 et 26 janvier, Versailles, afmex, Biogneville.

CNES, 2000. L'eau en Algérie : le grand défi de demain. Commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Rapport CNES 2000.

Darses O., 2007. Etude exploratoire des modifications d'assolement en systèmes de grandes cultures en région Midi-Pyrénées. Rapport d'ingénieur agronome, Production Végétale Durable, SupAgro, 52 p + annexes.

Doorenbos J., Pruitt W. O., 1975. Les besoins en eau des cultures, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 24, Rome

FAO, 2002. L'eau/ source de sécurité alimentaire. Message du directeur général de la FAO à l'occasion de la journée mondiale de l'alimentation. Octobre 2002.

FAO, 2003, Accroître la productivité de l'eau. Article paru dans la magazine : Agriculture 21. 2003. 3p.

FAO, 2003, review of world water ressources by country. Rome. 112p.

FAO, 2005. Décennie l'eau, source de vie : Des politiques appropriées permettraient de mieux utiliser l'eau. Message à l'occasion de la journée mondiale de l'eau. Mars 2005. 3P.grand défi de demain, Document de synthèse.

- F.A.O., 2007-** Ses potentialités hydrauliques. Le droit à l'alimentation (2) :14.16p
- Ferrah A., Yahiaoui S., 2004.** Eau et agriculture en Algérie. Groupe de recherche pour le développement de l'agriculture algérienne, Alger, 17 p.
- Filali B.A., 2004.** Les enjeux stratégiques et défis majeurs de l'irrigation dans le Maghreb. Actes du séminaire Euro-méditerranéen. La modernisation de l'agriculture irriguée. 19 au 23 avril 2004. Rabat, El Jadida, Maroc. Tome 1. P : 302-311.
- Guemraoui.M., Chabaca. M.N, 2005.** Instruments économiques et modernisation des périmètres irrigués dans les pays de la méditerranée. Gestion des grands périmètres d'irrigation (GPI) : L'expérience algérienne. Sousse (Tunisie) 21-22 Novembre.
- Hamdy A., Lacirignola., 1993.** An overview of water resources in the mediterranean countries. Cahier : Options méditerranéennes, volume 1, CIHEAM, 1993. P : 1-32.
- Imache A ET AL, 2006.** Economies d'eau en Systèmes IRrigués au Maghreb. Demandes en eau des exploitations agricoles du périmètre irrigué de la Mitidja ouest (Algérie). Deuxième atelier régional du projet Sirma, Marrakech, Maroc, p 29-31.
- Imache A., 2003.** Caracterisation Socio-Economique De La Gestion Des Usages De l'eau Agricole Et Simulation De Gestion Alternative De l'eau : Cas De La Nappe De La Mitidja En Algérie. Projet de stage, Institut Agronomique Méditerranéen De Montpellier, 63p.
- Imache A., 2004.** Caractérisation socio-économique de la gestion de l'eau agricole dans le périmètre irrigué de la Mitidja ouest (Algérie). Mémoire DEA, Ensam, Montpellier, 61p.
- INSID, 2002.** Note sur l'irrigation: Intérêt économique et social. HABILA M., KESSIRA M. Alger, 16 p.
- Kassam A., Smith M. (2001).** FAO methodologies on crop water use and crop water productivity, Expert meeting on crop water productivity, 3 to 5 December, Paper CWR-M7, Rome.
- Kebiach. A, 2006.** Gestion rationnelle de l'eau d'irrigation au niveau d'un périmètre irriguée. Enjeux et perspectives (cas du périmètre de Guelma-Boucheghouf). Mémoire magister. Institut National Agronomique. Alger. 141p.
- Leenhardt, D. & Trouvat, J.L, 2004.** ADEAUMIS, un outil pour estimer la demande en

eau d'irrigation à l'échelle régionale. *Ingénieries*, 40 : 37-50.

Loucif. S.N, 2002. Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie. INRAA/CRP, Alger, Algérie, 17p.

MADR ,2007 « Statistiques Agricole, Série A et B »

Maton L., 2006. Représentation et simulation des pratiques culturales des agriculteurs à l'échelle régionale pour estimer la demande en eau d'irrigation. PhD Thesis, INP-Toulouse.

Messahel M., Benhafid M., 2005. 4 th Workshop of the WASAMED Thematic Network "Water use efficiency and water productivity": Efficience de l'eau d'irrigation en Algérie. Amman, Jordan, September 30 – October 4, 29 p.

Molle B., M.T. Chati, H. Lévit, R. Latiri et S. Yacoubi, 2004. Quelle enseignement tirer des politiques de soutien à la modernisation ? Actes du Séminaire Euro-Méditerranéen. La modernisation de l'agriculture irriguée. 19 au 23 avril 2004. Rabat, El-Jadida, Maroc. Tome1. P : 222-236.

Mouhouche B., Guemraoui M., 2004. Réhabilitation des grands périmètres d'irrigation en Algérie. Acte du séminaire Euro-méditerranéen. La modernisation de l'agriculture irriguée. 19 au 23 Avril 2004. Rabat, El Jadida, Maroc. Tome 1. P : 123-135.

Maton, L. 2006. Représentation et simulation des pratiques culturales des agriculteurs à l'échelle régionale pour estimer la demande en eau d'irrigation. Application à un bassin versant maïsicole du sud-ouest de la France. Thèse de Doctorat. INP-Toulouse, France, 223p

Mutin G. 2000. L'eau dans le monde arabe, enjeux et conflits. » Collection : carrefours de géographie, Ellipses, Paris. 156 p.

Nemouchi A. 1998. « L'envasement des barrages en Algérie » In Revue du Rhumel N° 6, IST, Université de Constantine. P 83-90

ONID, 2009;2010. Bilans annuels des campagnes d'irrigation des périmètres irrigués. Unité de la Mitidja Est, Houche Rouïba, Alger, Avril, 30p.

OIND, 2011. Bilan: Unité Mitidja-Est .décembre 2011. 23p

OIND, 2011. Etude des prélèvements d'eau a des fins agricoles dans la nappe de la Mitidja par interprétation d'imagerie satellitaires et maîtrise des périmètres irrigué. Manuelle de formation. 35p

ONID, 2012. Bilan: Unité Mitidja-Est .décembre 2011. 24p

ONU, 2006. L'eau, une responsabilité partagée. 2^{ème} rapport mondial des Nations Unie sur la mise en valeur des ressources en eau. Résumé. Chapitre 7 : de l'eau pour l'alimentation, l'agriculture et les moyens de subsistance (FAO avec FIDA). Mars 2006. 52p

Pabiot.F, 1999. OPTIMISATION DE LA GESTION D'UN BARRAGE

COLLINAIRE EN ZONE SEMI-ARIDE. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Rennes. 114p

Parent .E, 1990. Elaboration Des Consignes De gestion Des Barrages – Reservoirs Thèse doctorat. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. 216 p

Peter H., Gieick, 2004. Basic Water Need. Pacific institute for studies in development, Environment and security. USA, 2004.

Remini B., 2005. La problématique de l'eau en Algérie. Office des Publications Universitaires 09/2005, Ben-Aknoun, Alger.

RGA, 2003. Rapport général sur les résultats définitifs du Recensement Général sur l'Agriculture. DSASI – MADR. Juin 2003. 127 p.

Tardieu H., 1999. La valeur de l'eau en agriculture irriguée : une information économique nécessaire pour mieux réguler la gestion de l'eau et des productions agricoles dans un marché ouvert. CACG, France. 1999. 14 p.

Tuzet A., Perrier A., 1998. Les besoins en eau des cultures. Traité d'irrigation, Lavoisier, Paris, p 148-249.

UNICEF. (2002). L'eau dans le monde: l'eau potable et l'assainissement, Fiche thématique

Valembois J, Migniot C. Rejets des produits de dragages a` l'aval d'un barrage sur l'Oued Hamiz. Houille Blanche 1975 ; 2/3 : 155-72.

Yiping.Wu et Chen. Ji, 2013. Estimating irrigation water demand using an improved method

and optimizing reservoir operation for water supply and hydropower generation: A case study of the Xinfengjiang reservoir in southern China. *Agricultural Water Management* 116 (2013) 110–121

WWW.fao.org

Zella. L, Smadhi. D. 2005. L'intérêt du calcul des pertes de charge en micro irrigation. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.51-68

Annexe1

Tableau 1: Liste des barrages en Algérie.

N°	Barrage	Date de la mise en eau	Capacité initiale (Mm ³)
01	Souani	2005	47
02	Boughrara	1999	175
03	Beni Bahdeh	1952	63
04	Mefrouch	1963	15
05	Sidi Abdeli	1988	110
06	Sarno	1954	22
07	Ouizert	1986	100
08	Bouharifia	1948	73
09	Fergoug	1970	18
10	Cheurfas II	1992	82
11	SM Banaouda	1978	235
12	Bakhada	1963	56
13	Dahmouni	1987	41
14	Merdja	1984	55
15	Gargar	1988	450
16	Sidi Yakoub	1985	280
17	Bouguera	1989	13
18	Kouidat Rasfa	2004	75
19	Oued Fadda	1932	228
20	Oued Mellouk	2004	127
21	Harreza	1984	70
22	Deurdeur	1984	115
23	Ghrib	1939	280
24	Boughezoul	1934	55
25	Boukourdane	1992	97
26	Meurad	1860	1
27	Bouroumi	1985	188
28	Ladrat	1989	10
29	Hamiz	1935	21
30	Keddara	1985	145
31	Beni Amrane	1988	16
32	Lekhal	1985	30
33	Ksob	1977	30
34	Tisedit	2205	167
35	Taksebt	2001	175
36	Ain Zada	1986	125
37	Ighil Emda	1953	155
38	Erraguene	1961	200
39	El Agrem	2002	34
40	Beni Hroun	2004	960
41	Hammam Grouz	1987	45
42	Beni Zid	1993	40
43	Guenitra	1984	125
44	Zardezas	1977	27
45	Zit Emba	2001	117
46	Hammam Dzbagh	1987	200
47	Oued Cherf	1995	157
48	Ain Dalia	1987	82
49	Chafia	1965	171
50	Mexa	1998	47
51	K. Medaouar	2004	69
52	Foum El Gueiss	1939	3
53	Babar	1995	41
54	Foum Gherza	1950	47
55	F. Gazelles	2000	55
56	Brezena	2000	122
57	Djorf Torba	1969	350

Annexe 2

Tableau 1 : Les superficies souscrites des neufs secteurs de périmètre Mitidja Est en 2012.

La culture	La superficie (ha)								
	Secteur 01	Secteur 02	Secteur 03	Secteur 04	Secteur 05	Secteur 06	Secteur 07	Secteur 08	Secteur 09
Pomme de terre	5	2	1,5	55	20	14,5	9	2	2
Tomate	38	2,35	24,75	35	48,5	54,9	24,1	17	14,5
Chou-fleur	4,75	3,5	6	4,75	13	7,5	7,25	3,5	9,5
Salade	12	1	7	23,25	26,5	25,65	5,75	7	5
Aubergine	11,75	2	3,5	1,5	10,35	4	5,75	12	3,5
Pastèque	7,25	0,75	2	9	24,5	3,5	3,5	2	5,5
Betterave		2	3	3	10	4	2	3	3
Oignon				2	5,5	5,5	2	1	4
Sorgo	4,75	0	0	0	4,1	5,55	22,5	5	0
Haricot	1	1	3	1	3,5	2,5	1,5	4,5	5
Maïs	0	4,05	6	7,5	0	0	0	0	0
Poivron	4,75	1,25	3,5	1,75	9,5	2	4,25	5,5	6
Courgette	1,5	1	3	2	8	2	1,5	3,5	3
Oranger	26,09	53	85	37,5	46	15	13,5	5	0
Citronnier	30	65,5	40	49	13,5	28	27,5	6	1
Pêcher	1,5	17,5	20	17	6,1	18,5	11,5	1	0
Abricotier	0	4	15,4	0	0,75	10	3	1	0
Pommier						1	3	1	2

Annexe 2

Tableau 2 : Les paramètres climatiques

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1968	35,00	53,00	90,00	108,70	150,30	173,70	216,30	188,00	139,90	96,50	67,10	50,80
1969	39,10	56,00	88,30	106,90	148,60	170,80	188,60	185,80	117,80	61,50	43,90	40,50
1970	55,00	63,40	80,50	113,10	148,50	175,90	202,70	189,50	137,70	80,70	51,30	40,20
1971	39,00	48,60	76,70	100,60	157,90	176,50	189,50	205,20	139,40	89,90	69,30	32,30
1972	46,10	81,80	72,60	92,30	133,40	124,30	181,80	169,30	112,50	78,10	55,40	29,30
1973	37,70	44,00	61,90	108,30	144,30	140,90	188,80	172,00	123,70	78,40	39,80	36,20
1974	29,90	56,80	75,50	93,80	137,40	178,30	199,30	180,60	136,70	74,00	45,20	19,70
1975	46,70	52,80	85,20	92,90	124,50	158,00	204,00	189,50	122,00	87,20	42,10	38,10
1976	28,00	44,20	78,30	104,10	124,80	164,10	189,90	185,10	136,70	83,10	41,80	48,20
1977	44,60	49,50	78,80	102,90	128,50	176,20	177,30	161,70	127,70	113,30	49,10	36,30
1978	50,70	70,70	78,70	93,40	130,70	161,50	192,90	168,90	132,40	66,10	41,50	58,60
1979	56,80	68,60	77,00	104,80	145,10	160,90	198,80	175,50	102,80	73,90	37,80	28,20
1980	34,40	47,60	86,20	97,80	136,40	182,00	195,20	179,70	129,40	90,40	65,40	36,10
1981	42,60	46,80	77,70	86,70	132,90	172,70	198,40	160,70	140,30	108,40	43,70	68,70
1982	45,60	40,10	82,20	105,30	113,20	181,80	221,30	177,40	112,70	84,40	55,60	40,40
1983	25,30	43,60	81,70	117,50	144,10	168,80	203,30	178,50	147,50	92,90	59,50	41,80
1984	39,50	52,60	78,40	107,50	131,40	154,60	211,10	170,40	138,50	77,70	71,90	47,30
1985	42,20	54,50	74,50	106,60	125,50	176,70	195,10	180,70	124,90	90,80	59,60	40,30
1986	45,50	62,50	74,40	112,50	145,50	187,20	199,30	187,80	135,80	86,90	49,40	35,70
1987	28,40	45,00	85,70	117,10	142,80	172,60	191,50	192,80	154,50	106,90	54,50	39,30
1988	45,60	47,90	89,40	113,20	142,00	161,40	202,20	189,20	130,10	99,10	50,00	30,60
1989	34,80	45,70	75,10	108,50	140,60	189,80	223,10	210,90	132,60	88,10	62,90	45,80
1990	42,00	61,70	88,90	110,10	147,20	196,50	208,80	184,30	153,50	97,00	51,90	34,90
1991	29,80	43,50	90,50	105,30	135,10	176,10	202,70	189,80	139,00	80,00	43,30	28,80
1992	27,00	44,40	68,90	93,20	132,80	158,70	181,10	193,70	133,70	85,00	35,10	40,30
1993	23,40	33,50	71,20	106,70	150,10	175,10	194,60	184,00	136,70	88,30	40,50	24,60
1994	33,60	59,20	74,20	120,60	167,20	193,70	217,00	199,90	139,00	73,80	40,20	27,80
1995	34,30	46,20	76,00	103,50	156,80	155,10	203,70	178,10	121,40	75,70	62,30	45,10
1996	51,00	48,20	81,20	96,60	135,30	158,90	180,70	164,80	120,80	67,90	53,00	39,30
1997	54,50	39,60	77,80	100,30	135,20	182,00	177,90	171,80	126,40	88,10	52,80	31,40
1998	37,70	37,30	72,80	110,30	120,50	160,70	194,10	169,40	135,00	74,80	38,70	24,70
1999	26,50	34,90	64,60	97,60	113,40	134,00	173,10	137,90	118,20	79,20	33,20	22,90
2000	22,90	48,60	81,30	133,50	140,50	182,80	205,20	199,60	132,10	85,50	54,40	48,70
2001	38,20	44,20	104,40	110,50	140,20	210,10	205,10	179,70	134,80	91,70	43,20	20,10
2002	27,00	41,10	84,70	104,40	155,40	172,30	180,80	155,60	131,50	86,00	49,00	35,70
2003	39,00	43,70	72,00	99,70	130,30	195,40	190,80	190,10	122,40	76,40	51,00	38,90
2004	30,80	45,60	65,00	84,20	123,00	164,70	176,60	178,80	128,90	88,30	31,70	33,90
2005	22,70	36,60	62,30	105,70	148,50	178,90	206,60	184,00	126,50	85,50	44,80	28,90
2006	35,00	43,00	92,50	114,30	140,40	166,30	206,60	191,60	130,60	94,40	64,90	28,00
2007	28,40	57,40	81,20	81,10	149,30	177,80	203,10	195,30	130,90	74,70	35,60	26,60
2008	27,40	50,50	89,40	124,30	123,80	174,60	212,10	181,20	134,90	83,50	54,40	33,30
2009	46,00	57,00	81,40	112,30	175,00	199,50	204,90	197,40	130,10	82,70	45,30	38,50
2010	39,90	56,80	81,20	91,40	132,10	161,50	198,10	166,30	122,50	78,00	41,40	31,00

Annexe3

Tableau 1. Besoins en eau d'irrigation unitaires des cultures m³/ha (Année Humide)

Cultures	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Agrumes	0	0	70	261	613	1056	1201	1050	558	163	0	0
Aubergine	0	0	0	127	579	1614	2057	1721	201	0	0	0
pêcher	0	0	10	107	414	817	952	854	647	382	0	0
Choux fleur	0	0	0	0	0	0	0	0	526	399	0	0
Courgette	0	0	0	70	541	1615	1296	0	0	0	0	0
Oignon	0	0	76	495	1093	1403	0	0	0	0	0	0
Sorgo (Grain)	0	0	0	0	93	842	1763	1578	378	0	0	0
Betterave	0	0	283	632	1047	0	0	0	0	0	0	0
Poivron	0	0	0	0	481	1211	1859	1709	235	0	0	0
Tomate	0	0	0	127	580	1618	2063	1726	202	0	0	0
Pomme de terre Ar Saison	0	0	0	0	0	0	0	158	367	354	9	0
Pomme de terre Saison	0	9	64	664	1228	1400	0	0	0	0	0	0
Salade	0	0	0	184	816	1630	1035	0	0	0	0	0
Haricot	0	0	0	62	561	1606	1033	0	0	0	0	0
Pastèque	0	0	0	0	278	1376	1745	816	0	0	0	0
Abricotier	0	0	10	107	414	817	952	851	415	187	0	0
Maïs (Grain)	0	0	0	0	111	1223	2157	1801	290	0	0	0
Pommier	0	0	25	159	481	897	1308	1561	955	441	0	0

Annexe3

Tableau 2. Besoins en eau d'irrigation unitaires des cultures m³/ha (Année sèche)

Cultures	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Agrumes	0	0	213	404	711	1079	1224	1081	648	298	0	0
Aubergine	0	0	0	195	677	1636	2079	1751	213	0	0	0
pêcher	0	0	90	250	512	839	974	885	736	517	26	0
Choux fleur	0	0	0	0	0	0	0	0	603	534	63	0
Courgette	0	0	0	138	639	1637	1317	0	0	0	0	0
Oignon	0	0	219	637	1191	1426	0	0	0	0	0	0
Sorgo (Grain)	0	0	0	0	135	864	1785	1609	417	0	0	0
Betterave	0	0	441	775	1145	0	0	0	0	0	0	0
Poivron	0	0	0	0	579	1233	1882	1739	258	0	0	0
Tomate	0	0	0	195	677	1640	2085	1757	214	0	0	0
Pomme de terre Ar Saison	0	0	0	0	0	0	0	166	457	489	98	5
Pomme de terre Saison	0	9	133	807	1326	1423	0	0	0	0	0	0
Salade	0	0	0	252	913	1652	1055	0	0	0	0	0
Haricot	0	0	0	106	659	1628	1052	0	0	0	0	0
Pastèque	0	0	0	0	375	1399	1768	831	0	0	0	0
Abricotier	0	0	90	250	512	839	974	882	504	322	26	0
Maïs (Grain)	0	0	0	0	203	1245	2178	1831	314	0	0	0
Pommier	0	0	131	301	578	919	1330	1591	1044	576	41	0

Annexe3

Tableau 3. Besoins en eau d'irrigation unitaires des cultures m³/ha (Année Normale)

Cultures	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Agrumes	0	0	160	352	681	1071	1216	1073	618	253	0	0
Aubergine	0	0	0	170	647	1629	2072	1744	209	0	0	0
Pêcher	0	0	51	198	482	831	966	877	706	472	0	0
Choux fleur	0	0	0	0	0	0	0	0	577	489	36	0
Courgette	0	0	0	113	609	1630	1311	0	0	0	0	0
Oignon	0	0	166	585	1161	1418	0	0	0	0	0	0
Sorgo (Grain)	0	0	0	0	123	857	1778	1601	404	0	0	0
betterave	0	0	388	723	1115	0	0	0	0	0	0	0
Poivron	0	0	0	0	549	1226	1874	1732	250	0	0	0
Tomate	0	0	0	170	647	1633	2078	1749	210	0	0	0
Pomme de terre Ar Saison	0	0	0	0	0	0	0	164	426	444	60	0
Pomme de terre Saison	0	9	98	754	1296	1415	0	0	0	0	0	0
Salade	0	0	0	227	883	1645	1050	0	0	0	0	0
Haricot	0	0	0	90	629	1620	1047	0	0	0	0	0
Pastèque	0	0	0	0	345	1391	1760	828	0	0	0	0
Abricotier	0	0	51	198	482	831	966	874	474	277	0	0
Maïs (Grain)	0	0	0	0	173	1237	2171	1824	306	0	0	0
Pommier	0	0	80	249	548	911	1322	1584	1014	531	14	0

Annexe4

Tableau1 : exemple de calcul des charges opérationnelles pour un hectare d'agrumes en production, Densité : 6m x5m

OPERATIONS		MAIN D'OEUVRE			MATERIELS			APPROVISIONNEMENT			TOTAL
		Nbr jour	Coût unitair	Montant (DA)	Nbre D'heure	Coût unitair	Montant (DA)	Quantité	Coût unitair	Montant (DA)	
Travail du sol	Labour				04	500	2000				2000
	Disquage Simple				10	500	5000				5000
	Disquage Croisé				20	500	10000				10000
	Scarifiage				12	500	6000				6000
Engrais	N	03	500	1500				08 qx	1500	12000	13500
	P.K	01	500	500				05 qx	2500	12500	13000
	Organique	04	500	2000				20 t	300	6000	8000
Entretien	Taille	10	500	5000							5000
	Ramassage de bois	01	400	400							400
	Masticage	02	400	800				03qx	100	300	1100
	Badigeonnage	02	400	800				25kg	10	250	1050
Traitement	Fongicide	03	500	1500				04 kg	500	2000	3500
	Insecticide	03	500	1500				06 L	2500	15000	16500
	Herbicide	03	500	1500				10 L	1100	11000	12500
	-Désherbage manuel	12	400	4800							4800
Confection de Cuvette		10	400	4000							4000
Irrigation		24	500	12000				5000m ³	02.5	12500	24500
Récolte		20	500	10000						25000	10000
Transport ¹					15 Voyage	3000	45000				45000
V. Gardiennage jour et nuit		45	800	36.000							36000
TOTAL											221850

¹ Le coût de transport est estimé pour une distance de 50 Km (Du verger au marché de gros)