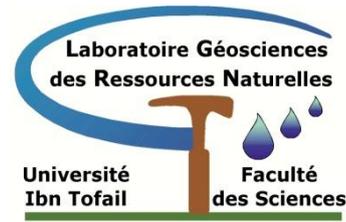




*Faculté des Sciences
BP.133, 14000 Kénitra, MAROC
Master Spécialisé en Sciences de l'Ingénieur*



*Laboratoire des Géosciences des Ressources Naturelles
Équipe Hydroinformatique*

MASTER SPECIALISÉ HYDROINFORMATIQUE & GÉNIE DE L'EAU

**Synthèse du Système d'Aide à la Décision (SAD)
Pour les Ressources en Eaux du Gharb**

Année universitaire 2011-2012

I. Contexte géographique

La plaine du Gharb correspond à une vaste cuvette située dans la partie aval du bassin de Sebou dont 80 % sont à une altitude inférieure à 20 m. Elle couvre une superficie d'environ 4000 km² et est limitée au Nord et à l'Est par les rides pré-rifaines, à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Sud par la région de Zemmour Maâmora.

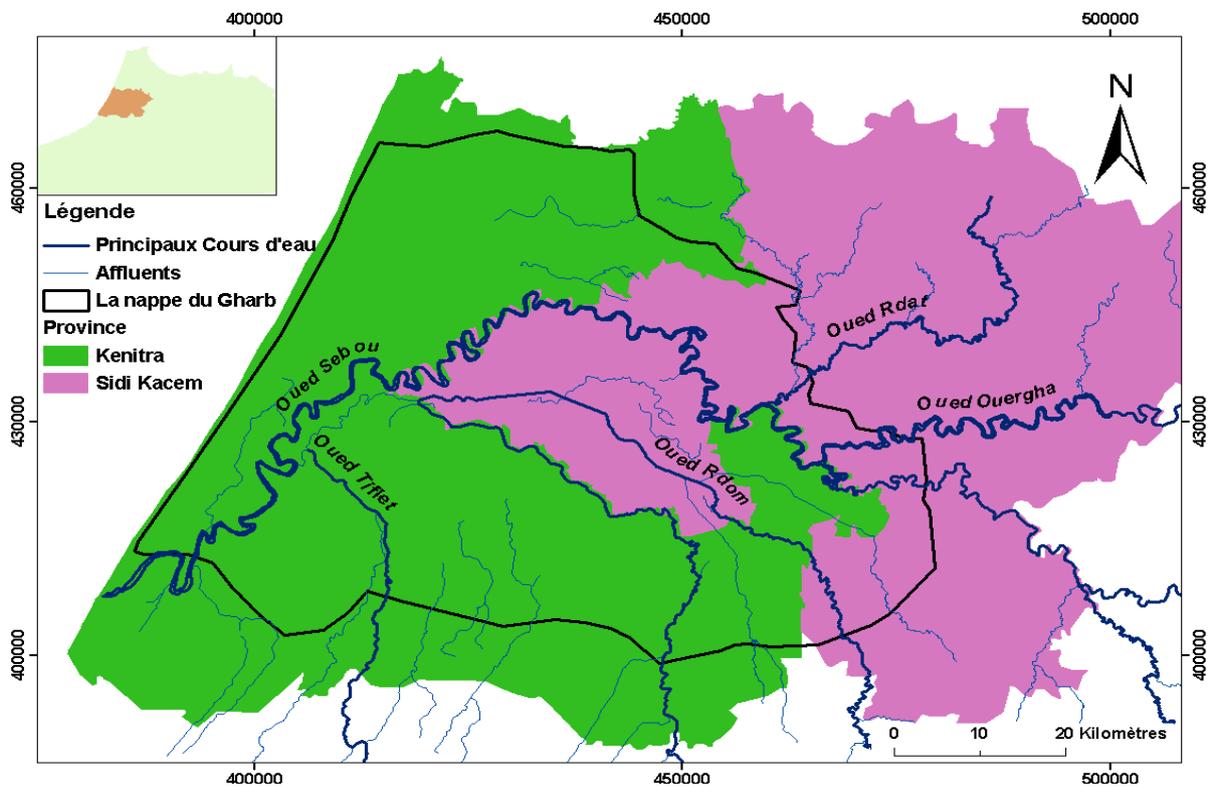


Fig. 1 : Situation géographique de la plaine du Gharb

II. Contexte climatique

Le climat de la région du Gharb est du type méditerranéen. Deux grandes saisons sont déterminées par le déplacement en hiver d'une masse d'air polaire et la montée en été d'une masse d'air tropical, le tout étant relié au déplacement de la zone anticyclonique des Açores. La plaine du Gharb est bien marquée par l'influence océanique, elle appartient à l'étage subhumide à hiver tempéré sur la frange côtière et à l'étage semi-aride à l'intérieure de la plaine et à l'Est.

a) Précipitations

On note une pluviométrie décroissante de l'Ouest à l'Est qui reflète l'influence océanique. La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 550 mm au niveau de la zone côtière, de 442 mm à l'intérieure de la plaine (Dar El Gueddari) et à 441 mm à l'Est de la plaine (Sidi Slimane). Les précipitations sont concentrées au cours d'une période qui s'étale de novembre à mars où il tombe généralement plus de 70% des volumes annuels. Les mois les plus pluvieux sont décembre et janvier. La période de juin à septembre est pratiquement sèche.

b) Température

On note des températures croissant de l'Ouest vers l'Est: La moyenne des températures annuelles est de l'ordre de 17,1°C dans la zone côtière (Mnasra), de 18,4°C à l'intérieur de la plaine (Dar El Gueddari), et de 20°C à l'Est de la plaine (Sidi Slimane). Les amplitudes thermiques sont moins accentuées dans la zone côtière qu'à l'intérieur de la plaine. Les gelées sont très rares sur la zone côtière, elles dépassent rarement un jour par an, alors qu'elles deviennent fréquentes à l'Est de la plaine (Sidi Slimane).

c) Évapotranspiration

L'évapotranspiration annuelle est de l'ordre de 1406 mm. Le déficit hydrique moyen atteint 985,5 mm/an. Il apparaît à partir du mois de mars et persiste jusqu'au mois d'octobre; au cours de cette période, l'irrigation devient nécessaire pour la croissance et le développement optimal des cultures. Le bilan hydrique climatique est positif de novembre à février.

d) Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air dans la zone côtière se situe en permanence autour de 80% avec de faibles différences saisonnières, et ne s'abaisse que rarement au dessous de 60% au cours des temps de Chergui (vent chaud soufflant de l'est). Elle varie entre des valeurs mensuelles moyennes de 94% à 6 h du matin en décembre et janvier, à 65% à midi au cours des mois de l'été. Les brouillards sont fréquents. On observe en général 60 jours de brouillard par an avec un maximum en été (août/septembre) et en hiver (janvier).

II. Contexte hydrogéologique

L'aquifère supérieur est constitué par des formations argilosilteuses du Quaternaire récent est rencontré dans la partie centrale du Gharb. Il est plutôt de qualité médiocre et présente un intérêt Hydrogéologique limité. La nappe profonde circule dans des terrains d'âge plioquaternaire que l'on peut subdiviser en deux faciès : un faciès à prédominance de niveaux graveleux et/ou conglomératiques, séparés par des niveaux limono-argileux (Est de la nappe) et un faciès à prédominance de niveaux sableux, de grés et de calcarénites, séparés par des niveaux limono-argileux (zone côtière et secteur Sud côté Maâmora). Dans le détail, des lentilles argileux semi perméables d'épaisseur variable s'intercalent entre les couches perméables. Cette configuration rend l'aquifère profond du Gharb multicouche. L'ensemble aquifère repose sur les marnes bleues du Miocène.

L'épaisseur saturée de l'aquifère varie de 50 à 150 m et elle est plus importante au centre de la plaine et s'amincit vers les bordures. Le niveau de la nappe est rencontré en général entre 5 et 20 m du sol et peut atteindre localement 40 m. L'écoulement général de la nappe se fait en direction du littoral océanique.

L'aquifère profond est captif sur une grande partie du bassin du Gharb et libre le long des affleurements ouest (Zone d'El Manasra) et des affleurements Est. Sur le plan hydrodynamique, les valeurs les plus fréquentes de la transmissivité sont comprises entre 10^{-3} et $10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$.

Entrées de la nappe en Mm ³ /an	Mm³/an
Infiltration des eaux de pluie	80
Infiltration par lits des oueds	60
Drainage par la Maâmora	38
Retour d'irrigation	46
Entrées totales	224
Sorties de la nappe en Mm ³ /an	
Écoulement vers la mer	13
Prélèvements AEP	16
Prélèvements agricoles	232
Sorties totales	261
Bilan de la nappe	-37

Tab. 1 : Bilan hydraulique du système aquifère du Gharb (ABHS, 2005)

III. Évaluation de la demande en eaux

À l'échelle du Gharb, on distingue globalement trois principaux types d'usages en termes de la demande en eau, notamment : L'agriculture, les Ménages et les industries.

a) La demande agricole

Ce périmètre correspond au tronçon du bassin compris entre la confluence avec l'oued Ouergha à l'amont et le barrage de Garde à l'aval. Ce tronçon bénéficie de la réalimentation qui transite par les deux axes hydrauliques des oueds Sebou et Ouergha.

Désignation de l'unité	Ressources Disponibles	Surface irriguée (ha)	Besoin moyen (m ³ /ha/an)
Secteurs : S1, S5, S7, S9, S11, S13, S17	Oued Sebou en aval de la confluence Ouergha	20 727	9 294
Secteur S3	Oued Sebou en aval de la confluence Ouergha	18 752	8 667
Secteur Moghrane-Tazi	Oued Sebou en aval de la confluence Ouergha	15 855	3 579
STI gravitaire, secteurs : C1, C2, C4, N1 riz, M'Da, N9	Oued Sebou en aval de la confluence Ouergha	6 880	3 708
STI aspersion, secteurs : C2, C3, N1 assolé, N2, N3, N4,	Oued Sebou en aval de la confluence Ouergha	10 672	7 414
TTI secteurs Est E1, E4	Nappe du Gharb	16 998	6 113
Privés	Nappe côtière du Gharb	38 183	4 019
Côtier	Nappe côtière de Gharb	8 872	6 319

Tab. 2 : Synthèse de la demande agricole du Gharb (ABHS, 2006)

b) La demande domestique

Dans la plaine du Gharb, la demande en eau potable est prédominée par : les ménages, le mode de desserte et la dotation unitaire :

- **La population**

En se basant sur les données du dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitat RGPH (2004), et les fiches besoin de l'ONEP, on a pu estimer la population actuelle des différents centres de la plaine :

Province	Kénitra	Sidi Kacem
Nombre de centre urbain	6	8
Population urbaine	592700	153800
Nombre de centre ruraux	18	32
Population rurale	458700	465850

Tab. 3 : Population de la plaine du Gharb

- **Le mode de desserte**

Dans le milieu Rural, quatre modes de desserte son identifiés, il est possible que certains modes coexiste au niveau de la même localité; à savoir :

- Alimentation par Branchement Individuel (BI).
- Alimentation par Borne Fontaine (BF).
- Alimentation à partir des points d'eau aménagés (PEA) : c'est l'alimentation à partir des sources et des puits aménagés pour assurer la desserte en eau potable de la population locale.
- Alimentation à partir des points d'eau non aménagés (PENA) : c'est l'alimentation à partir des sources, des puits, des oueds, des seguias et des canaux d'irrigation.

Province	Population Alimentée par BI	Population Alimentée par BF	Population Alimentée par PEA	Population Alimentée Par PENA
Kenitra	13,70%	26,40%	1,40%	58,50%
Sidi kacem	18,00%	70,80%	3,30%	7,80%

Tab. 4 : Situation de desserte en eau potable de la population rurale (ABHS, 2008)

- **La dotation journalière individuelle**

Elle correspond à la quantité d'eau consommée par jour par habitant, ce paramètre est difficile à déterminer puisqu'il est variable dans le temps et selon le mode de desserte des deux milieux :

I. Dans le milieu urbain

La plaine du Gharb abrite de nombreuses unités industrielles, dont la majorité se situe à l'intérieur des centres urbains ou à leurs périphéries immédiates, et partagent le même réseau d'alimentation en eau potable. De ce fait, un autre paramètre est défini à noter : la Dotation Nette Globale en eau qui tient compte de la consommation de la population, des industries et des administrations. Le tableau ci-dessous résume la dotation nette globale des centres urbains de chacune des provinces de la plaine:

Province	Nombre de centre	Dotation nette globale (l/hab/jour)
Sidi Kacem	8	103
Kénitra	6	131

Tab. 5 : Dotation journalière moyenne de la population urbaine

II. Dans le milieu rural

La dotation journalière individuelle de la population rurale dans le Gharb a été définie à partir des enquêtes menées par l'ONEP (l'Office National de l'Eau Potable) dans l'ensemble de la plaine. Elle varie en moyenne entre 15 L/hab/j et 40 L/hab/j selon le mode de desserte.

Mode de desserte	Branchement individuel (BI)	Borne Fontaine (BF)	Points d'eau aménagés (PEA)	Points d'eau non aménagés (PENA)
Dotation unitaire (l/Hab/jour)	40	15	23	23

Tab. 6: Dotations unitaires des différents modes de desserte de la population rurale (ABHS, 2008)

III. La demande industrielle

La plaine du Gharb abrite de nombreuses unités industrielles, dont la majorité est située à l'intérieur des centres, ou à leur périphérie immédiate. Ces dernières sont généralement alimentées à partir des réseaux d'eau potable, et par conséquent, leurs consommations sont incluses dans celles des centres urbains. Les autres unités industrielles, dont le nombre doit être très limité, sont généralement situées plus loin des centres et sont alimentées à partir des ressources appropriées.

Type d'activité	Province	Consommation en eau Mm ³ /an
Sucrierie	Kenitra	0,95
	Sidi Kacem	1,24
Papeterie	Kenitra	26,76
Raffinage de pétrole	Sidi Kacem	0,55
Transformation d'algue	Kenitra	0,46
Laiterie, Fromagerie	Kenitra	0,0428

Tab. 7 : Consommation annuelle des industries isolées du bassin du Gharb (ABHS, 2008)

Type d'activité	Province	Consommation en eau m ³ /an
Abattoirs	Kenitra	47 211
	Sidi Kacem	11 800
Tannerie	Sidi Kacem	3 479
	Kénitra	73 043
Huilerie	Sidi Kacem	13 333

Tab. 8 : Consommation annuelle des industries intra-urbaines du Gharb (ABHS, 2008)

IV. L'approche d'aide à la décision

Afin de proposer un modèle de gestion intégrée pour les ressources en eaux, le décideur doit tenir compte des alertes du système hydrique et dans le cadre d'un compromis acceptable et moins contraignant pour les différents intervenants. C'est à ce niveau que l'approche des « Systèmes d'Aide à la Décision » (SAD) peut venir en aide au gestionnaire; à travers des outils et des méthodes qui visent à modéliser, à restituer et à analyser un ensemble complexe de données, en vue de permettre aux responsables d'avoir un aperçu sur l'activité traitée, et de visualiser aussi clairement les inerties du système.

1) Les outils d'aide à la décision

Les systèmes d'informations géographiques (SIG) : Ces outils logiciels offre une vaste gamme de fonctionnalité permettant l'analyse et le traitement de données à référence spatiale dans le but donner un aperçu clair sur le comportement du système.

Les plateformes d'Aide à la Décision: en outre de l'analyse spatiale assurée par les SIG, les environnements du SAD offre la possibilité de visualisation des scénarios, ils sont adaptés aux thématiques du concept de la gestion intégrée ainsi que la simulation de l'ensemble des processus physiques, chimiques et parfois socioéconomiques de la zone d'étude. Dans la plupart des cas, ces systèmes intègrent des fonctions d'un SGBD (système de gestion de base de données).

2) Les étapes de l'établissement d'un SAD

Collecte de données: après avoir défini l'objectif, la portée et les attentes du projet, le décideur est amené à collecter les données nécessaires, il s'agit de deux types de données : spatiales et physiques. Les données spatiales géolocalisent les différentes entités du système (sites de demande, nappes, rivières, barrages...). Or, les données physiques représentent les caractéristiques de ces entités (le niveau d'activité annuel d'un site de demande, volume mobilisable d'une nappe, débit mensuel d'une rivière,...).

Analyse : cette étape consiste à analyser les contraintes de la demande en eaux, tout en identifiant les secteurs exerçant une pression sur les ressources, ainsi que les attributs de ces secteurs (Exemple, pour la demande domestique: on distingue un certain nombre de personnes avec une dotation journalière; pour le secteur agricole: une superficie attribuée à une consommation annuelle,...).

Conception: à ce niveau, le décideur est amené à proposer un modèle décrivant le déroulement fonctionnel du système hydrique, en terme de la dualité « Demande-Ressource », et cerner toutes les contraintes analogiques entre ce modèle et la réalité. On pourrait en outre élaborer des scénarios et des hypothèses, afin d'étudier l'impact d'un risque naturel, une évolution démographique, ou une action industrielle sur les ressources en eaux.

Implémentation: après avoir finalisé le modèle, il serait possible de l'exécuter sur la plateforme, et passer à l'édition des résultats obtenus pour chacun des scénarios et hypothèses élaborés.

Post-Analyse: cette étape consiste à refaire l'analyse sectorielle et attributaire pour les résultats comme pour les données, afin de définir une matrice des alertes sur les différents aspects étudiés.

Prise de Décision: à la lumière des alertes analysées, le décideur pourrait proposer certaines mesures en collaboration avec les différents acteurs de gestion, et étudier ainsi la possibilité de leur mise en place dans un cadre plus rationnel et moins contraignant.

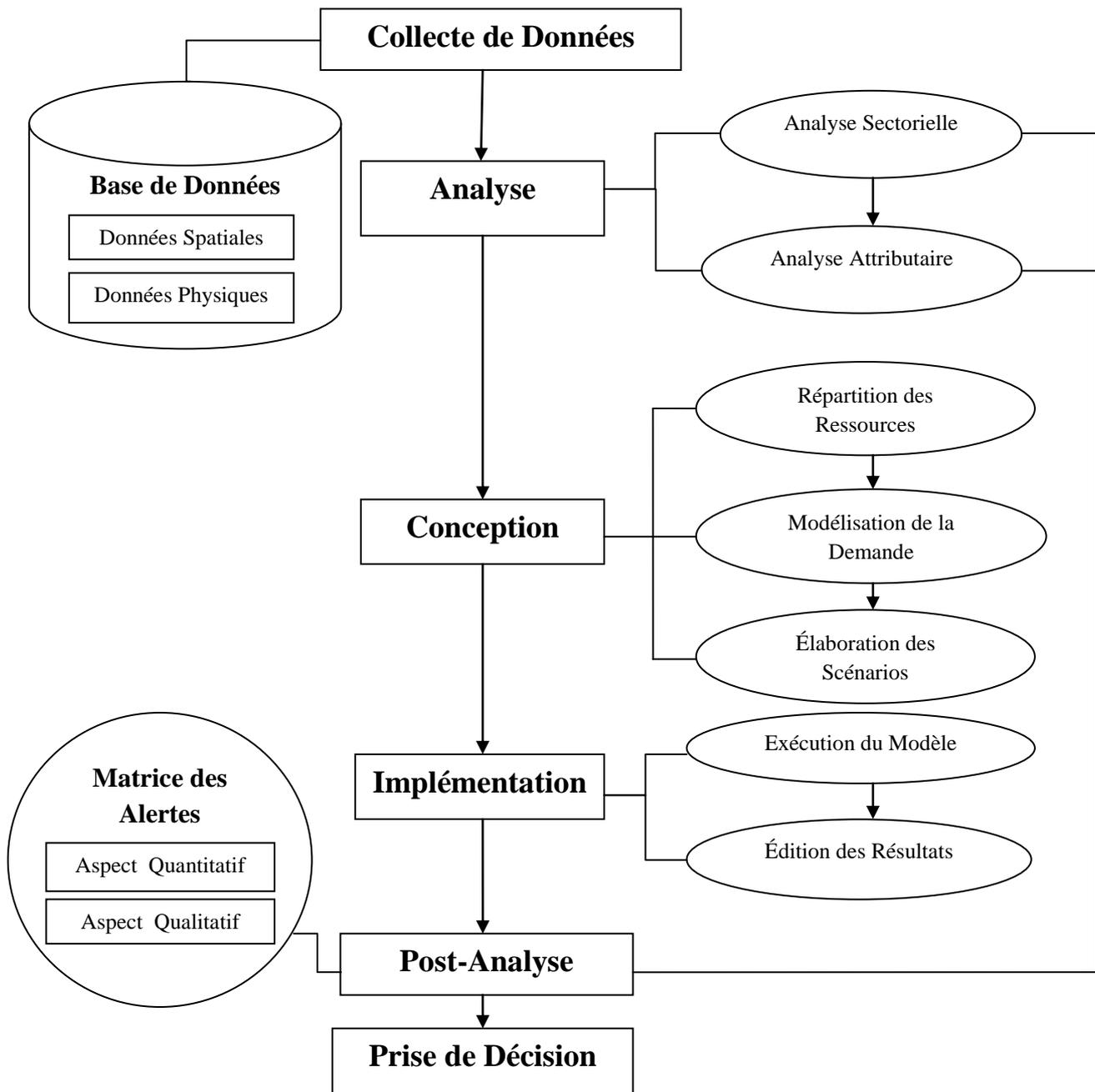


Fig. 2: Étapes de l'établissement d'un SAD

V. Élaboration des scénarios tendanciels

Scénario I : Accroissement de la Population

Ce scénario étudie l'impact de l'accroissement de la population sur les ressources en eaux du Gharb, en tenant compte des hypothèses de l'accroissement de la demande industrielle domestique vers l'horizon de 2030 :

Province	Kénitra	Sidi Kacem
Taux d'accroissement urbain (%)	5	3,4
Taux d'accroissement rural (%)	2,2	0,6

Tab. 9 : Hypothèse d'accroissement de la population rurale durant la période (2011-2030)

- **La demande industrielle future**

Le calcul des besoins en eaux des unités industrielles est effectué sur la base des taux d'accroissement prévus dans l'ensemble de la plaine pour chacune des industries .

L'industrie	Taux d'accroissement (%)
Huilerie	4
Sucrierie	1
Papeterie	2
Laiterie	4
Tannerie	2
Abattoirs	1
Transformation des algues	1

Tab. 10: Évolution de la demande industrielle en eaux (ABHS, 2005)

Scénario II: Extension des Périmètres Agricoles du Gharb

Ce scénario étudie l'impact de l'extension des superficies agricoles du bassin sur les ressources en eaux. Selon les données de (ABHS, 2008), Le Programme de Résorption du Décalage entre les Barrages et l'Aménagement Hydro-agricole dans le Bassin du Sebou prévoit à terme (l'horizon de 2030) l'aménagement de 65 123 Ha en grande hydraulique dans la plaine du Gharb et la réhabilitation de superficies déjà aménagées avec une conversion en irrigation économe en eau. Ces nouveaux aménagements sont programmés en trois phases la figure ci-après donne la situation des superficies projetées :

Tranche d'extension	Identifiant	Intitulé	Superficie en (Ha)
Tranche I	GHTT_Z6	Nouveau secteur TTI Z6	13 383
Tranche II	GHTT_Z12	GH secteurs TTI nouveaux Z1 et Z2	25 420
Tranche III	GHTT_Z34	GH secteurs TTI nouveaux Z3 et Z4	26 320
Total des nouvelles superficies			65 123

Tab. 11: Synthèse des superficies agricoles projetées dans la plaine du Gharb (ABHS, 2008)

Scénario III : Le Changement Climatique

Ce scénario étudie l'impact du changement climatique sur les ressources souterraines du Gharb en tenant compte des deux premiers scénarios (l'accroissement de la population et l'extension de périmètres agricoles du Gharb). La simulation de la variabilité des recharges pluviales sous le Weap décrit l'aspect quantitatif de la nappe dans les deux prochaines décennies. D'après l'Étude du Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eaux du bassin de Sebou (PDAIRE), l'analyse pluviométrique de la nappe du Gharb est basée sur les données des stations Lalla Mimouna, Sidi Slimane, Kénitra et une station côtière. Le graphe ci-dessous donne les variations des précipitations moyennes au long des quatre dernières décennies.

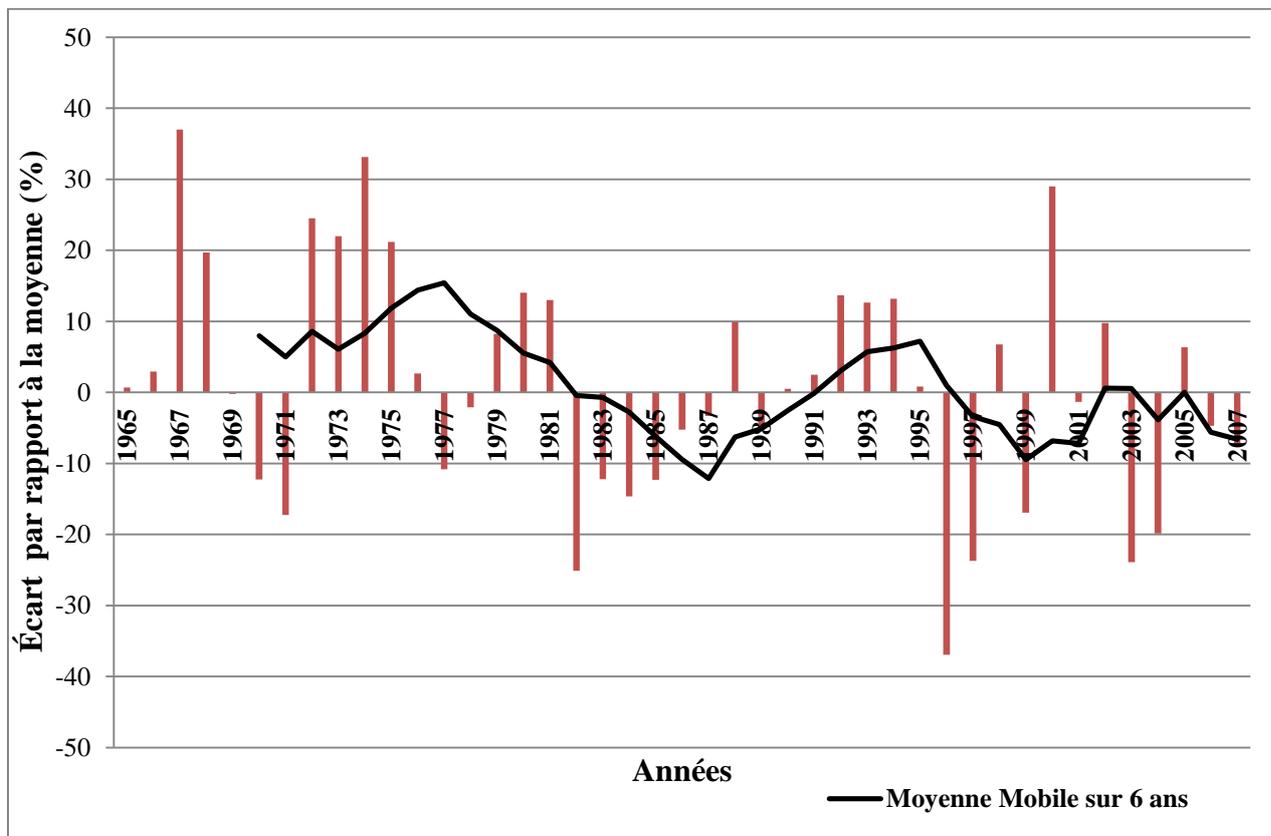


Fig. 3 : Graphe d'écart par rapport à la moyenne des précipitations du Gharb (période 65-07)

- **La méthode de l'année hydrologique**

La méthode de « l'Année Hydrologique » est un moyen qui permet de représenter la variabilité des recharges pluviales d'une nappe en fonction des aléas climatiques, elle implique en premier les régimes climatiques (Très sec, sec, très humide, humide) relativement à une année normale, à qui on attribue la valeur 0. Les années sèches ont une valeur inférieure à 0, les années humides ont une valeur supérieure à 0, selon le régime des précipitations, les années très sèches sont inférieures -10; or les années très humides sont supérieures 10. Les tendances ci-dessus vont être introduites au présent scénario sous forme d'hypothèses-clés, à travers lesquelles le WEAP prévoirait l'évolution des recharges pluviales, et finalement le volume mobilisable approprié. Il est à signaler que ce scénario hérite toutes les données et les hypothèses des deux premiers scénarios, (compte tenu de l'accroissement de la population et l'extension de périmètres agricoles du Gharb).

VI. Résultats de la simulation sous WEAP

a) La demande domestique et industrielle

À l'échelle de la plaine du Gharb, et face à l'accroissement de la population ; la demande en eaux augmente de 75 Mm^3 en 2011 à 148 Mm^3 en 2030, soit une augmentation de 50 %. Le graphique ci-dessous raffine le résultat selon le milieu urbain, rural et industriel :

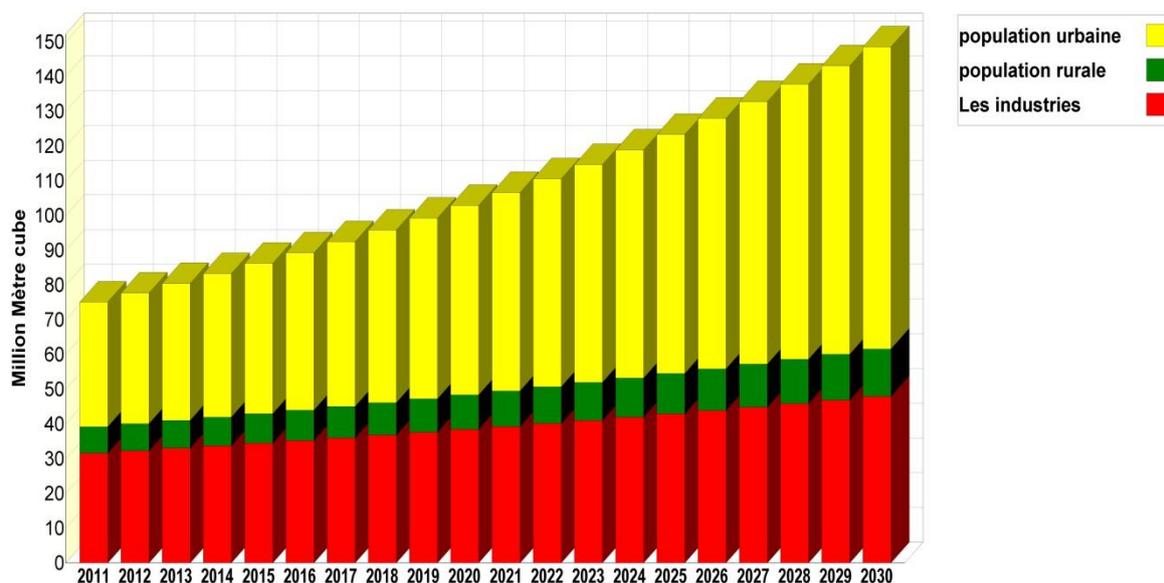


Fig. 4 : Évolution de la demande urbaine, rurale et industrielle en eaux

b) La demande agricole

D'après le graphique ci-dessus, la demande agricole totale augmente de $809,66 \text{ Mm}^3$ en 2011 à $1187,52 \text{ Mm}^3$ en 2030, soit une augmentation de 31 %, dont 72 % devrait être assurée par les eaux de surface et 28 % de la nappe de Gharb (programme de l'économie de l'eau).

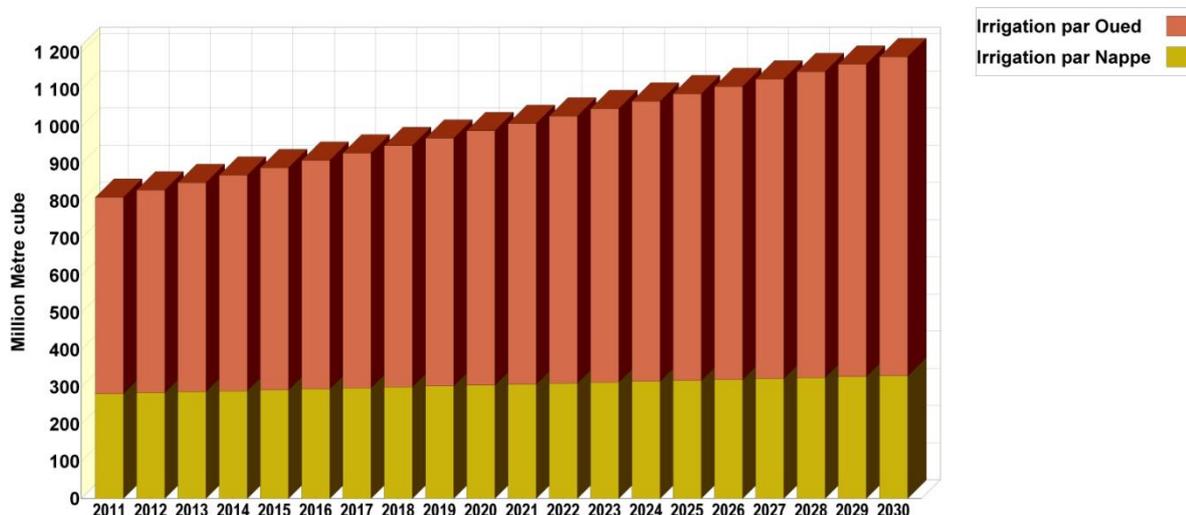


Fig. 5 : Évolution de la demande agricole dans la plaine du Gharb

c) La nappe du Gharb

D'après de la figure ci-dessous, le volume reste stable (224 Mm³) jusqu'au janvier 2021 où il commence à diminuer à 113,19 Mm³ en 2030, soit une diminution d'environ 50% :

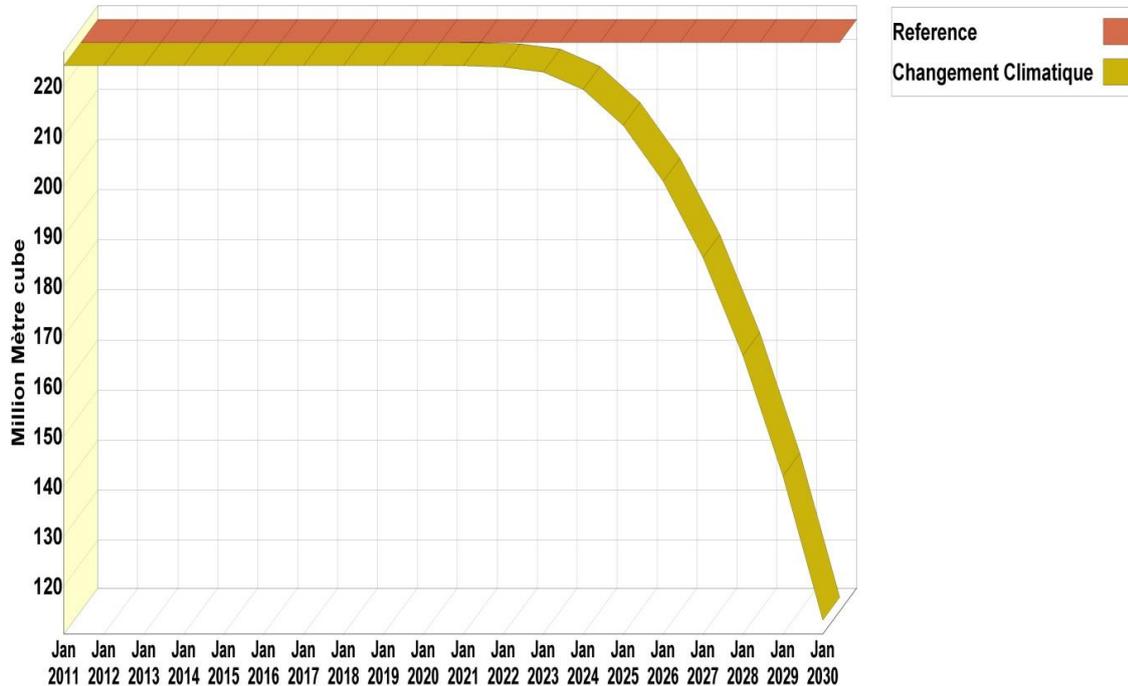


Fig. 6 : Évolution du volume mobilisable de la nappe de Gharb

Comme l'indique la figure 7, les recharges naturelles qui constituent la principale entrée de la nappe (57 % des entrées totales en 2011) tendent à diminuer en raison du changement climatique à 201 Mm³ en 2030. Or, le retour d'irrigation accroît au long de l'exécution du projet de l'extension des périmètres agricoles de 162 Mm³ à 237 Mm³ en 2030, ce qui stabilise relativement le niveau de la nappe. Pour les sorties, on distingue un volume prélevé de 280 Mm³ destiné à l'agriculture et qui augmente à 330 Mm³ en 2030. Face à l'accroissement de la demande domestique et industrielle, le volume prélevé pour l'AEP augmente de 75 Mm³ en 2011 à 148,6 Mm³ en 2030; finalement le débit « débordement » qui représente l'écart entre les entrées (recharges naturelles + débit de retour) et les sorties de la nappe, diminue à partir de 2011 (30,75 Mm³) en dégradant légèrement le volume de la nappe afin de s'annuler en 2023, où le stockage décroît pour atteindre en janvier 2030 la valeur 113 Mm³, ce qui explique le résultat observé dans la figure 6.

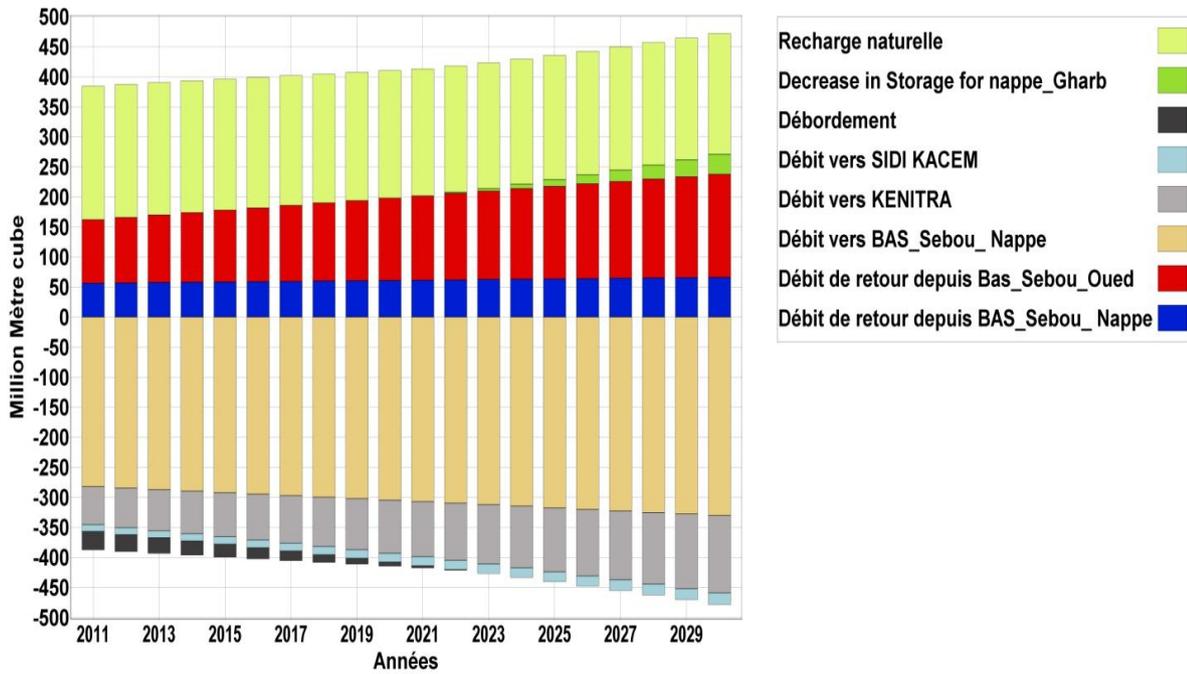


Fig. 7 : Débit entrant et sortant de la nappe du Gharb

d) Pollution d'origine domestique et industrielle

Comme l'indique la figure 33, en 2011, le flux brut des polluants DBO5, DCO, N et MES est respectivement de 44, 64, 49 et 23 mille Tonne. Face à l'accroissement des rejets d'origine domestique et industrielle, ces valeurs augmentent à 89, 162, 79 et 59 mille Tonne en 2030.

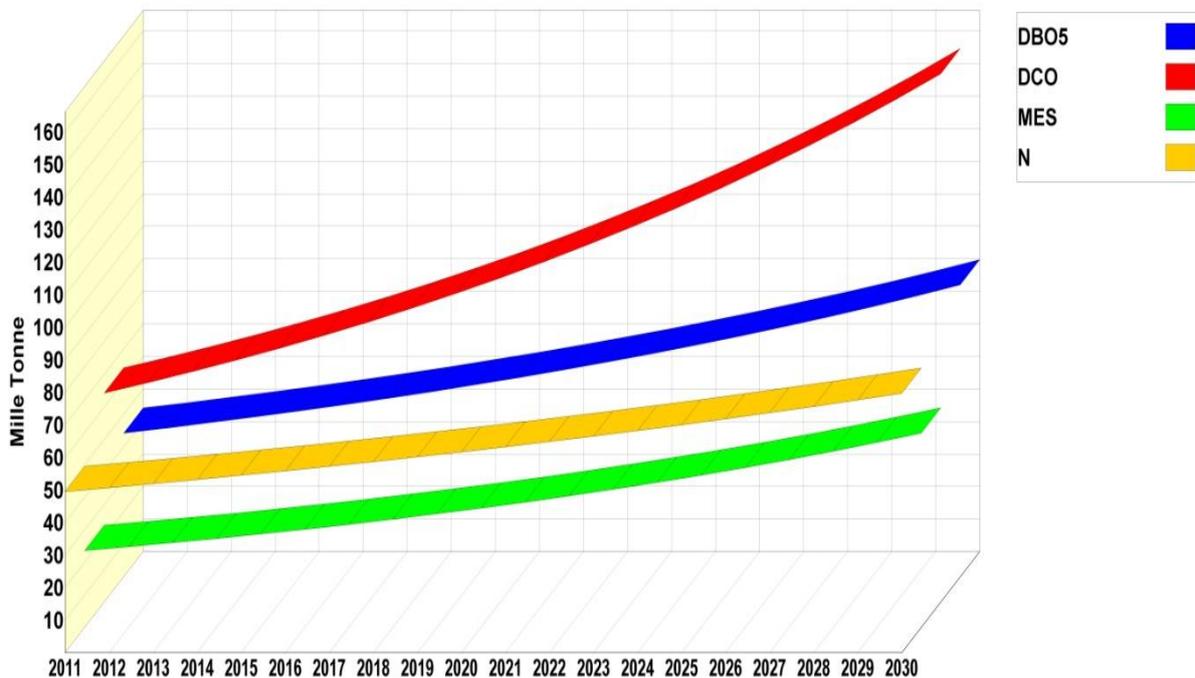


Fig. 8 : Flux brut des polluants d'origine domestique et industrielle

1) Pollution des eaux de surface

Afin d'évaluer l'état qualitatif des eaux de surface du Gharb, on a eu recours à une grille d'état, qui attribue à chacune des concentrations obtenues une qualité théorique (tableau 12).

Qualité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise	Très Mauvaise
DBO5 (mg/l)	3	5	10	25	>25
DCO (mg/l)	10	25	40	80	>80
P (mg/l)	0,1	0,3	0,5	3	>3
N (mg/l)	1	2	6	12	>12
MES (mg/l)	25	50	100	150	>150
Cr (µg/l)			50	100	>100

Tab. 12 : Grille de la qualité des eaux de surface
(Secrétariat d'état chargé de l'eau et de l'environnement, 2011)

Il ressort de l'analyse du tableau ci-dessous, que la qualité des eaux superficielles est caractérisée par une grande disparité géographique, et dépendamment du potentiel socioéconomique des sites qui environnent les principaux oueds de la plaine, on constate en effet que la qualité physicochimique globale est:

- « **Excellente** » à « **Bonne** » au niveau de l'amont de la plaine (moyen Sebou Aval), et en aval d'Ouergha, cela est dû au fait que ces tronçons sont moins exposés aux rejets domestiques et industrielles (un faible potentiel socioéconomique).
- « **Mauvaise** » à « **Très mauvaise** » entraînée par les teneurs en matière organique (DBO, DCO), phosphore, azote et la matière en suspension (MES) au niveau du Bas Sebou et Rdom, cette pollution résulte des deux principales villes du Gharb (Kenitra, Sidi Kacem) et qui se situent à proximité de ces cours d'eau. Face à l'accroissement de la population et la production industrielle vers l'horizon de 2030, ces concentrations augmenteront et nuiront de plus en plus à la qualité des eaux de surface.

	DBO5 (mg/l)			DCO (mg/l)			N (mg/l)			P (mg/l)			MES (mg/l)			Cr (µg/l)		
	2011	2020	2030	2011	2020	2030	2011	2020	2030	2011	2020	2030	2011	2020	2030	2011	2020	2030
Moyen Sebou aval	0,39	0,585	0,78	0,82	1,17	1,52	0,22	0,29	0,36	0,22	0,23	0,24	0,58	0,755	0,93	0	0	0
Bas Sebou	12,43	13,645	14,86	36,89	40,07	43,25	2,96	3,55	4,14	0,89	0,92	0,95	11,87	13,05	14,23	20	25	32
Ouergha aval	2,05	2,26	2,47	5,11	5,64	6,17	0,7	0,775	0,85	0,16	0,175	0,19	2,57	2,84	3,11	0	0	0
Rdom	23,49	34,815	46,14	51,22	87,015	122,81	29,67	38,385	47,1	1,8	2,535	3,27	15,41	26,995	38,58	240	290	360

Tab. 13: Concentration moyenne des polluants dans les principaux cours d'eau du Gharb

2) Pollution des eaux souterraines

a) Pollution d'origine domestique et industrielle

La nappe du Gharb est menacée par une forte pollution issue principalement des rejets domestiques, industriels et les décharges publiques, le tableau ci-après donne le flux brut des polluants vers la nappe du Gharb.

DBO5 (mille tonne)		DCO (mille tonne)		N (mille tonne)		P (mille tonne)		MES (mille tonne)		Cr (mille tonne)	
2011	2030	2011	2030	2011	2030	2011	2030	2011	2030	2011	2030
20,28	34,5	22,84	53,38	7,13	12,16	0,93	1,65	8,89	20,55	0,01	0,23

Tab.14: Flux brut des polluants vers la nappe du Gharb

b) Pollution d'origine agricole

Étant donné que le potentiel agricole de la plaine du Gharb devient de plus en plus important et face aux extensions prévues vers l'horizon de 2030, le recours aux produits agrochimiques (fertilisants et/ou pesticides) serait incontournable, D'après la figure 8, le flux des nitrates et du phosphate accroît respectivement de 843, 4854 tonne en 2011 à 6798 et 1181 tonne en 2030 (en raison de l'accroissement de l'activité agricole).

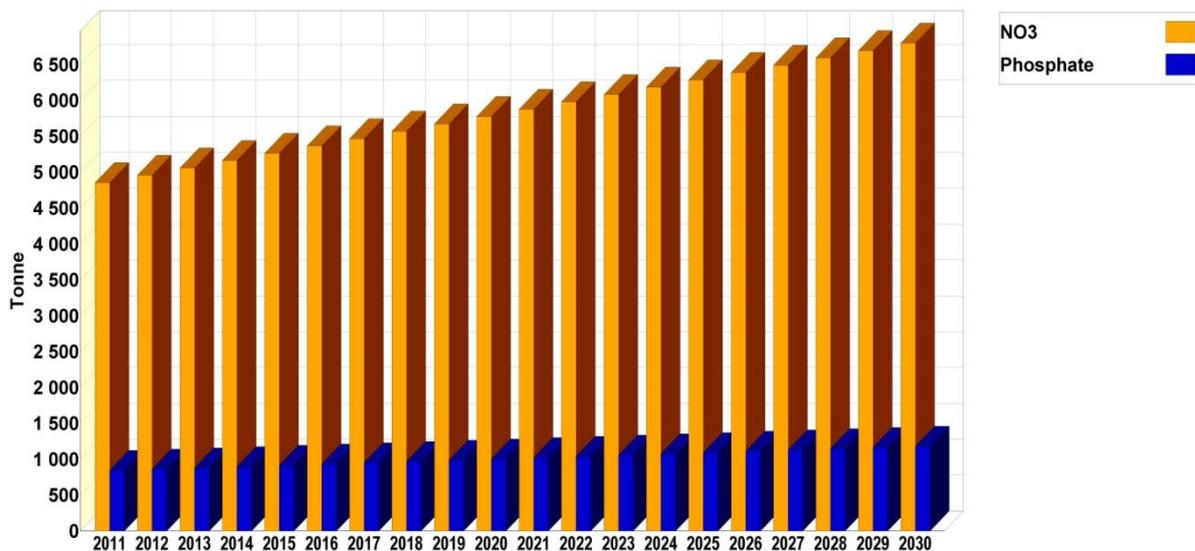


Fig. 9 : Flux brut des nitrates et du phosphate vers la nappe du Gharb

VII. Discussions et recommandations

a) Optimisation des ressources souterraines

Il est à signaler plus que 87% des eaux prélevées pour les industries de la plaine, sont allouées à la papeterie (un débit qui est évalué à 27 Mm³: soit 12 % des ressources souterraines, uniquement pour les deux structures: CMCP, et cellulose du Maroc). En effet, cette valeur devient de plus en plus inquiétante face à la demande domestique et industrielle qui ne cesse d'augmenter (37 Mm³ vers l'horizon de 2030, selon l'hypothèse du PDAIRE, Figure 9).

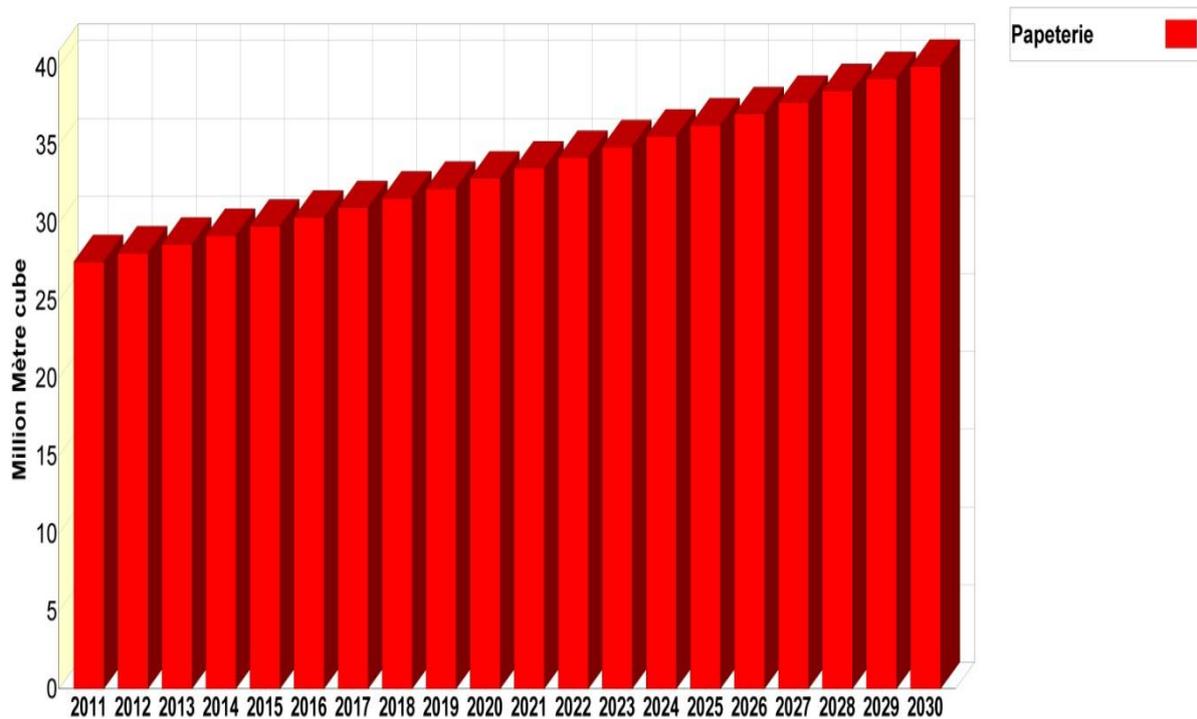


Fig. 10 : Évolution de la demande du secteur de la papeterie

Dans la conjoncture actuelle, il est difficile de maîtriser les prélèvements souterrains (particulièrement les prélèvements anarchiques qui entravent toute tentative de gestion intégrée). En revanche, on pourra contrôler les prélèvements industriels (dont on connaît la localisation géographique et le volume prélevé), ce contrôle aura lieu à travers des politiques (un cadre institutionnel) résolument tournés vers le développement durable des ressources en eaux. Á ce niveau, on propose le scénario « Optimisation des Ressources Souterraines du Gharb » qui met en évidence une mesure de contrôle des pompes destinés au secteur de la papeterie (exploiter une ressource alternative : les eaux de surface); la figure ci-dessous montre l'impact de cette mesure sur l'évolution des ressources mobilisables de la nappe du Gharb en comparaison avec le Scénario « référence » (scénario III) :

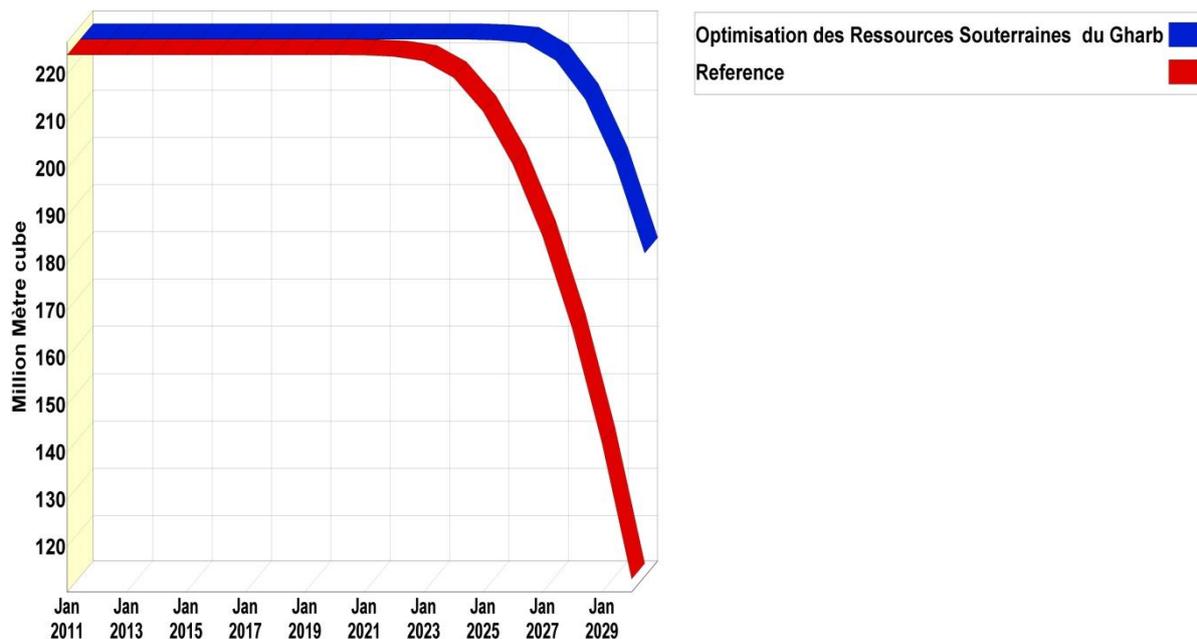


Fig. 11 : Évolution du volume mobilisable de la nappe du Gharb

Comme il a été vu précédemment, les ressources souterraines du Gharb sont menacées par un déficit de 50 % vers l'horizon de 2030 (compte tenu de l'accroissement démographique, l'extension des périmètres agricoles et le changement climatique : Scénario III). Or, si on met en œuvre une politique préventive qui consiste à interdire tout pompage destiné à la papeterie en exploitant une ressource alternative (eaux de surface), la nappe serait relativement stable et il serait possible d'optimiser jusqu'au 29 % des ressources, soit 65 Mm³.

b) Lutte contre la pollution des eaux souterraines

Face à l'accroissement futur des rejets (solides) domestiques et industriels, et si l'on ne prend pas de mesures de gestion dans un cadre logique et réalisable, la situation serait catastrophique, notamment:

- Définir des périmètres d'interdiction des décharges publiques dans les zones qui renferme la nappe du Gharb.
- Établir un cadre institutionnel (sévère) pour la gestion des déchets solides, auprès des différentes unités industrielles situées dans ces zones de la nappe.

Comme l'indique les résultats de la simulation, la nappe du Gharb est menacée par une pollution agricole (contamination par les nitrates et du phosphore), cela est dû à l'immensité des périmètres agricoles situés sur la nappe, ce qui favorise en effet l'intrusion des polluants par lessivage. L'analyse des résultats ci-dessus permet de soulever un enjeu majeur qui repose sur l'utilisation des produits agrochimiques aux normes de la qualité qui conforme à des teneurs acceptables des nitrates et du phosphate.