

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université des Sciences et de la Technologie d'Oran**  
**Mohamed BOUDIAF**

**FACULTE D'ARCHITECTURE ET DE GENIE CIVIL**  
**DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE**

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER

**Spécialité : HYDRAULIQUE**

**Option : Hydraulique fluviale et protection contre les inondations**

Elaboré par:

**BOUKLIA-HASSANE Rachid**

THEME

**Contribution à la gestion de l'eau dans la  
ville d'Oran**

Soutenu le .....2011

Devant le Jury composé de :

<b>M. TIDJANI Abdellatif El-Bari</b>	M.C. (A)	Usto	Président
<b>M. CHERIF El-Amine</b>	M.C. (A)	Usto	Examineur
<b>M. BOUDJEMLINE Djamel</b>	M.C. (A)	Usto	Examineur
<b>M. YEBDRI Djilali</b>	M.C. (A)	Usto	Rapporteur

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A ma très chère Mère et mon très cher Père*

*qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes  
études*

*qui ont veillé pour mon bien être*

*qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie*

*A eux que j'aime et que je respecte infiniment, Le jour est venu  
pour leur dire Merci...*

*A mes chers frères Farik, Mehdi et Riad,*

*Ainsi qu'à Nihel et Nahla.*

*A la mémoire de mon Grand-Père.*

*A ma Grand-Mère, tous mes oncles et toutes mes tantes, cousins  
et cousines.*

*A toute la famille BOUKLJA.*

*Mes derniers remerciements, et ce ne sont pas les moindres, vont  
à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à  
l'aboutissement de ce travail.*

# Remerciements

Je tiens à exprimer mes remerciements à Monsieur le Professeur YEBDRI Djilali, mon Directeur de mémoire, qui m'a consacré de son temps et de sa patience pour m'écouter tout au long de la réalisation de ce mémoire, qui m'a aidé et m'a inculqué la rigueur du travail scientifique, qui a permis à ce travail de voir le jour. Qu'il accepte ici l'expression de mon humble reconnaissance.

Je voudrais aussi dire un grand merci aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce mémoire, de me faire part de leurs remarques pertinentes qui me permettront d'enrichir ce travail et m'ouvriront sans nul doute de nouvelles pistes.

Je veux également exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude à tous mes enseignants et enseignantes de notre belle Faculté pour l'enseignement qu'ils m'ont patiemment prodigué durant des années et qui m'ont permis d'accéder aujourd'hui à une formation universitaire de qualité. Dieu vous récompensera.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à tous mes proches et amis qui m'ont soutenu et encouragé avec leur générosité naturelle mais combien précieuse tout au long de nos belles années universitaires et particulièrement durant la réalisation de ce mémoire.

A toutes et à tous, je voudrais dire Merci.

## **Résumé**

La gestion des ressources en eau est un domaine complexe à maîtriser pour plusieurs raisons: multiplication et concentration des usages en situation d'interdépendance, diversité de l'organisation socio-économique des usagers... Cette complexité nous interroge sur la pertinence et la faisabilité d'une gestion intégrée des ressources en eau dans un hydrosystème complexe tel que la wilaya d'Oran où le stress hydrique est la source de nombreux conflits.

Oran représente la deuxième ville d'Algérie et une des plus grandes métropoles du Maghreb. Sa wilaya, d'une superficie de 2144 km<sup>2</sup> et une population dépassant les 1500000 habitants, présente la particularité d'une grande dépendance dans l'alimentation en eau liée à de nombreux transferts régionaux.

Ce travail présente un aspect double. C'est ainsi que l'état actuel des ressources en eau de la Wilaya confrontées à la demande en eau émanant des différents utilisateurs est présenté dans un premier lieu. Une évolution dans le temps des ressources et des besoins en eau afin d'anticiper les contraintes futures, est présentée en second lieu. Pour ceci, la modélisation hydrologique et la simulation dynamique des changements de structure et de paramètres des systèmes hydrauliques est adopté par le biais du modèle WEAP (Water Evaluation and Planning System).

Les résultats obtenus sont très intéressants et forment un système d'aide à la décision pour une gestion efficace et intégrée de la ressource en eau dans la ville d'Oran.

*Mots clés: Modélisation hydrologique, Gestion de l'eau, Simulations, Modèle WEAP, Ressources en eau, Demande en eau, Wilaya d'Oran.*

## **Abstract**

Management of water resources is a complex area to control for several reasons: multiplication and concentration of uses in a situation of interdependence, diversity of the socio-economic users ... This complexity makes us question the relevance and feasibility of an integrated management of water resources in a complex hydrosystem as the Oran's one where water stress is the source of many conflicts.

Oran is Algeria's second city and one of the largest cities of the Maghreb. This Department, with an area of 2144 km<sup>2</sup> and a population over 1.5 million inhabitants, has the particularity of a dependency of the water supply to many regional transfers.

This work presents a double aspect. The current state of water resources of the Wilaya facing water demand from the different users is presented in the first part. To anticipate future constraints, a temporal evolution of water resources and of needs, is presented in the second part. For this, hydrological modeling and dynamic simulation of changes in structure and parameters of hydraulic systems is passed through the model WEAP (Water Evaluation and Planning System).

The results are very interesting and constitute a system of decision support for an effective and integrated management of water resources in the city of Oran.

**Keywords:** hydrological modeling, Water Management, Simulation, WEAP Model, Water Resources, Water demand, Department of Oran.

## ملخص

تعد عملية تسيير الموارد المائية مجالاً شديداً التعقيد في السيطرة و ذلك عائد لعدة أسباب منها:

تضاعف و تركيز الاستخدامات التي تعد في وضعية ترابط، تنوع التنظيم الاجتماعي الاقتصادي للمستخدمين... يدفعنا هذا التعقيد إلى طرح تساؤل بشأن ملائمة و إمكانية تحقق تسيير مدمج للموارد المائية ضمن نظام مائي معقد في ولاية مثل وهران حيث الإرهاق المائي يعد فيها مصدراً للعديد من الصراعات.

تعتبر وهران بمثابة المدينة الجزائرية الثانية و أحد أكبر عواصم المغرب. تقدر مساحة ولايتها بـ **2144** كم<sup>2</sup> بنسبة سكانية تتجاوز **15000000** ساكن، و هي تمثل خصوصية في تبعية هائلة في التموين بالمياه المرتبط بالتحويلات الجهوية المتعددة.

يشكل هذا العمل مظهراً مزدوجاً. و بناء عليه فقد وجدت الحالة الراهنة للموارد المائية للولاية المجابهة لطلب الماء الصادر عن مختلف المستخدمين، مقدمة في المرتبة الأولى، في حين وضع التطور عبر الزمن للموارد و احتياجات الماء بغرض الاحتواء المسبق للضغوطات المستقبلية في المرتبة الثانية. و لأجل ذلك تم تبني تشكيل قولة هيدروليكية و اصطناع ديناميكي لتغيرات البنيات و قياسات أنظمة الثوابت الهيدروليكية عن طريق نموذج WEAP ( تقييم المياه و نظام التخطيط).

كانت النتائج المتحمل عليها مهمة جداً و قد شكلت بالفعل نظام مساعدة لقرار من أجل تسيير أنجع و مدمج لمورد المياه في ولاية وهران.

**الكلمات الجوهرية:** القولة الهيدروليكية، تسيير المياه، الاصطناع، نموذج WEAP، موارد المياه، طلب الماء، ولاية وهران.

## TABLE DE MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>CHAPITRE I: L'IMPORTANCE DE LA MODELISATION EN HYDROLOGIE</b> .....	<b>7</b>
I.1. INTRODUCTION .....	7
I.2. LA MODELISATION HYDROLOGIQUE .....	7
I.3. LES OBJECTIFS DES MODELES HYDROLOGIQUES .....	8
I.4. LA PRESENTATION DU LOGICIEL WEAP .....	10
<b>CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA WILAYA D'ORAN</b> .....	<b>13</b>
II.1. LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE LA WILAYA .....	13
II.1.1. LA LOCALISATION GEOGRAPHIQUE .....	13
II.1.2. LE DECOUPAGE ADMINISTRATIF .....	13
II.1.3. DEMOGRAPHIE .....	14
II.2. CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA WILAYA D'ORAN .....	15
II.2.1. LES SOUS BASSINS VERSANTS DE LA WILAYA : .....	15
II.2.2. LES ZONES HUMIDES .....	17
II.2.3. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE .....	17
II.3. APERÇU GEOLOGIQUE DES SOUS BASSINS VERSANTS .....	18
II.4. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES .....	20
II.4.1. LES TEMPERATURES .....	21
II.4.2. LA PLUVIOMETRIE .....	21
<b>CHAPITRE III: LES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA D'ORAN</b> .....	<b>28</b>
III.1. INTRODUCTION .....	28
III.2. LES RESSOURCES CONVENTIONNELLES .....	28
III.2.1. LES TRANSFERTS OUEST .....	29
III.2.2. LES TRANSFERTS EST .....	31
III.3. LES RESSOURCES NON CONVENTIONNELLES .....	33
III.3.1. LE DESSALEMENT .....	33
III.3.2. LE TRAITEMENT DES EAUX USEES .....	36

III.3.3.	LES INFRASTRUCTURES D'ÉPURATION DE LA WILAYA D'ORAN.....	37
III.4.	RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE .....	42
III.4.1.	LES UNITES HYDROGEOLOGIQUES DE LA WILAYA.....	42
III.4.2.	LES PRINCIPAUX MODES DE PRELEVEMENT SUR AQUIFERES .....	44
<b>CHAPITRE IV: MODELISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU DES MENAGES, DES SERVICES COLLECTIFS ET DE L'INDUSTRIE ET AFFECTATION DES RESSOURCES .....</b>		<b>46</b>
IV.1.	INTRODUCTION .....	46
IV.2.	LE MODELE DE DEMANDE EN EAU DANS LE SECTEUR HORS AGRICULTURE. ....	47
IV.2.1.	LES EQUATIONS DU MODELE.....	47
IV.2.2.	LES DONNEES SUR LES VARIABLES .....	49
IV.2.3.	LE CALIBRAGE DU MODELE.....	52
IV.3.	ANALYSE DES SCENARIOS .....	55
IV.3.1.	LE SCENARIO DE REFERENCE.....	55
IV.3.2.	SCENARIO DE DEMANDE : SIMULATION D'UNE AUGMENTATION DES BESOINS.....	60
IV.3.3.	SCENARIO DES RESSOURCES : SIMULATION DE L'ACCROISSEMENT DE LA PRODUCTION.....	67
IV.3.4.	SIMULATION D'UNE GESTION ACTIVE DES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA .....	74
<b>CHAPITRE V: SIMULATIONS DES BESOINS DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN.....</b>		<b>77</b>
V.1.	INTRODUCTION .....	77
V.2.	LES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION DU SECTEUR AGRICOLE.....	77
V.2.1.	LE PROCESSUS D'ÉVAPORATION .....	77
V.2.2.	LE PROCESSUS DE TRANSPIRATION.....	78
V.2.3.	L'ÉVAPOTRANSPIRATION .....	78
V.2.4.	L'ESTIMATION DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION PAR COMMUNES DE LA WILAYA	80
V.3.	LE BILAN HYDRIQUE DE LA WILAYA.....	85
V.3.1.	LES EQUATIONS DE BASE DU BILAN HYDRIQUE .....	85
V.3.2.	LE BILAN HYDRIQUE PAR UNITE HYDROGEOLOGIQUE DE LA WILAYA D'ORAN.....	87
V.4.	LA CONFRONTATION ENTRE LES PRELEVEMENT D'EAU POUR L'IRRIGATION ET LES RESSOURCES MOBILISABLES DANS LA WILAYA D'ORAN.....	91
V.4.1.	LA DEMANDE EN EAU GLOBALE DU SECTEUR AGRICOLE ET SA REPARTITION PAR UNITES HYDROGEOLOGIQUES ET PAR NATURE DE LA RESSOURCE MOBILISEE .....	92
V.4.2.	COMPARAISON ENTRE LES PRELEVEMENTS D'EAU AGRICOLE ET LES RESSOURCES MOBILISABLES .....	97

<b>V.5.</b>	<b>LES SIMULATIONS</b> .....	<b>99</b>
<b>V.5.1.</b>	<b>LE MODÈLE PLUIE-RUISSELEMENT (RAINFALL-RUNOFF)</b> .....	<b>99</b>
<b>V.5.2.</b>	<b>LA DETERMINATION DU COMPTE DE BASE</b> .....	<b>102</b>
<b>V.5.3.</b>	<b>LE SCENARIO DE REFERENCE</b> .....	<b>105</b>
<b>V.5.4.</b>	<b>SCENARIO DE DEMANDE</b> .....	<b>106</b>
<b>V.5.5.</b>	<b>SCENARIOS DE MOBILISATION DES RESSOURCES</b> .....	<b>108</b>
<b>V.6.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>117</b>
	<b><i>CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS</i></b> .....	<b>119</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>123</b>
	<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>125</b>
	<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>127</b>

# INTRODUCTION

L'Algérie est confrontée à des besoins en eau considérables. L'évolution de la population, son urbanisation rapide, les exigences du développement économique et l'amélioration du niveau de vie auxquelles doit faire face le pays sont autant de facteurs qui induisent une progression rapide de la demande tant en eau potable et industrielle que celle du secteur de l'agriculture irriguée.

Si les réalisations en infrastructures nationales hydrauliques ont été importantes durant ces dernières années, l'Algérie reste encore insuffisamment dotée en ressources hydriques. Comme le rappelaient déjà Si Laarbi, Zakad et Ayati (2005) dans les travaux préparatoires au Schéma national d'aménagement du territoire (SNAT 2025) : 'la satisfaction par les volumes mobilisables risque de ne pas être garantie à long terme, compte tenu des contraintes financières, des aléas climatiques et de la faiblesse dans la protection des ressources tant superficielles que souterraines'.

Actuellement, le pays doit partager les ressources en eau entre des populations éparses qui sont disséminées à travers le territoire national nécessitant ainsi un coût financier d'approvisionnement important. De plus, les besoins en irrigation de l'agriculture sont considérables du fait de l'importance de la population algérienne et des faibles étendues des surfaces agricoles utiles ainsi que de la politique nationale visant à assurer la sécurité alimentaire. Enfin, l'Algérie est engagée dans un vaste programme d'industrialisation (notamment dans le secteur de la pétrochimie et des fertilisants) qui nécessitent une consommation d'eau importante. L'équation à laquelle est confronté le secteur hydraulique dans le pays est ainsi de trouver comment faire plus pour répondre aux besoins croissants des utilisateurs (A.E.P, industrie et irrigation) avec des ressources en eau limitées.

Dans cette perspective, la gestion de cette ressource pour la préserver au mieux tout en satisfaisant les besoins croissants des différents acteurs devient primordiale. Comment partager au mieux cette ressource entre les personnes lorsque la population vit en deçà du seuil de stress hydrique ? Comment la répartir entre les territoires géographiques, entre les activités économiques ? Comment anticiper les changements dans les vingt prochaines années, les ruptures technologiques et énergétiques, les nouveaux modèles économiques, qui vont remodeler l'environnement des prochaines générations ? Comment enfin mettre en œuvre dès aujourd'hui les projets qui permettent à l'Algérie de s'inscrire dans les technologies futures de mobilisation de la ressource hydraulique ? Tels sont quelques enjeux que la problématique de l'eau aujourd'hui pose à l'Algérie à l'instar d'autres pays en voie

de développement dont la localisation géographique et surtout les disponibilités financières et les capacités humaines limitent leur degré d'intervention dans le développement durable de cette ressource.

C'est précisément pourquoi nous avons consacré la problématique de ce travail à la gestion prospective de l'eau. Il s'agit par cela de déterminer les modalités optimales de mobilisation et d'affectation des ressources hydrauliques en vue de satisfaire les besoins de la population en eau potable et des secteurs économiques tout en tenant compte des économies imposées par les limitations de cette ressource et l'exigence de sa préservation.

On se restreint dans ce mémoire à la Wilaya d'Oran. La raison qui sous tend ce choix est que cette Wilaya constitue l'une des régions les plus importantes du pays de par sa population et son niveau de développement économique. Parallèlement, cette Wilaya dispose de ressources mobilisées très limitées. Ne disposant que d'infrastructures de faible envergure de mobilisation des ressources hydrauliques, elle apparaît à cet égard comme un cas illustratif d'une région à système hydraulique faiblement articulé.

Ce travail se situe sur un double niveau. D'un côté, il se propose de dresser *l'état actuel* des ressources en eau de la Wilaya confrontées à la demande en eau émanant des différents utilisateurs. D'un autre côté, dans ce mémoire, on se propose de prévoir *l'évolution dans le temps* des ressources et des besoins en eau afin d'anticiper, dans un cadre prospectif, les contraintes futures qui risquent de se poser dans la gestion optimale de l'eau dans la Wilaya d'Oran.

La méthodologie adoptée dans ce travail est basée sur la modélisation hydraulique et la simulation dynamique des changements de structure et de paramètres des systèmes hydrauliques. On utilisera le modèle WEAP (*Water Evaluation and Planing System*) comme outil de résolution des problèmes de planification des ressources et d'évaluation des besoins en eau. Par ailleurs, dans notre modélisation, on a distingué quatre secteurs qui seront systématiquement étudiés : les ménages, les services publics, l'industrie et le secteur agricole.

Ce mémoire de magistère se structure en cinq chapitres. Le premier chapitre traite de l'importance qui est désormais accordée à la modélisation dans la gestion des ressources hydrauliques en vue d'assurer l'optimalité de l'affectation de cette ressource dans ses différentes utilisations alternatives. Cette partie présente brièvement le logiciel WEAP utilisé pour la résolution des modèles utilisés dans ce travail.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation de la Wilaya d'Oran dans ses différentes dimensions géographiques, hydrologiques, géologiques et climatiques tandis que le troisième chapitre présentera d'une façon exhaustive les ressources hydrauliques de la wilaya d'Oran tant conventionnelles que non conventionnelles ainsi que les principales infrastructures hydrauliques de la Wilaya.

Les deux derniers chapitres seront consacrés à la modélisation de la gestion prospective des ressources hydrauliques de la Wilaya d'Oran. Dans ce cadre, le quatrième chapitre, après avoir présenté le système d'alimentation en eau des secteurs des ménages, des collectivités et de l'industrie, procède à des simulations de l'évolution de la demande de ces différents secteurs à l'horizon de 2030 en considérant les paramètres de base de leur évolution : croissance démographique et évolution des conditions de vie (taux de raccordement des habitations, taux d'occupation par logement, niveau des revenus,...), l'évolution des services collectifs et les choix technologiques industriels. Ce chapitre étudie des variantes alternatives de recouvrement de la demande des différents secteurs.

Le cinquième chapitre intègre le secteur agricole dans le système hydraulique en tenant compte des spécificités de ce secteur tant en terme de besoins en eau qui ont été évalués à l'aide du modèle 'Water crop requirement' de la FAO que des ressources actuellement mobilisées par ce secteur qui se réduisent quasi exclusivement aux ressources en eau souterraines. Ce chapitre évalue les effets de scénarios liés à la mise en place de projets structurant dont le plus immédiat est le traitement des eaux usées du secteurs des ménages et des collectivités et le recyclage des eaux du secteur industriel permettant de faire retrouver au système hydraulique sa cohérence intersectorielle.

# **CHAPITRE I: L'IMPORTANCE DE LA MODELISATION EN HYDROLOGIE**

## **I.1. INTRODUCTION**

La gestion des ressources en eaux vise à la fois la satisfaction des besoins en eau de la population et des différents secteurs économiques que le contrôle et la protection des ressources en eau de surface et souterraines.

Une gestion 'efficiente' d'une ressource est celle qui permet la satisfaction des besoins sociaux et économiques tout en préservant au maximum et durablement la qualité et la quantité de la ressource. Il s'agit cependant d'un processus complexe à cause des interconnexions entre les dynamiques physiques qui contraignent le système hydraulique (climat, topographie, nature des sols, hydrologie des eaux de surface, hydrologie des eaux souterraines, qualité de l'eau, ...) et les dynamiques socio-économiques qui fixent les priorités de demande entre les différents secteurs (AEP, industrie, agriculture, services publics), les équilibres spatiaux et les préférences d'approvisionnement.

La modélisation joue dans ce contexte un rôle important. Elle aide à une compréhension satisfaisante des processus en œuvre et de leur interconnexion et permet également de fournir l'information, l'interprétation et l'évaluation des conséquences de scénarios alternatifs qui constituent un support à la décision.

## **I.2. LA MODELISATION HYDROLOGIQUE**

Les modèles mathématiques permettent d'aider les gestionnaires et les scientifiques à prévoir les tendances, qualitatives et quantitatives, suivies par des variables caractéristiques des ressources en eau. De plus, les modèles constituent également un moyen relativement rapide et sûr, et comparativement bon marché, pour tester la validité et l'efficacité des stratégies de gestion.

Un modèle est, en général, une représentation d'un système permettant de relier plusieurs variables :

- Les variables dépendantes (ou variables de sortie ou variables expliquées): en hydrologie, il s'agit, par exemple, des débits simulés à l'exutoire du bassin versant ou encore du niveau des nappes souterraines dans l'aquifère,
- Les variables indépendantes (ou variables d'entrée ou variable explicative). Celles-ci décrivent les données d'entrée du modèle. Dans le cas des modèles hydrologiques, il s'agit essentiellement des mesures de pluie. Les modèles hydrologiques peuvent également être des modèles dynamiques. Dans ce cas, les données d'entrée varient dans le temps. Certains modèles utilisent également des données d'entrée spatialement distribuées.
- Les variables d'état qui permettent de caractériser l'état du système modélisé. Elles peuvent évoluer en fonction du temps dans un modèle dynamique. Il s'agit, par exemple, du niveau de remplissage des différents réservoirs d'eau du bassin versant, du taux de saturation des sols, mais aussi des caractéristiques du bassin versant comme la profondeur des sols, les pentes ...

Un modèle dépend en général de paramètres comme le taux de déperdition dans les liaisons de transmissions et de retour par exemple. Ce sont des variables exogènes (qui ne sont pas expliquées par le modèle) mais sur lesquelles le modélisateur peut agir en faisant varier leurs niveaux pour élaborer des variantes. C'est souvent par calage (ou calibrage) que les valeurs initiales (dans le compte courant) des paramètres sont fixées.

Notons que les modèles peuvent être de planification servant à simuler des systèmes fictifs (utilisant des données sur de longues périodes), ou opérationnels servant à la gestion des hydrosystèmes (à court, moyen et long terme).

### **I.3. LES OBJECTIFS DES MODELES HYDROLOGIQUES**

Les modèles hydrologiques sont nés bien avant l'avènement de l'informatique. Ils répondent au besoin d'effectuer des prévisions, de dimensionner des ouvrages d'art, de délimiter des zones inondables. La question de l'utilisation de modèles en hydrologie se pose en particulier pour les bassins versants pour lesquels on dispose de séries de débits mesurés.

D'une façon générale, les modèles mathématiques en hydrologie peuvent être utilisés comme outil de recherche. La modélisation est alors utilisée pour interpréter des données mesurées. Un exemple d'une telle utilisation de modèles hydrologiques est la confrontation entre les hydrogrammes de crue simulés sur la base de différentes hypothèses sur le coefficient d'apport avec un hydrogramme mesuré permettant d'expliquer, au moins en partie, la réponse des bassins versants lors des crues.

La modélisation sert également comme outil de prévision pour anticiper les évolutions futures des débits dans le système sur divers horizons temporels. Il s'agit de l'utilisation opérationnelle la plus courante des modèles hydrologiques. Les modèles peuvent alors être simplement basés sur des régressions linéaires entre les variables indépendantes (pluie, débits amont) et les variables dépendantes (débits aval) ou bien faire appel aux connaissances complexes sur les processus hydrologiques. Ces modèles, couplés à des projections de besoins humains ou sectoriels faisant parfois appel à d'autres disciplines permettent alors d'élaborer des prévisions ou une prospective qui est très utile notamment dans les régions qui souffrent d'un stress hydrique.

Enfin, la modélisation peut être utilisée comme outil d'extrapolation. Dans certains cas, comme par exemple le dimensionnement de déversoir de sécurité de barrages hydroélectriques ou encore lorsqu'il s'agit de délimiter des zones inondables dans le cadre d'un Plan Orsec de prévention des risques, il est nécessaire de proposer, par extrapolation, des scénarios de crues, ou éventuellement d'étiages, de période de retour nettement supérieure à la durée d'observation des débits sur le site étudié. Cette utilisation de modèles hydrologiques peut être couplée dans ce cas par l'utilisation de longues séries de pluies - éventuellement générées à l'aide d'un modèle stochastique de pluie - permettant ainsi de reconstituer et aussi de prévoir les conséquences des scénarios rares.

Il faut toutefois souligner que dans le champ de la gestion des ressources en eau, les systèmes considérés sont difficilement prédictibles à cause de la nature complexe de leur dynamique et de leur dépendance des comportements sociaux. Aussi, toute prévision va générer des erreurs, ce qui amené George E.P. Box et Norman R. Draper à affirmer que les modèles sont souvent faux mais restent utiles<sup>1</sup>. Certains modèles sont stochastiques, les équations décrivant les relations entre les variables comportant alors un terme d'erreur représentant justement l'aléa. Le critère le plus souvent utilisé en hydrologie pour quantifier l'erreur entre les valeurs simulées et observées est l'écart quadratique moyen qui est la moyenne du carré des erreurs de prévision ou de simulation :

$$EQM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - Q_i^m)^2$$

où  $N$  est le nombre d'observations,  $Q_i$  le débit simulé pour le pas de temps  $i$ , par exemple, et  $Q_i^m$  le débit mesuré pour le pas de temps  $i$ .

Cette difficulté des modèles à établir des prévisions certaines ne signifie pas que la modélisation serait de peu d'intérêt car souvent les plages d'erreurs de la prévision peuvent être estimées en probabilité. En tout état de cause, la modélisation garde un pouvoir

---

<sup>1</sup> Cité dans: C. Skoulikaris, 'Mathematical modeling applied to the sustainable management of water resources projects at a river basin scale The case of the Mesta-Nestos' Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. Octobre 2008

explicatif et informatif qui est très utile à l'explicitation des rouages des systèmes hydrauliques et l'identification de leurs futurs possibles.

## **I.4. LA PRESENTATION DU LOGICIEL WEAP**

Aujourd'hui, un certain nombre de logiciels ont été développés pour être appliqué à la gestion intégrée des ressources en eau.

Le logiciel WEAP est l'un de ces modèles et a été élaboré par le '*Stockholm Environment Institute*' (SEI). Il est basé sur une représentation du système hydraulique sous forme de réseau où les différents sites représentent des nœuds, ceux-ci étant reliés par des liaisons de transmissions ou des liaisons de retour.

Le logiciel est divisé en deux grands modules. Le premier est un module d'hydrologie qui décrit les processus hydrologiques comme l'écoulement de surface, l'écoulement de subsurface, l'infiltration profonde, les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, le processus d'évapotranspiration etc.

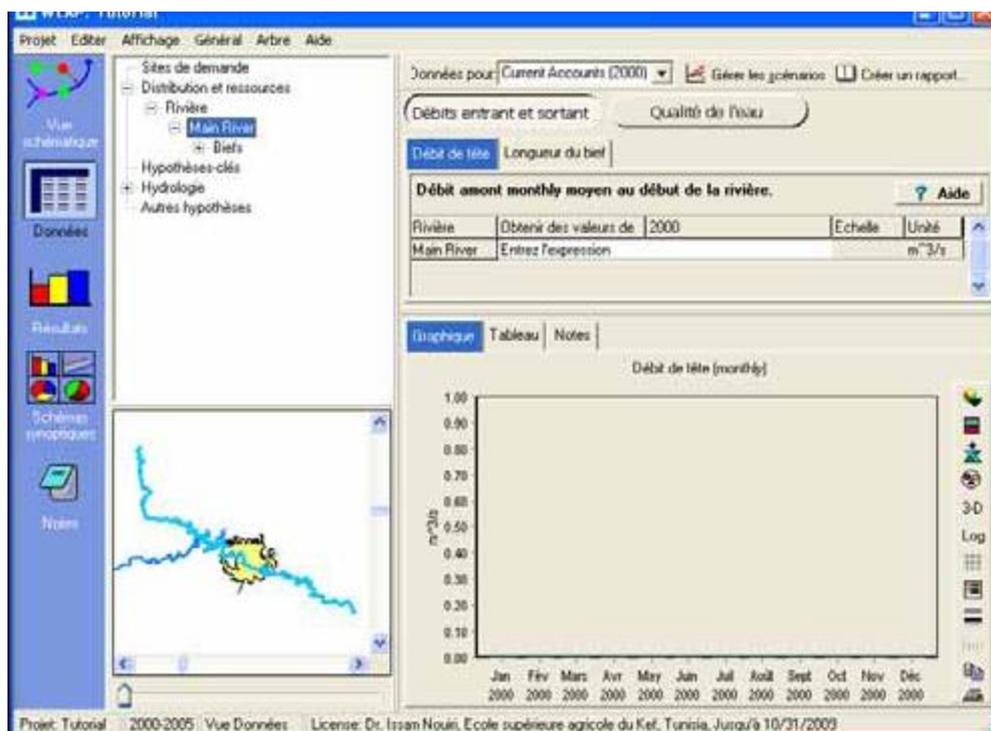
Quatre modèles sont présentés par WEAP pour simuler les écoulements dans les bassins versants. Ce sont les deux modèles de la FAO (i) le modèle 'Water crop requirement' et (ii) le modèle Rain fall- Run off qui, en plus de la détermination des besoins d'irrigation des plantes simule les écoulements de surface et souterrains ainsi que (iii) le modèle MABIA qui fait la distinction entre le processus d'évaporation et celui de la transpiration et (iv) le modèle du 'Soil Moisture'.

Le deuxième module concerne la gestion de la demande des ressources en eau. Chaque site de demande est affecté d'un niveau de priorité allant de 1 (la plus haute priorité) à 99 (la plus faible priorité). Le site de demande est alors relié aux sources d'approvisionnement disponibles avec leur préférence d'approvisionnement : à titre d'exemple, un site donné doit-il s'approvisionner à partir de l'eau d'une nappe souterraine ou à partir de ressources de surface ?

Un programme standard de programmation linéaire est utilisé pour résoudre le problème d'allocation des ressources en eau vers les différents sites dont l'objectif est de maximiser la satisfaction de la demande en eau des sites sous les contraintes des priorités de demande, des préférences d'approvisionnement et des équilibres entre l'emploi et les ressources. Tout un ensemble de paramètres peut également être pris en charge par le logiciel comme par exemple les pertes de distribution dans les liaisons, le taux de réutilisation de l'eau dans l'industrie, etc.

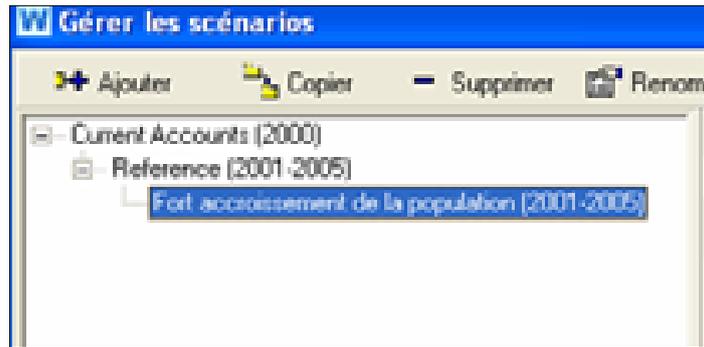
La modélisation sous WEAP consiste typiquement en trois étapes. Premièrement, un Compte de Base (Current Account) est choisi pour servir d'année de base pour le modèle. Les paramètres du modèle sont déterminés de façon à reproduire exactement la situation de l'année de base. Deuxièmement, un Scénario de Référence est établi prenant comme origine l'année de base et qui simule l'évolution de référence du système durant la période d'analyse choisie. Troisièmement, des Scénarios sont créés qui altèrent le Scénario de Référence. WEAP permet alors d'évaluer les effets de ces changements sur les variables du modèle.

Dans son aspect opérationnel, un interface graphique permet de construire, de visualiser et de modifier la configuration du réseau hydraulique et d'introduire à partir de la vue schématique les différentes données du modèle. Les principales fonctions comme celles de calculer, voir les résultats, formaliser les résultats sous formes de tableaux ou de graphiques sont exécutées à partir de fenêtres interactives.



Le grand intérêt du logiciel est de pouvoir stocker les paramètres du modèle sous formes d'hypothèses-clé de sorte que les scénarios peuvent être générés en faisant simplement varier les paramètres (hypothèses-clés) sans avoir à reproduire à chaque scénario toute la structure du système.

L'avantage du logiciel est également de permettre une hiérarchisation des scénarios : le Scénario de Référence est le scénario parent qui prend son origine de temps dans le Compte de Base et duquel découle hiérarchiquement toutes les autres variantes.



Cette structure permet par des manipulations simples de procéder à la comparaison entre les différentes variantes.

On doit toutefois souligner que si le recours aux logiciels et au traitement informatique facilite la formalisation des systèmes hydrauliques et le traitement numérique, il ne dispense pas cependant de l'expertise et de la recherche qui seules permettent le choix des modèles à utiliser, l'interprétation des résultats à donner et, en fin de compte, la nature des recommandations à formuler ou des décisions à prendre.

## **CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA WILAYA D'ORAN**

### **II.1. LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE LA WILAYA**

#### **II.1.1. LA LOCALISATION GEOGRAPHIQUE**

Oran, surnommée 'la radieuse', est la deuxième ville d'Algérie et une des plus importantes métropoles du Maghreb. C'est une ville portuaire de la Méditerranée, située au nord-ouest du pays, à 432 km de la capitale Alger et le chef-lieu de la Wilaya du même nom, en bordure du golfe d'Oran.

La wilaya d'Oran s'étend sur une superficie de 2144 km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord et à l'Ouest par la méditerranée, à l'Est par les wilayas de Mostaganem et Mascara et au Sud par les wilayas de Sidi Bel Abbes et Ain-Temouchent.

En général, le relief oranais est composé de deux types de formation géomorphologique : les plaines littorales (Bousfer, Andalouses) et sublittoral (Boutlelis, Misserghin, Es-Senia, Hassi-Mefsakh) et les massifs côtiers. Ces derniers forment une chaîne montagneuse discontinue qui s'étend du Sud Ouest au Nord Est. Il se dresse en véritable barrière naturelle assurant une protection contre la violence des vents marins du Nord-Est.

Les plaines occupent environ 70% de la superficie totale de la wilaya : ce sont des terres fertiles qui communiquent avec la côte des baies d'Oran et d'Arzew. Oran est l'une des plus grandes villes côtières d'Algérie. De par sa position géographique privilégiée, elle est dotée de port de commerce, de pêche et d'un aéroport international : Oran est une porte ouverte sur le monde extérieur.

#### **II.1.2. LE DECOUPAGE ADMINISTRATIF**

La wilaya d'Oran est divisée en neuf Daïras sur lesquelles se répartissent vingt six communes. Elle fait partie de l'Agence de Bassin de la Région Oranie-Chott Chergui. Le découpage administratif est le suivant :

- **Oran** : commune d'Oran
- **Aïn-el-Turck** : communes d'Aïn-el-Turck, Mers-el-Kébir, Bousfer, El Ançor



## **II.2. CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA WILAYA D'ORAN**

### **II.2.1. LES SOUS BASSINS VERSANTS DE LA WILAYA :**

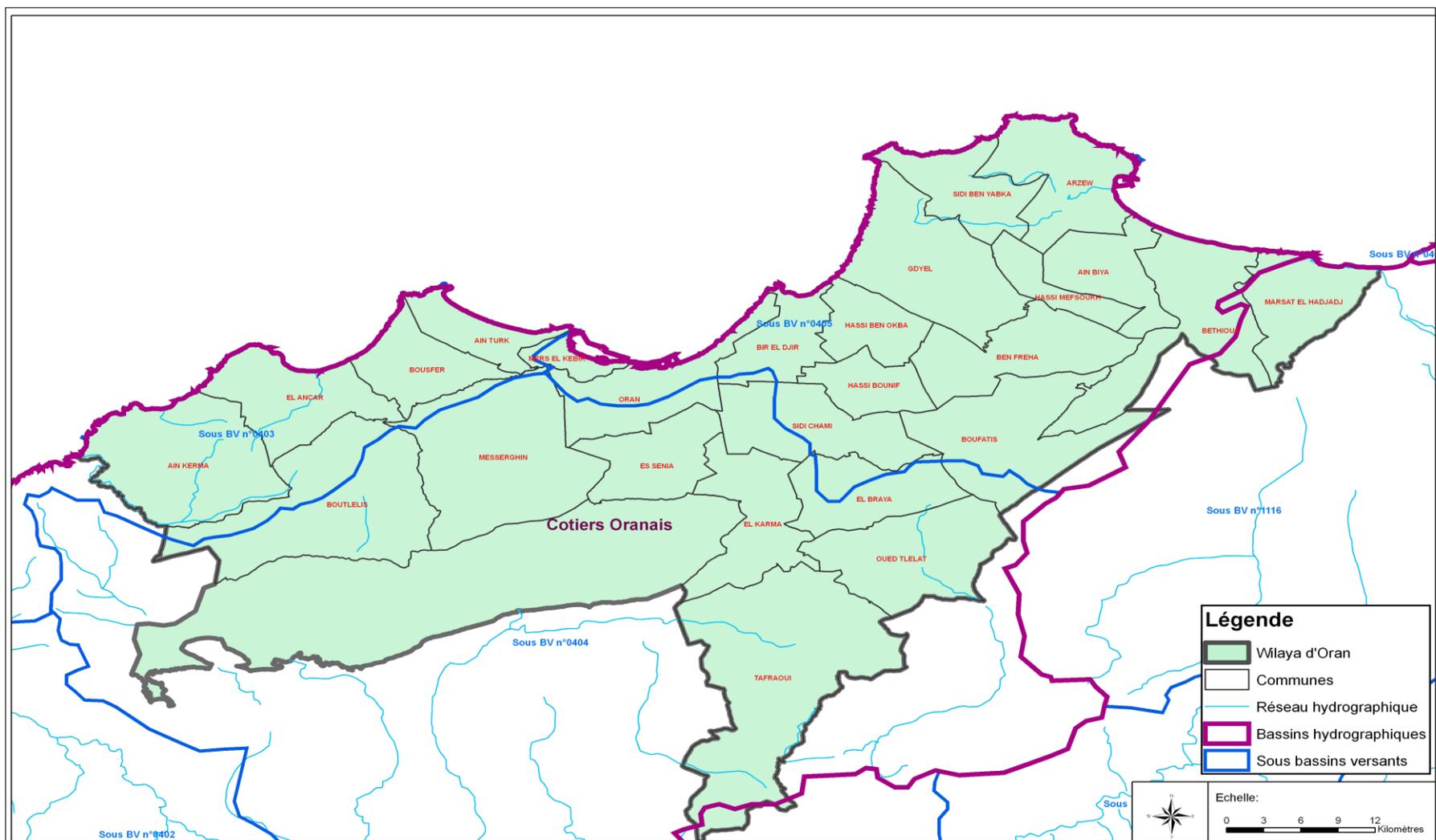
La Wilaya d'Oran est entourée des plaines de Brédéah et de la M'Léta. Toute cette zone est située en contrebas des Monts du Tessala.

Hormis Mersat-El-Hadjaj qui appartient à la portion côtière du marais de la Macta, l'étendue de la Wilaya d'Oran présente trois sous bassins versants

- le sous bassin versant côtier d'Ain Turk (SBV 0403) situé à l'ouest et sur le versant nord du Djebel du Murdjadjo,
- le sous bassin versant de la Sebkhah d'Oran (SBV 0404) qui est un bassin endoréique qui a la particularité d'avoir une ressource en eau superficielle riche en sel,
- le sous-bassin versant des salines d'Arzew (Code 0405) situé au nord-est de la Wilaya.

Comme le montre la carte ci-dessous des sous-bassins versants, ces trois sous bassins constituent le SBV des côtiers oranais (Code 04). On voit également qu'une grande partie de la Wilaya appartient au bassin endoréique de la Sebkhah d'Oran

**Figure II-2 : Localisation des bassins et sous bassins versants de la Wilaya d'Oran**



Figure

## II.2.2. LES ZONES HUMIDES

La Wilaya d'Oran présente plusieurs zones humides dont la plus importante est la grande sebkha d'Oran qui s'étend sous une forme allongée du Nord – Est au Sud – Ouest et qui, avec une superficie de 296 Km<sup>2</sup>, occupe le 1/6 du territoire de la wilaya d'Oran. Outre la Sebkha, les autres zones humides importantes sont les Salines d'Arzew et le lac Telamine. Le tableau suivant présente la localisation et les caractéristiques de l'ensemble de ces zones : (*Direction Générale des Forêts, 2007*).

Code S/Bassin	Wilaya	Nom Zones Humides	Superficie du lac (km <sup>2</sup> )	Superficie Bassin Versant (km <sup>2</sup> )	Qualité de l'eau
0404	Ain Témouchent	Sebkha	192,4		Forte Salinité
0404	Oran		103,6		Forte Salinité
<i>S/Total</i>	-	<i>Sebkha</i>	<i>296</i>	<i>1 878</i>	Forte Salinité
0404	Oran	Daiat Oum El Rhelaz	3		Saumâtre/polluée
0404	Oran	Daiat M'Hamed	0,375		Eaux polluée
0405	Oran	Lac Telamine	11		Salée/polluée
0404	Oran	Daiat Morseli	1,5		Eaux polluée
0405	Oran	Saline d'Arzew	29		Forte Salinité
<b>TOTAL</b>		<b>06</b>	<b>341</b>	-	

**Tableau II-1 : Caractéristiques des zones humides de la Wilaya**

## II.2.3. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Les principaux oueds de la Wilaya sont Oued Tlelat, alimentant la sebkha d'Oran, Oued Beggoug et Oued Guessiba.

L'Oued Beggoug qui appartient au sous-bassin versant cotier d'Ain turck (Code 0403) situé sur le versant nord du Djebel du Murdjajo comporte une retenue collinaire.

L'Oued Guessiba qui appartient au sous-bassin versant des salines d'Arzew (Code 0405) situé au nord-est de la Wilaya contient la deuxième retenue collinaire de la Wilaya.

Il faut signaler que les enquêtes communales ont montré qu'aucun pompage sur oued ou à partir d'autres points d'eau naturels n'est à relever. Cela s'explique par le fait que le réseau hydrographique de la Wilaya est très peu développé et que les points d'eau naturels sont, soit saumâtres (Sebkha d'Oran et Saline d'Arzew), soit très pollués (Lac de Telamine)

### **II.3. APERÇU GEOLOGIQUE DES SOUS BASSINS VERSANTS**

On peut distinguer plusieurs unités géologiques. Leurs caractéristiques premières sont résumées ci-dessous :

#### **A/LA PLAINE DE LA M'LETA**

*A-1/ Sous bassin*: la plaine de M'léta appartient au sous bassin versant de la Sebkha d'Oran (0404) .

*A-2/ Limites et extension* : la plaine de M'léta est limitée au Nord par la Sebkha d'Oran, au Sud par les monts du Tessala, à l'Est par la plaine de Habra-Sig et par la région de Hammam Bouhadjar-Ain Larbaa à l'Ouest.

*A-3/ Aperçu géologique* : la plaine de la M'léta est une plate-forme dépressionnaire orientée Est-Ouest, constituée de dépôts terrigènes provenant de l'érosion des montagnes bordières du Tessala et des dépôts éoliennes. Elle appartient au contexte structural du grand sillon occupé par la grande Sebkha d'Oran prolongement du géosynclinal du Chélif où se sont accumulés des sédiments d'abord au Néogène puis au Pléistocène et à l'Holocène, atteignant jusqu'à 3000 mètres d'épaisseur par endroits (ANRH, 2009).

Les reliefs bordant le sud de la plaine sont formés de terrains sédimentaires du Miocène, émergés et très tectonisé, adossés contre l'Eocène l'Oligocène et le crétacé.

#### **B/LA FORET DE M'SILA**

*B-1/ Sous bassin*: La foret de M'sila appartient au sous bassin de la Sebkha d'Oran (0404) et côtiers les Andalouses (0403)

*B-2/ Limites et extension* : cette unité est située dans la zone montagneuse au nord de la Sebkhia d'Oran. Elle est située au sud de la plaine côtière Oranaise et par sa bordure Sud-est, elle s'appuie sur l'unité hydrogéologique du Flanc Sud du Murdjadjo.

*B-3/ Aperçu géologique* : la structure géologique de cette unité est caractérisée par deux termes géologiques : grès du Pliocène supérieur (Astien/plaisancien supérieur) au niveau de la partie Sud-ouest de l'unité tandis que sa partie Nord-est est caractérisée par des schistes plus ou moins calcaires et quartzites et calcschistes à faunes du jurassique sup- Crétacé inférieur (ANRH, 2009).

## **C/ LE FLANC SUD DU MURDJADJO**

*C-1/ Sous bassin*: le flanc sud du Murdjadjo appartient au sous bassin de la Sebkhia d'Oran (0404).

*C-2/ Limites et extension* : cette unité hydrogéologique comprend la bordure Nord de la Sebkhia d'Oran sur le territoire de la plaine de Brédéah et la partie sud du Djebel Murdjadjo. Elle est limitée au sud par Sebkhia d'Oran, au Nord-ouest par l'unité Forêt de M'Sila, et à l'Est par le plateau d'Oran.

*C-3/ Aperçu géologique* : la structure géologique de cette unité est caractérisée par deux unités importantes à savoir les dépôts alluviaux dans la zone de la Sebkhia dans la partie Sud et les calcaires du Miocène supérieur occupant la plus grande partie de la moitié Nord de l'unité. Son extrémité Nord est composée de schistes plus ou moins calcaires, quartzites et calcschistes à faunes du jurassique sup-Crétacé inférieur (ANRH, 2009).

## **D/ LA PLAINE COTIERE ORANAISE**

*D-1/ Sous bassin* : Elle appartient au sous bassin du côtiers les Andalouses (0403).

*D-2/ Limites et extension* : la plaine est limitée au Nord par la mer Méditerranée au Sud par le Massif du Murdjadjo, à l'Ouest par les vallonnements de Sidi Hamadi et à l'Est par le Djebel Santon.

*D-3/ Aperçu géologique* : la plaine est constituée par les formations dunaires consolidées, quelques lumachelles, poudingues et grès Calabrien, et sables, graviers et argiles quaternaires (ANRH, 2009).

## **E/ LE PLATEAU D'ORAN**

*E-1/ Sous bassin*: le plateau d'Oran appartient au sous bassin de la Sebkhia d'Oran (0404) et de la Sebkhia d'Arzew (0405)

*E-2/ Limites et extension* : la plaine est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la Sebkha d'Oran, à l'Ouest Flanc Sud du Murdjadjo et le Plateau des Hassis à l'Est.

*E-3/ Aperçu géologique* : le plateau est constitué par les alluvions actuelles et récentes, sables, graviers et argiles, et grès Calabrien en dessous (ANRH, 2009).

## **F/ LES MONTS D'ARZEW**

*F-1/ Sous bassin*: Ils appartiennent au sous bassin Sebkha d'Arzew (0405)

*F-2/ Limites et extension* : les Monts sont limités au Nord par la mer Méditerranée et par le Plateau des Hassis au sud.

*F-3/ Aperçu géologique* : Cette unité est dans sa grande partie composée du complexe de Schistes plus ou moins calcaires et quartzites et calcschistes à faunes du jurassique sup-Crétacé inf. Dans la partie Nord de l'unité ces formations du complexe ont été recouvertes par les dépôts quaternaires alluviaux (ANRH, 2009).

## **G/ LE PLATEAU DES HASSIS**

*G-1/ Sous bassin versant* : Sebkha d'Arzew (0405)

*G-2/ Limites et extension* : le plateau des Hassis est limité au Nord par la Mer Méditerranée et Djebel Orousse, au sud par la plaine M'léta, à l'Est par la plaine de Habra et à l'Ouest par le plateau d'Oran

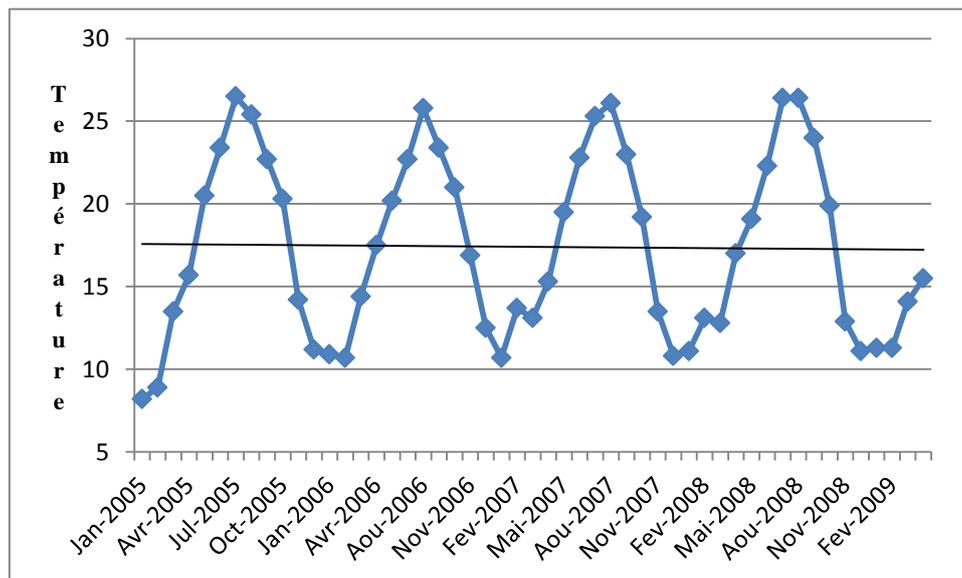
*G-3/ Aperçu géologique* : la croûte calcaire et des alluvions surmontant les grès du Calabrien. Le Miocène supérieur y étant plutôt forme de marnes- alternées parfois de bancs de gypse (ANRH, 2009).

## **II.4. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES**

Les caractéristiques climatiques, notamment les températures et les précipitations, sont importantes pour notre étude et méritent qu'on y accorde une attention particulière.

### II.4.1. LES TEMPERATURES

Dans la classification de Köppen, la Wilaya d'Oran est une région à climat méditerranéen chaud. C'est un climat tempéré chaud avec un été sec (méditerranéen). La température moyenne annuelle, mesurée par la station climatique d'Oran Es-Sénia de sur la période 2005-2008 est de 18°C. La figure ci-dessous présente les variations de températures mensuelles au cours des années 2005-2008.



**Figure II-3 : variations de températures mensuelles : 2005-2008**

Au vu de ces données, il ne semble pas qu'il y a une tendance à un refroidissement ou à un réchauffement du climat de la région, en tout cas au cours des cinq dernières années.

Le régime climatique se caractérise aussi par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité. Lors de leur passage sur les reliefs marocains et espagnols, ces vents perdent une grande partie de leur humidité.

### II.4.2. LA PLUVIOMETRIE

#### II.4.2.1. La pluviométrie sur une longue période

Afin de voir de près l'évolution de la pluviométrie au niveau de la Wilaya d'Oran, on a reproduit dans la figure (II-4) les précipitations mensuelles sur une longue période allant de

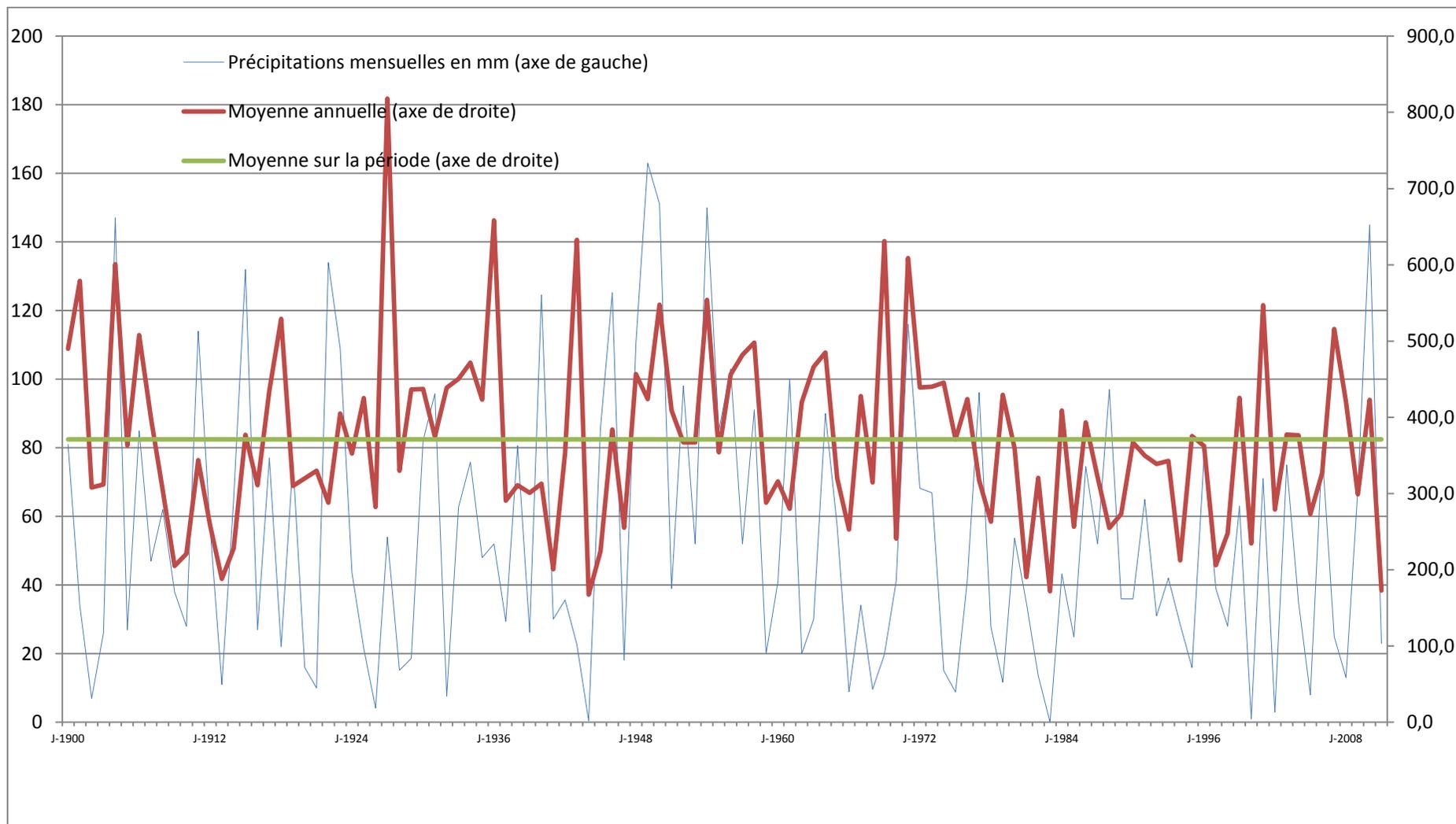
1900 à 2010 (Institut Hydro. *Météorologie Oran*) Cette figure nous permet de détecter les différentes périodes de la tendance à la sécheresse.

On constate que durant la période s'étalant du milieu des années 70 au début des années 2000, la moyenne des précipitations annuelles (courbe en rouge) est plus faible que la moyenne de la période totale 1900-2010 (la courbe en rouge est constamment au dessous de la courbe en vert). Cela dénote un changement climatique au cours des dernières 25 années bien que sur la période récente, une légère augmentation de la pluviométrie semble reprendre.

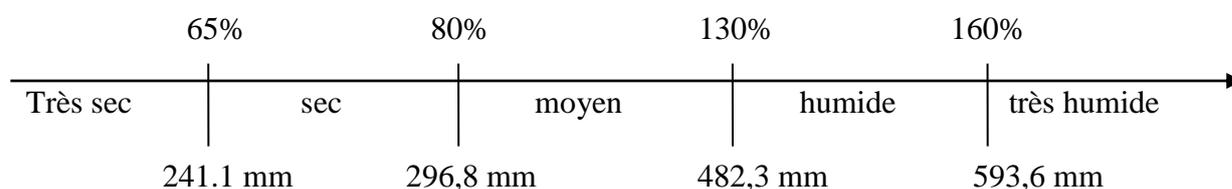
Pour préciser davantage ces changements dans la pluviométrie, on a défini cinq régimes climatiques de la façon suivante :

- Régime très sec : année durant laquelle la pluviométrie moyenne annuelle observée a été inférieure à 65% de la pluviométrie moyenne au cours du siècle 1900-2010,
- Régime sec : année durant laquelle la pluviométrie moyenne a été comprise entre 65% et 80% de la pluviométrie moyenne au cours de la période 1900-2010,
- Régime moyen : année durant laquelle la pluviométrie moyenne a été comprise entre 80% et 130% de la pluviométrie moyenne au cours de la période 1900-2010,
- Régime humide : année durant laquelle la pluviométrie moyenne a été comprise entre 130% et 160% de la pluviométrie moyenne au cours de la période 1900-2010,
- Régime très humide : année durant laquelle la pluviométrie moyenne est supérieure à 160% de la pluviométrie moyenne au cours de la période 1900-2010,

**Figure II-4 : Précipitations sur la période : 1900 – 2010**



Sachant que la précipitation moyenne annuelle entre 1900 et 2010 a été de 371 mm, ces régimes pluviométriques peuvent être représentés dans l'axe suivant :



On a comparé alors le nombre d'années pour chaque régime au cours de la période 1900-2010 avec la période 1975-2005 avec les résultats suivants :

		Très sec	Sec	Moyen	Humide	Très Humide	Total années
<b>1900-2010</b>	nombre d'années	13	15	67	10	6	111
	%	12%	14%	61%	9%	5%	100%
<b>1975-2005</b>	nombre d'années	5	7	18	1	0	31
	%	16%	23%	58%	3%	0%	100%

**Tableau II-2 : régimes pluviométriques de la Wilaya d'Oran 1900-2010**

On constate que le pourcentage d'années 'Très sec' et 'Sec' est supérieur, en pourcentage, au cours de la période 1975-2005 comparé à la période de référence 1900-2010. Inversement, les périodes 'humides' et 'très humide' ont en pourcentage diminué au cours de la période 1975-2005 montrant par cela une tendance à une baisse de la pluviométrie sur la période récente jusqu'en 2005.

#### **II.4.2.2. La pluviométrie sur la période récente**

Dans ce qui suit on présentera les caractéristiques de la Wilaya d'Oran sur une période récente allant de 1986 à 2006. Sur cette période, étant donné l'objectif de notre travail, on doit également caractériser la pluviométrie par commune de la Wilaya d'Oran.

On ne dispose pas de données pluviométriques par communes mais seulement de relevés dans les huit stations météorologiques.

STATION	CODE STATION	X	Y	Pluviométrie moyenne 1986-2006 (mm/an)
<b>Bousfer</b>	40301	182,5	272,5	<b>305,44</b>
<b>Es-Senia</b>	40402	200,8	266,1	<b>316,35</b>
<b>Boutlelis nord</b>	40311	174,1	264,3	<b>305,63</b>
<b>Misserghine</b>	40413	184,7	260,0	<b>303,47</b>
<b>Oran ANRH</b>	40438	198,7	272,6	<b>334,77</b>
<b>El Braya</b>	40504	208,7	263,6	<b>249,28</b>
<b>Boufatis</b>	40518	218,6	268,6	<b>280,18</b>
<b>Gdyel</b>	40527	217,9	281,0	<b>256,66</b>

**Tableau II-3 : pluviométrie par station climatique : 1986-2010**

Il s'agit de moyenne sur 20 ans (1986-2006) hormis pour Gdyel pour laquelle la moyenne porte sur 1986-2004 à cause d'une panne technique au niveau de la station qui n'a pas permis certains relevés.

Pour passer des données des stations aux communes, on a utilisé la méthode de décomposition de Thysen.

L'application de cette méthode à l'estimation de la pluviométrie par commune consiste à décomposer le territoire de la Wilaya en plusieurs polygones.

Elle est généralement utilisée pour déterminer la pluviométrie moyenne d'un territoire (Wilaya). Dans ce cas, la pluviométrie moyenne est la somme des pluviométries enregistrées dans les stations pondérées par la fraction de la surface des polygones de Thysen sur la surface totale :

$$\text{Pluviométrie estimée sur le territoire} = \sum_{i=1}^n \text{Pluviométrie}_i * \frac{S_i}{S} \quad \text{Eq II-1}$$

Où  $i$  est le nombre de stations et  $S_i$  la surface du polygone de Thysen associé à la station  $i$  et  $S$  la surface totale du territoire.

Pour cela, on a d'abord procédé à un découpage de la Wilaya d'Oran par polygones de Thysen en leur affectant la pluviométrie de la station correspondante. La figure (II-5) ci après, présente la décomposition de Thysen de la Wilaya par rapport aux huit stations climatiques que sont Oran, Es-Sénia, Boutlelis, Misserghin, Braya, Boufatis, Bousfer, Gdyel.

Ensuite, on a estimé la pluviométrie de la commune comme la somme des pluviométries des polygones de Thyssen qui la recouvrent pondéré par le poids de chaque polygone.

La pluviométrie obtenue pour les différentes communes par cette méthode est regroupée dans le tableau suivant.

<b>Commune</b>	<b>Précipitations (mm/an)</b>	<b>Commune</b>	<b>Précipitations (mm/an)</b>
<b>Ain kerma</b>	305,62	<b>Hassi ben okba</b>	256,36
<b>El ancer</b>	305,62	<b>Hassi bounif</b>	258,55
<b>Boutlelis</b>	305,30	<b>El braya</b>	255,46
<b>Messerghin</b>	305,67	<b>Oued tlelat</b>	261,64
<b>Bousfer</b>	305,44	<b>Ben freha</b>	275,48
<b>Ain turk</b>	305,44	<b>Boufatis</b>	280,18
<b>Mers el kbir</b>	317,18	<b>Hassi mefsoukh</b>	256,66
<b>Oran</b>	333,88	<b>Ain bia</b>	259,01
<b>Es senia</b>	320,04	<b>Gdyel</b>	256,66
<b>Bir el djir</b>	293,55	<b>Sidi ben yabka</b>	256,66
<b>Sidi chami</b>	265,78	<b>Arzew</b>	256,66
<b>El karma</b>	269,40	<b>Bethioua</b>	266,07
<b>Tafraoui</b>	255,99	<b>Marsat ej hadjaj</b>	271,95

**Tableau II-4: pluviométrie par commune de la Wilaya d'Oran**



## **CHAPITRE III: LES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA D'ORAN**

### **III.1. INTRODUCTION**

Les ressources mobilisées actuellement dans la Wilaya d'Oran ont différentes origines (eau de surfaces-eaux souterraines, ressources locales-ressources externes) prélevées en plusieurs points. Elles sont destinées à l'alimentation en eau potable des ménages et des collectivités, à l'industrie et à l'irrigation dans le secteur agricole. Cette mobilisation se fait par le biais de plusieurs infrastructures dont certaines sont situées à l'extérieur de la Wilaya pour mobiliser les eaux de surface (transferts externes). Des forages concentrés dans certaines communes en plus des sources et des puits permettent le prélèvement des eaux souterraines. Compte tenu de la pression de la demande d'eau qui accompagne le développement de la Wilaya, cette dernière a également recours au dessalement de l'eau de mer ainsi qu'à la réutilisation des eaux usées mais dans des proportions qui restent encore limitées.

Dans ce chapitre de présentation des ressources hydriques de la Wilaya, on examinera d'abord les ressources conventionnelles de la Wilaya (principalement les eaux de barrages situés à l'extérieur de la Wilaya) puis les ressources non conventionnelles et notamment les projets en cours de dessalement d'eau de mer et de traitement des eaux de rejet. On présentera enfin la situation des ressources souterraines à travers une description générale des grandes unités hydrogéologiques de la Wilaya. Une estimation plus précise des ressources de la Wilaya sera tentée dans le chapitre 5 de ce travail à travers l'établissement du bilan hydrologie de la Wilaya.

### **III.2. LES RESSOURCES CONVENTIONNELLES**

La Wilaya d'Oran se caractérise par :

- un réseau hydrographique très peu développé sachant qu'une grande partie de la Wilaya appartient au bassin endoréique de la Sebkha d'Oran qui possède une ressource en eau riche mais salée,

- un déficit hydrique et une irrégularité des eaux superficielles rendant difficile la fonctionnalité des retenues collinaires existantes. A partir des années quatre vingt, l'Ouest du pays a connu, comme on l'a décrit dans le chapitre précédent, un cycle de sécheresse chronique qui a affecté le niveau des réserves en eau de manière durable.

Ce déficit en eau de surface est peu favorable au développement d'infrastructures hydrauliques de mobilisation de l'eau de ruissellement de grande envergure. Ceci explique que la Wilaya d'Oran est jusqu'à présent alimentée en eau à partir principalement de ressources de surface externes et très éloignées de la Wilaya.

L'alimentation en eau de sites aussi éloignés se réalise alors à travers à la fois des adductions de l'Ouest (Beni Bahdel et la Tafna) et d'est (Fergoug et Gargar) qui acheminent l'eau dans des ouvrages terminaux situés à l'Est (site terminal du réservoir de Bir-El-Djir et au nouveau réservoir de Canastel) et à l'Ouest de la ville (site terminal du réservoir de la Tafna et de BC8).

### **III.2.1. LES TRANSFERTS OUEST**

On distingue l'adduction de Beni-Bahdel qui était destinée à l'origine en 1952 à l'alimentation en eau potable des villes d'Oran et Mers-el-Kébir et celle de la Tafna mise en service en 1992.

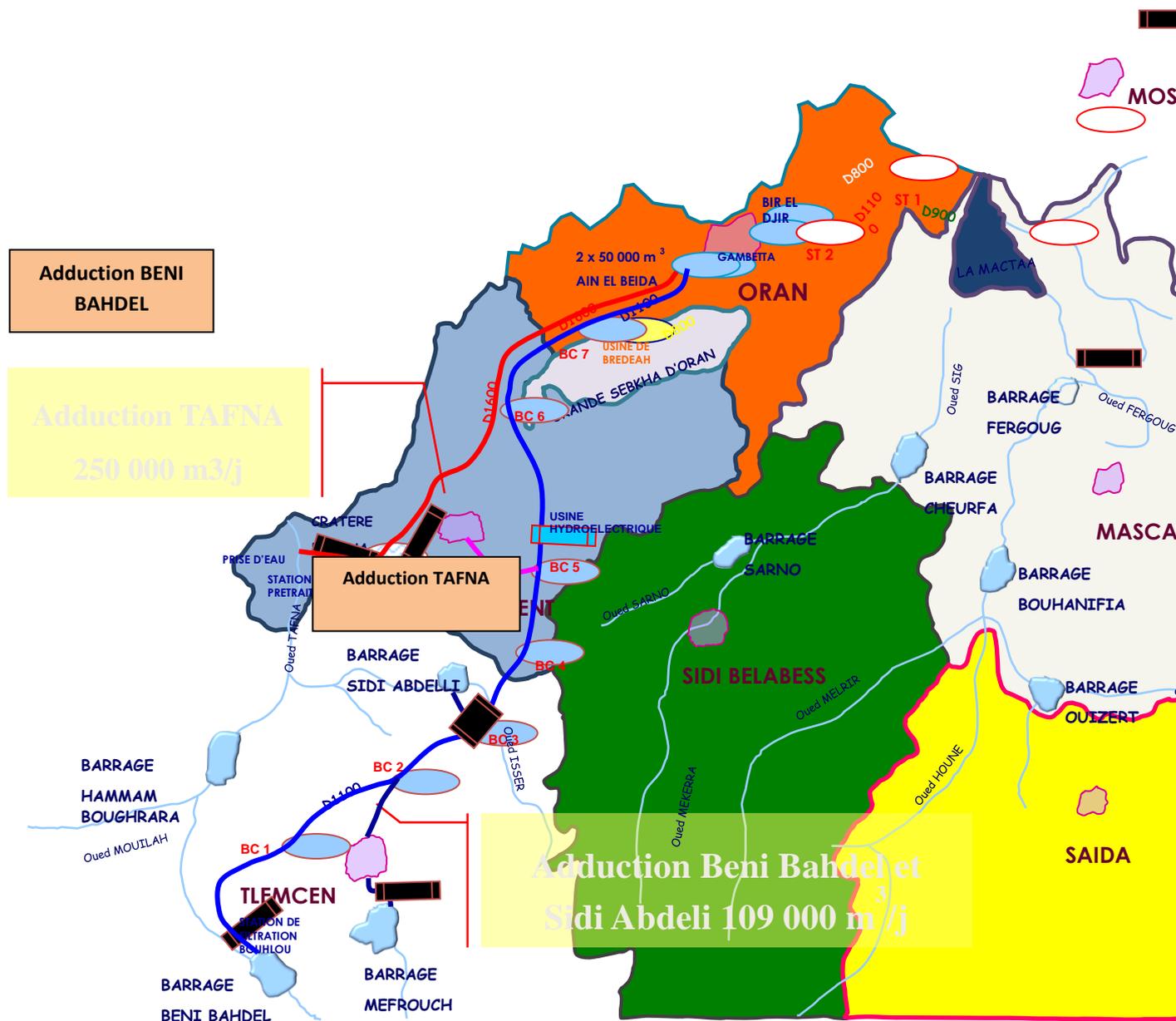


Figure III-1: les Transfert Ouest de la wilaya d'Oran

### III.2.1.1. Adduction de Beni-Bahdel

De nombreuses localités sont desservies à partir de ce transfert. Les besoins croissants en eau dans les wilayas de Tlemcen, Ain Temouchent et Oran, qui connaissent une forte urbanisation et un développement industriel notable, ont multiplié le nombre de centres venus se greffer à l'adduction du transfert de Béni Bahdel-Oran.

L'adduction de Béni Bahdel achemine une partie des eaux du barrage de Beni Bahdel jusqu'au brise charge n°8 sur le site dit réservoir de Tafna/ BC8 a Oran. Elle comprend principalement :

- la station de traitement de Bouhallou de capacité totale de 120.000 m<sup>3</sup>/j.
- Une conduite gravitaire (diamètre 1100 mm, longueur 156 km, en béton) comportant 7 brise-charge en ligne (BC1 a BC7) et un brise-charge terminal BC8 situé à Ain Beida, a l'Ouest de la ville d'Oran.

### **III.2.1.2. Adduction de la TAFNA**

L'adduction Tafna, interconnectée au système Béni Bahdel, assure un service en route pour la desserte des agglomérations de la wilaya d'Ain Temouchent.

Elle est composée d'une station de prétraitement et de pompage Tafna d'une capacité de 260 000 m<sup>3</sup>/j, une conduite de Ø 1400 de 21 ,5 Km, un bassin inter saisonnier de 13 hm<sup>3</sup>, une station de traitement Dzioua d'une capacité de 250 000 m<sup>3</sup>/j et une adduction de Ø 1600 de 70 Km reliant la station de Dzioua aux réservoirs 2X 50 000 situés à l'entrée de la ville d'Oran.

### **III.2.2. LES TRANSFERTS EST**

Ces transferts comprennent les ressources provenant de l'adduction de Gargar et de celle de Fergoug. La figure III-2 schématise ces transferts.

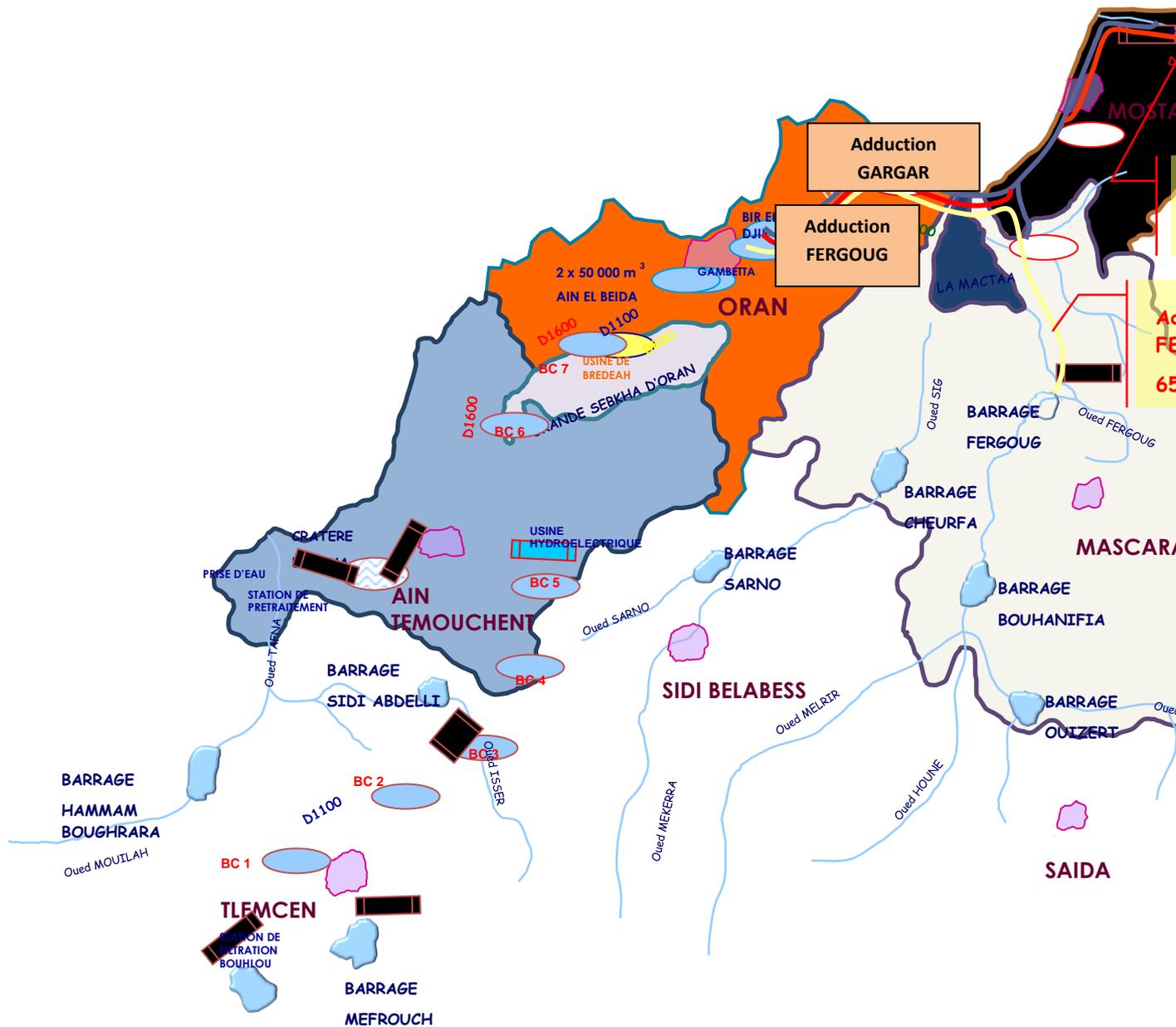


Figure III-2: Transfert Est

### III.2.2.1. Le transfert Gargar-Oran

Cette adduction a une capacité de  $110.000 \text{ m}^3/\text{j}$ . Elle comprend principalement les ouvrages suivants :

- Deux stations de traitement (station de Chellif) dotées de réservoirs d'eau filtrée d'une capacité respective de  $1.000 \text{ m}^3$  et  $15.000 \text{ m}^3$  ;
- L'adduction de l'eau brute est d'une longueur de 81km. Celle de l'eau traitée est composée de plusieurs tronçons des conduits de différents diamètres et longueurs ;

- De plusieurs stations de pompage (06) et d'un surpresseur placé à 2,5km du barrage et qui a été mis en service pour un débit 148.000 m<sup>3</sup>/j.

### **III.2.2.2. Adduction du Fergoug**

Ayant une capacité initiale égale à 17 hm<sup>3</sup>, le barrage Fergoug, l'un des plus anciens au niveau national, est actuellement envasé. C'est à partir de ce barrage, réhabilité durant les années 1970, que le transfert Fergoug-Oran, est réalisé en 1972. Il permet de desservir plusieurs agglomérations situées essentiellement dans les wilayas de Mascara et Oran.

### **III.2.2.3. Transfert du MAO**

Le système de transfert M.A.O garantira un volume de 115 M m<sup>3</sup>/an. L'alimentation en eau potable des villes situées dans le couloir "Mostaganem- Arzew- Oran" sera répartie comme suit : 45 Mm<sup>3</sup>/an pour la wilaya de Mostaganem, 110 M m<sup>3</sup>/an pour la wilaya d'Oran.

Le projet comprend quatre parties:

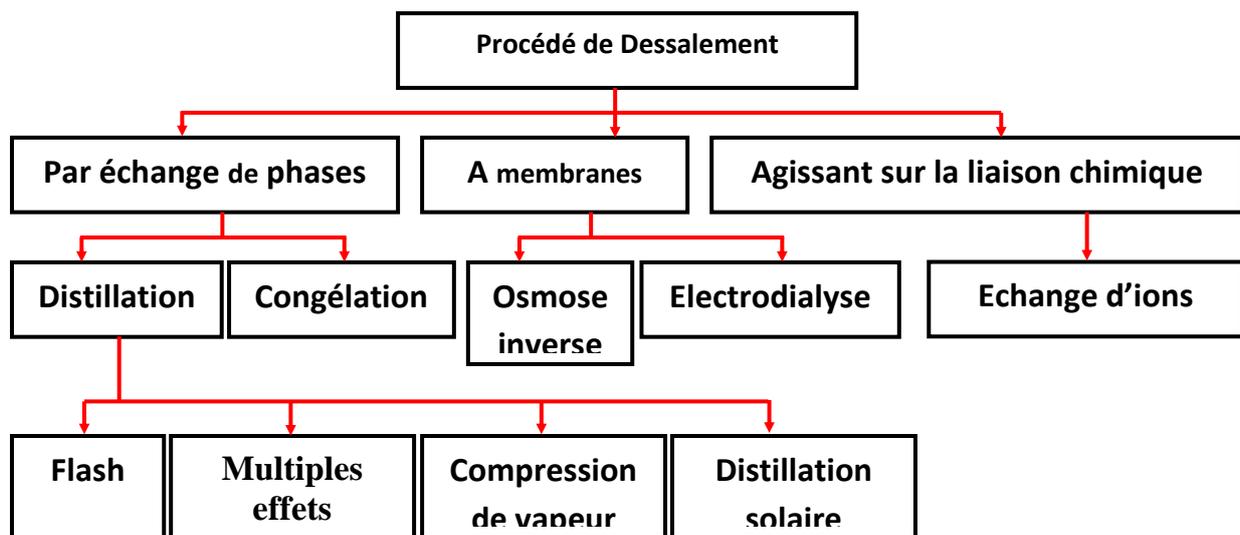
- le Barrage de dérivation du Cheliff et son circuit hydraulique ;
- le Barrage de stockage de Kerrada et son circuit hydraulique ;
- l'Adduction du couloir Mostaganem- Arzew- Oran ;
- la Station de traitement.

## **III.3. LES RESSOURCES NON CONVENTIONNELLES**

La sécheresse qu'a connue la Wilaya d'Oran a affecté le niveau des ressources mobilisables de manière importante. Les installations de transfert, de stockage et de distribution ont été exploitées à moins de la moitié de leur capacité en raison du déficit enregistré dans les bilans hydriques. Les programmes d'urgences qui ont été mis en œuvre ont porté, en plus des transferts externes, sur la mobilisation de nouvelles ressources locales et notamment le dessalement de l'eau de mer et l'épuration des eaux usées.

### **III.3.1. LE DESSALEMENT**

C'est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). Les divers procédés de dessalement peuvent être classifiés différemment selon la figure III-3 :



**Figure III-3 : Schéma de classification selon le principe sur lequel se base le procédé**

Sur l'ensemble de ces procédés, le marché mondial est dominé par le procédé de distillation ou MSF (Multi Stage Flash). Toutefois, l'osmose inverse connaît également un essor considérable étant plus compétitive par rapport à beaucoup de systèmes à grande capacité.

### **III-3-1-1/ LES INFRASTRUCTURES DE DESSALEMENT DANS LA WILAYA D'ORAN**

La wilaya d'Oran possède quelques unités de dessalement sur son territoire (la SDEM *Kahrana* d'Arzew, des *Dunes* et celle de *Bousfer*). D'autres SDEM situées en dehors du territoire de la Wilaya alimente cette dernière (*Chatt el Hilal* dans la Wilaya de Témouchent et celle de la *Macta* dans la Wilaya de Mostaganem). Une unité de déminéralisation est également en fonction à Brédéah.

#### **A/ Station de dessalement d'eau de mer « KAHRAMA » à Arzew**

Le transfert à partir de Gargar a été renforcé, à partir d'août 2005 par les eaux de la station de dessalement Kahrama d'une capacité de 90.000 m<sup>3</sup>/j dont 20.000 sont réservés aux besoins de la zone industrielle d'Arzew. Les eaux destinées à la ville d'Oran sont acheminées vers le nouveau réservoir de Canastel par l'intermédiaire d'une station de pompage de 100.000 m<sup>3</sup>/j et une adduction de 48" (soit 121,92 cm) de 33,18 kilomètres.

Dans cette station, le système MSF (Multi-Stage-Flash) est utilisé pour la production de l'eau dessalée.

### **B/ La station de déminéralisation 'Brédéah'**

La station de déminéralisation Brédéah, se trouve à 25km de la ville d'Oran. Elle a été mise en service en 2005 avec une capacité de production de 25 000 m<sup>3</sup>/j. Toutefois, en raison de la baisse du niveau de la nappe, le débit fourni actuellement est de 18 000 m<sup>3</sup>/j. Les eaux produites sont injectées au réservoir 2x50 000 m<sup>3</sup> par une conduite de Ø 700 mm.

Soulignons que le procédé de désalinisation utilisé dans cette station est de l'osmose inverse.

### **C/ Les stations de dessalement d'eau de mer « Les Dunes et Bousfer »**

Deux stations de dessalement les Dunes et Bousfer, mises en service en 2005, sont destinées exclusivement au renforcement de l'AEP de la corniche oranaise par un volume journalier de 6 000 m<sup>3</sup>/j (Capacité maximale 10 500 m<sup>3</sup>/j).

Inaugurée le 18 juillet 2005, la station de 'Bousfer' utilise le procédé de l'osmose inverse. Dotée d'un taux de conversion de 45%, elle traite 12.480 m<sup>3</sup> d'eau de mer par jour pour fournir quotidiennement 5.500 m<sup>3</sup> d'eau potable à la wilaya d'Oran.

La station des Dunes est de type monobloc également et a une capacité de 5.000 m<sup>3</sup>/j. Elle a été mise en service en novembre 2005 et utilise le même procédé d'osmose inverse avec un taux de conversion est de 38%.

### **D/ La station de dessalement de 'Chatt el Hilal'**

L'usine de dessalement de Chatt El Hillal est implantée dans la wilaya de Temouchent et produira, en régime de croisière, 200.000 m<sup>3</sup>/j. Elle est raccordée au réservoir de tête de la station de traitement Dzioua. Elle contribuera au renforcement de l'AEP de la wilaya d'Oran. Depuis sa mise en service en 2009, cette station de dessalement produit un volume journalier de 100 000 m<sup>3</sup>/j.

### **E/ La station de dessalement de la Mactâa**

Cette station est située à Mostaganem et est en cours de réalisation avec une capacité de 500.000 m<sup>3</sup>/j. Elle sera destinée à la sécurisation de l'AEP de la Wilaya d'Oran ainsi que les wilayates limitrophes (Mostaganem, Relizane et Mascara).

Un débit de 225 000 m<sup>3</sup>/j est prévu à partir de cette station en 2012 avec l'objectif de garantir une distribution d'AEP dans la wilaya sans interruption.

Cette station de dessalement aura un rôle fondamental pour répondre aux besoins en eau potable et constituera dès sa mise en service prévue pour la fin de l'année 2012, un facteur essentiel de l'autosuffisance hydrique particulièrement de la wilaya d'Oran.

### III.3.2. LE TRAITEMENT DES EAUX USEES

L'épuration et l'utilisation des eaux résiduelles constituent à la fois un défi et une occasion pour les communes de la Wilaya. A la sortie des égouts, les eaux usées urbaines sont épurées dans une station de traitement des eaux et d'épuration (STEP) par une série de traitements primaires qui permettent d'éliminer rapidement les déchets les plus grossiers mais aussi les sables, les graisses et des matières en suspension. Un traitement biologique permet ensuite d'éliminer le reste de la pollution. Ce sont des bactéries qui s'en nourrissent.

Le schéma ci-après présente les différentes étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration.

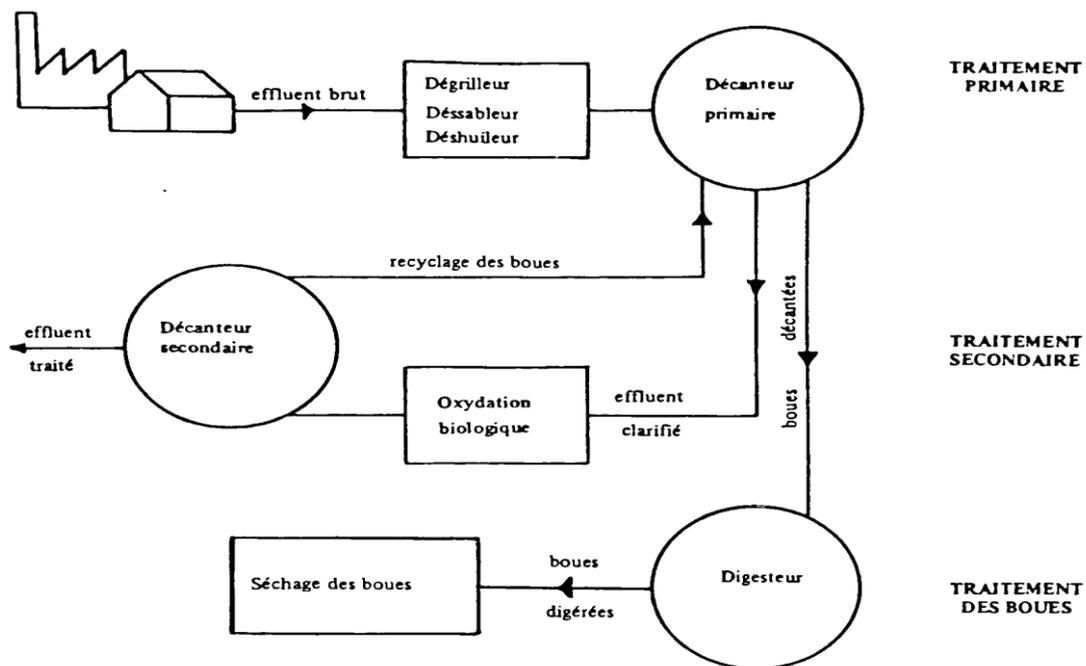


Figure III-4 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration

Les eaux usées dans les STEP sont généralement soumises successivement à :

- Un prétraitement de :
  - Dégrillage ;
  - Dessablage ;
  - déshuilage.
- Un traitement primaire de :
  - Décantation ;
  - Flottation ;
  - coagulation et floculation.
- Un traitement secondaire, le plus souvent biologique, par :
  - un procédé extensif de lagunage ou ;
  - un procédé intensif à cultures libres type boues activées ou bien à cultures fixées type lits bactériens ou bio filtres bactériens.
- Un traitement tertiaire :
  - biologique d'élimination de l'azote et du phosphore ;
  - chimique de précipitation et de décantation du phosphore ;
  - et physico-chimique de désinfection.

### **III.3.3. LES INFRASTRUCTURES D'EPURATION DE LA WILAYA D'ORAN**

#### **A/ Station d'épuration du Groupement Urbain d'Oran d'El Karma**

Située près de la décharge publique d'El Kerma, cette station d'épuration prendra en charge toutes les eaux usées du groupement urbain d'Oran qui comprend les communes d'Oran, Es-Senia, Bir El-Djir, Sidi Chahmi et El-Kerma. Au total, près de 274.000 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées déversées seront traitées, ce qui confère à cette station le rang de la plus grande STEP du pays. Les eaux usées récupérées par les différentes stations de pompage seront réutilisées pour l'irrigation de la plaine de la Mleta, dans la région de Tafraoui.

Cette station est caractérisée par les données suivantes :

- Wilaya : ORAN, Commune : Kerma ;
- Zone géographique : au sud de la wilaya ;
- Région hydrographique : au bord de la Sebkhia d'Oran ;
- Nom de la STEP : Station d'épuration du groupement urbain d'Oran ;
- Les agglomérations raccordées à la STEP : partie d'Oran, Bir El Djir, Es Senia et El Kerma ;

- Etat de la STEP : exploitation ;
- Filière d'épuration : boues activées à moyenne charge ;
- Nature des eaux usées : Urbaine ;
- Rendement épuratoire (qualité des eaux usées épurées à la sortie de la STEP) :
  - Rendement en DBO5 = 94.99% (15 mg/l) ;
  - Rendement en MES = 95.93% (23 mg/l) ;
  - Rendement en DCO = 91% (77 mg/l) ;
- Le gestionnaire de la STEP : entreprise réalisatrice Vatech Wabag ;
- Capacité installée (m<sup>3</sup>/j) : 270 400 m<sup>3</sup>/j à l'horizon 2015 ;
- Volume des eaux usées épurées actuel (m<sup>3</sup>/j) : 60 000 m<sup>3</sup>/j ;
- L'existence d'un traitement tertiaire dans la STEP : chloration dont l'utilisation à la demande de l'étude de l'aménagement de la Mleta ;
- Milieu récepteur des eaux usées épurées : sebkhia et deux lagunes destinées à la réutilisation.

#### **B/ Station d'épuration de Ain El Turck :**

La station d'épuration des eaux usées de la daïra côtière d'Aïn Turck (Oran) reliera quatre zones balnéaires, à savoir Bousfer, Sidi Hammadi, Gueddara et les Andalouses.

Cette nouvelle STEP, première du genre à voir le jour dans la corniche Ouest d'Oran, couvrira les besoins de 250.000 habitants, soit une capacité de traitement d'un volume de 30.000 m<sup>3</sup> d'eaux usées/jour.

Elle présente les caractéristiques suivantes :

- Wilaya : ORAN, Commune : Ain EL Turck ;
- Zone géographique : Littoral ;
- Région hydrographique : Ouest de la wilaya ;
- Nom de la STEP : Station d'épuration d'Ain El Turck ;
- Les agglomérations raccordées à la STEP : Daïra de Ain EL Turck et CapFalcon ;
- Etat de la STEP exploitation ;
- Filière d'épuration : boues activées à moyenne charge ;
- Nature des eaux usées : Urbaine ;
- Rendement d'épuratoire (qualité des eaux usées épurées à la sortie de la STEP) :
  - MES: 30 mg/l;
  - DBO5: 30 mg/l;
  - DCO: 90 mg/l;
  - TKN: 10 mg/l;

- P: 2 mg/l.
- Le gestionnaire de la STEP : STEREAU (France) ;
- Capacité installée (m<sup>3</sup>/j) : 30 000 m<sup>3</sup>/j a l'horizon 2030 ;
- Volume des eaux usées épurées actuel (m<sup>3</sup>/j) : 10 000 m<sup>3</sup>/j à 2010 ;
- L'existence d'un traitement tertiaire dans la STEP : traitement tertiaire de la STEP : le phosphore et la chloration ;
- Milieu récepteur des eaux usées épurées : le Rejet vers la mer ;
- Destination des eaux de la STEP : Irrigation ;
- Nom du périmètre : Bousfer ;
- La superficie du périmètre (ha) prévues dans l'étude : 450 HA ;
- Type des cultures prévues dans l'étude : Arboricultures
- Mode d'irrigation prévue dans l'étude : goutte à goutte et l'aspersion.

### **C/ Station d'épuration de Béthioua (en cours de réalisation)**

Les caractéristiques de cette station en cours de réalisation sont les suivantes :

- Wilaya : ORAN, Commune : Béthioua ;
- Zone géographique : Littoral ;
- Région hydrographique : l'Est de la wilaya ;
- Nom de la STEP : Station d'épuration de Béthioua ;
- Les agglomérations raccordées à la STEP : Béthioua et Ain EL bia ;
- Etat de la STEP (travaux, étude, exploitation) : Etude 100% Achevée, choix de l'entreprise de réalisation en cours ;
- Filière d'épuration : boues activées à moyenne charge ;
- Nature des eaux usées : Urbaine ;
- Rendement d'épuratoire (qualité des eaux usées épurées à la sortie de la STEP) :
  - MES: 30 mg/l;
  - DBO5: 30 mg/l;
  - DCO: 90 mg/l;
  - TKN: 10 mg/l;
  - P: 2 mg/l,
- Capacité installée (m<sup>3</sup>/j) : 25 117 m<sup>3</sup>/j a l'horizon 2030 ;
- Milieu récepteur des eaux usées épurées : le Rejet vers la mer ;
- Consistance des travaux : le projet consiste en 05 stations de relevage (refoulement des eaux usées vers la station d'épuration de Béthioua) et la réalisation de la station d'épuration.

Les caractéristiques des stations de traitement et d'épuration existant et en cours de réalisations des eaux usées de la Wilaya d'Oran sont récapitulées dans le tableau suivant :

Station d'épuration caractéristiques		Station d'épuration EL KERMA	Station d'épuration de Ain El Turck	Station d'épuration de Béthioua (en cours de réalisation)
Filière d'épuration		<b>boues activées à moyenne charge</b>	<b>boues activées à moyenne charge</b>	<b>boues activées à moyenne charge</b>
Nature des eaux usées		<b>Urbaine</b>	<b>Urbaine</b>	<b>Urbaine</b>
Rendement épuratoire	<b>DBO5</b>	<b>94.99% (15 mg/l)</b>	<b>30 mg/l</b>	<b>30 mg/l</b>
	<b>MES</b>	<b>95.93% (23 mg/l)</b>	<b>30 mg/l</b>	<b>30 mg/l</b>
	<b>DCO</b>	<b>91% (77 mg/l)</b>	<b>90 mg/l</b>	<b>90 mg/l</b>
Capacité installée (m <sup>3</sup> /j) Horizon 2030		<b>270 400 m<sup>3</sup>/j à</b>	<b>30 000 m<sup>3</sup>/j</b>	<b>25 117 m<sup>3</sup>/j a</b>
Volume des eaux usées épurées actuel (m <sup>3</sup> /j)		<b>60 000 m<sup>3</sup>/j</b>	<b>10 000 m<sup>3</sup>/j</b>	<b>/</b>
Milieu récepteur des eaux usées épurées		<b>SEBKHA</b>	<b>Vers la mer</b>	<b>Vers la mer</b>

**Tableau III-1 : Caractéristiques des stations de traitement**

### **III.4. RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE**

#### **III.4.1. LES UNITES HYDROGEOLOGIQUES DE LA WILAYA**

La Wilaya d'Oran comprend trois grandes unités hydrogéologiques (SOGREAH, 2009).

- La nappe de la plaine côtière d'Ain Turk (Code 31\_4\_1) est constituée d'aquifères multicouche avec nappe libre avec un ou plusieurs aquifères profonds. Ceci lui confère de grandes réserves.

- La nappe de la plaine de Brédéah (Code 31\_4\_2) s'étend à la partie orientale de la Plaine de M'Léta (Tafraoui, Oued Tlétat). Cette nappe se situe en bordure de la Sebkhah d'Oran. A cause des nombreux pompages effectués sur cette bordure, des infiltrations de sel en ont contaminé une partie. Le reste de la nappe n'est pas touchée par le processus de salinisation.

- Le complexe karstique de Murdjadjo (Code 31\_3\_1) qui comprend le Djebel Murdjadjo et son extension géologique plus à l'Est. Ce système d'aquifères à surface lisse, plus ou moins compartimentés, a une capacité de régulation variée.

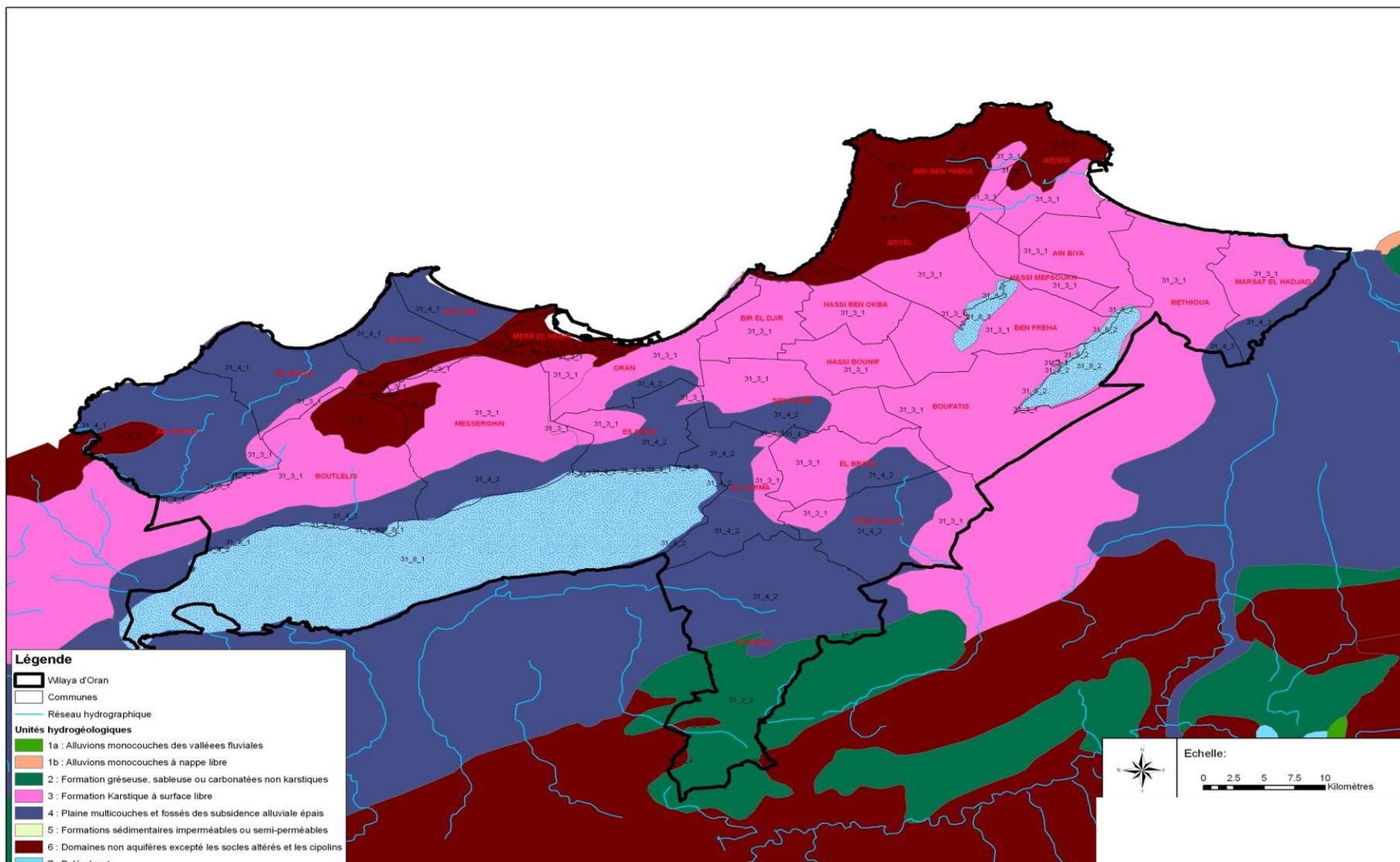
Une autre unité hydrogéologique existe mais est moins favorable : celle de la partie Nord d'Arbal (Code 31\_2\_2), au Sud de la nappe des Plaines Brédéah et M'Léta.

Quelques zones ne possèdent pas d'aquifère, le Djebel Orousse (Code 31\_6\_1), la zone côtière à l'Ouest d'Arzew (Code 31\_6\_3) et la troisième est entre la Plaine côtière d'Ain Turk et le Djebel Murdjadjo (Code 31\_6\_2).

Les eaux souterraines proches des trois zones la sebkhah d'Oran (Code 31\_8\_1), le lac de Telamine (Code 31\_8\_3) et les salines d'Arzew (Code 31\_8\_2) sont en liaison avec les lacs salés ou pollués et sont inutilisables pour l'irrigation car de mauvaise qualité.

On a superposé dans la carte suivante la localisation des unités hydrogéologiques de la Wilaya avec les trois sous bassins versants.

Figure III-5 Localisation des Unités Hydrogéologiques de la Wilaya d'Oran



Suivant l'étude de SOGREAH (2009), la superficie de ces unités hydrogéologiques est la suivante :

Code de l'unité hydrogéologique	31_3_1	31_4_1	31_4_2	31_2_2
Nom	Nappe du Murdjadjo	Versant Nord du Murdjadjo	Nappe du Quaternaire	
Description géographique	Complexe kartisque de Murdjadjo	Nappe de la Plaine côtière d'Ain Turk	Nappe de la Plaine de Brédéah	Partie nord de la Nappe d'Arbal
Superficie de l'unité (Ha)	88562	20363	36395	7044

**Tableau III-2 : Superficie des unités hydrogéologiques**

#### III.4.2. LES PRINCIPAUX MODES DE PRELEVEMENT SUR AQUIFERES

L'exploitation des ressources souterraines se fait principalement par le biais de puits (94%) et accessoirement de forages (6%). On trouve par contre très peu de sources et celles-ci sont principalement concentrées dans les Cotes littorales du Tlemçanais-Oranais, principalement dans les communes de Ain Kerma et El Ançor.

Les puits représentent le principal mode de prélèvement sur aquifère et sont principalement concentrés dans les communes de Misserghine (260 puits) et Boutlelis (173) exploitant la nappe peu profonde de Brédéah. Les communes de Sidi Chami (205 puits), Hassi Bounif (195), Boufatis (101), Gdyel (96) et Bir El Djir (95) recourent également à ce mode de prélèvement en exploitant le champ de captage des Complexes Jurassiques des Monts d'Arzew. La commune de Aïn-Kerma (113 puits), exploite quand à elle le champ de captage du flanc Nord du Djebel Murdjadjo.

Quand au forage, leur quasi-totalité est concentré dans les 2 communes de Messerghin (50) et de Boutlelis (35), dans la région des Piemonts du Murdjadjo- Sebkhah d'Oran. Ils exploitent la nappe tertiaire profonde peu minéralisée du flanc Sud du Djebel Murdjadjo.

Selon les données de l'Etude d'inventaire de la PMH de 2008, le mode de prélèvement sur aquifère et par région agricole est le suivant :

Région agricole	Nombre de communes	Nombre de forages	Nombre de puits	Nombre de sources
<b>PIEMONTS DU MURDJADJO SEBHA D'ORAN</b>	4	89	518	0
<b>PLAINES DE HASSI BOUNIF -GDYEL</b>	15	14	1 076	2
<b>COTES LITTORALES DU TLEMCANAIS-ORANAIS</b>	5	9	291	14
<b>PLAINE DE LA M'LETA</b>	2	6	118	0
<b>TOTAL WILAYA</b>	<b>26</b>	<b>118</b>	<b>2 003</b>	<b>16</b>

**Tableau III-3: Mode de prélèvement sur aquifères**

# **CHAPITRE IV: MODELISATION ET SIMULATION DE LA DEMANDE EN EAU DES MENAGES, DES SERVICES COLLECTIFS ET DE L'INDUSTRIE ET AFFECTATION DES RESSOURCES**

## **IV.1. INTRODUCTION**

On étudie dans ce chapitre la demande en eau potable par les ménages et les services collectifs ainsi que celle du secteur industriel. Une modélisation simple permettra de simuler différents scénarios et de déterminer pour chacun d'eux le déficit en eau de la Wilaya sur une longue période.

Les ressources en eau exploitées ne sont pas nécessairement localisées dans l'unité géographique délimitée par la Wilaya d'Oran. D'une façon générale, le système des flux d'eau régional présente des entrées et sorties potentielles depuis et vers d'autres régions d'usage de l'eau.

La particularité de la Wilaya d'Oran est effectivement d'être une région dont l'apport externe d'eau est important. Les eaux superficielles requises pour satisfaire la demande d'eau de la population et de l'industrie proviennent pour une partie importante des régions limitrophes et la Wilaya d'Oran ne réalise pas une autosuffisance dans l'alimentation en eau de la région. L'importance des transferts d'eau (apports externes) permet difficilement de parler d'une politique de l'eau de la Wilaya.

Une autre remarque importante est que le secteur de l'agriculture et le reste du système de demande de la Wilaya (AEP ménages et collectivités, industries) sont approvisionnés par des sources différentes. Les ressources pour le secteur agricole proviennent principalement des nappes souterraines tandis que l'alimentation des ménages, services collectifs et de l'industrie fait appel aux transferts d'eau externes à la Wilaya, aux prélèvements superficiels et au dessalement. Ainsi, ces deux grands secteurs peuvent être traités séparément et il n'y a pas de priorité de sites de destination entre eux. Il n'y a pas non plus de transmission entre les flux d'entrée ou de sorties de ces deux secteurs puisque les rejets d'eau d'AEP ou de l'industrie ne sont pas retraités pour une réutilisation externe par le secteur de l'agriculture<sup>2</sup>. Cette 'déconnection' entre les deux secteurs justifie

---

<sup>2</sup> Dans la dernière partie, on procédera justement à une simulation qui envisage l'utilisation des eaux des STEP par le secteur agricole.

l'adoption d'un plan d'étude qui traite d'abord de la demande en eau par la population et le secteur industriel, puis, dans un chapitre suivant, de la demande du secteur de l'agriculture.

## **IV.2. LE MODELE DE DEMANDE EN EAU DANS LE SECTEUR HORS AGRICULTURE.**

### **IV.2.1. LES EQUATIONS DU MODELE.**

La demande d'eau, hors du secteur de l'agriculture, se partage entre les besoins des ménages, les besoins des services collectifs et ceux du secteur de l'industrie.

#### **IV.2.1.1. La demande des ménages**

Celle-ci est fonction de la taille de la population et de la consommation d'eau unitaire. La consommation d'eau unitaire peut elle-même, comme on le verra plus tard, être une fonction d'un certain nombre de paramètres comme le taux d'occupation des logements, le niveau de revenu par personne ou le taux de raccordement.

#### **IV.2.1.2. La demande d'eau des services collectifs**

C'est la demande destinée à satisfaire des besoins collectifs et non individuel. Il s'agit par exemple de l'eau destinée aux hôpitaux et aux autres services publics ou l'arrosage des places publiques, l'alimentation des bouches d'incendie, etc.

#### **IV.2.1.3. La demande d'eau du secteur industriel**

Il faut noter qu'on ne dispose pas de données sur la demande d'eau exprimée par les entreprises des communes de la wilaya d'Oran. Celle-ci est, de plus, très hétérogène dépendant de la nature de l'industrie qui peut être plus ou moins consommatrice d'eau. A cause de ces difficultés, on a retenu une démarche consistant à supposer que la taille du secteur de l'industrie dépend de la superficie des zones industrielles dans lesquelles les entreprises sont implantées puis à calibrer la consommation unitaire de l'industrie à l'hectare.

On note que la qualité de l'eau et le coût de production ne sont pas pris en considération dans ce travail.

Le modèle de la demande en eau hors agriculture se compose alors des équations suivantes :

### a/ Demande

$$B_{men} = N * tx_{rac} * B_{unit_{men}} \quad Eq IV-1$$

$$B_{SC} = \alpha * B_{men} \quad Eq IV-2$$

$$B_{ind} = SUP * B_{unit_{ind}} \quad Eq IV-3$$

$$D_{tot} = B_{men} + B_{SC} + B_{ind} \quad Eq IV-4$$

$$P_{tot} = D_{tot} / tx_{eff} \quad Eq IV-5$$

### b/ Production

$$X_{tot} = P \text{ (constante fixée par les services de l'hydraulique)} \quad Eq IV-6$$

### c/ Bilan

$$D_{satisf} = \min(P_{tot}, X_{tot}) \quad Eq IV-7$$

$$Def = P_{tot} - X_{tot} \quad Eq IV-8$$

Avec:

$B_{men}$  = Besoins en eau des ménages

$B_{unit_{men}}$  = Besoin unitaire en eau des ménages

$B_{SC}$  = Besoins en eau des services collectifs

$B_{ind}$  = Besoins en eau du secteur de l'industrie

$B_{unit_{ind}}$  = Besoin unitaire en eau du secteur de l'industrie

$SUP$  = Superficie des zones industrielles

$D_{tot}$  = Demande totale en eau

$P_{tot}$  = Prélèvement requis en eau

$X_{tot}$  = Production totale d'eau

$D_{satisf}$  = Demande en eau satisfaite

$Def$  = Déficit en eau

$\alpha$  = Taux de consommation des services collectifs

$tx_{rac}$  = Taux de raccordement des ménages

$tx_{eff}$  = Taux d'efficacité du réseau

$N$  = Taille de la population

Notons que, du fait des faibles capacités des réservoirs, un déficit (positif) se traduit immédiatement par une demande non satisfaite alors qu'un excédent (déficit négatif) entraîne un débordement. Le taux de recouvrement est égal au rapport de la demande non satisfaite sur la demande totale.

La résolution du modèle nécessite la connaissance de cinq paramètres de structure et de trois variables de niveau. Le tableau ci-dessus résume l'ensemble de ces variables et paramètres du modèle :

<b>Variables du modèle</b>	<b>Données de base</b>	<b>Paramètres de structure</b>
Besoins des ménages en AEP	Volume de Production	taux d'efficience du réseau
Besoins des services collectifs en AEP	taille de la population	taux de raccordement
Besoins de l'industrie	taille du secteur industriel	consommation unitaire des ménages
Demande totale d'eau		taux de consommation des services collectifs
Prélèvement		consommation unitaire de l'industrie
Production totale d'eau		
Demande satisfaite		
Déficit en eau		

**Tableau IV-1 : Les variables du modèle**

#### **IV.2.2. LES DONNEES SUR LES VARIABLES**

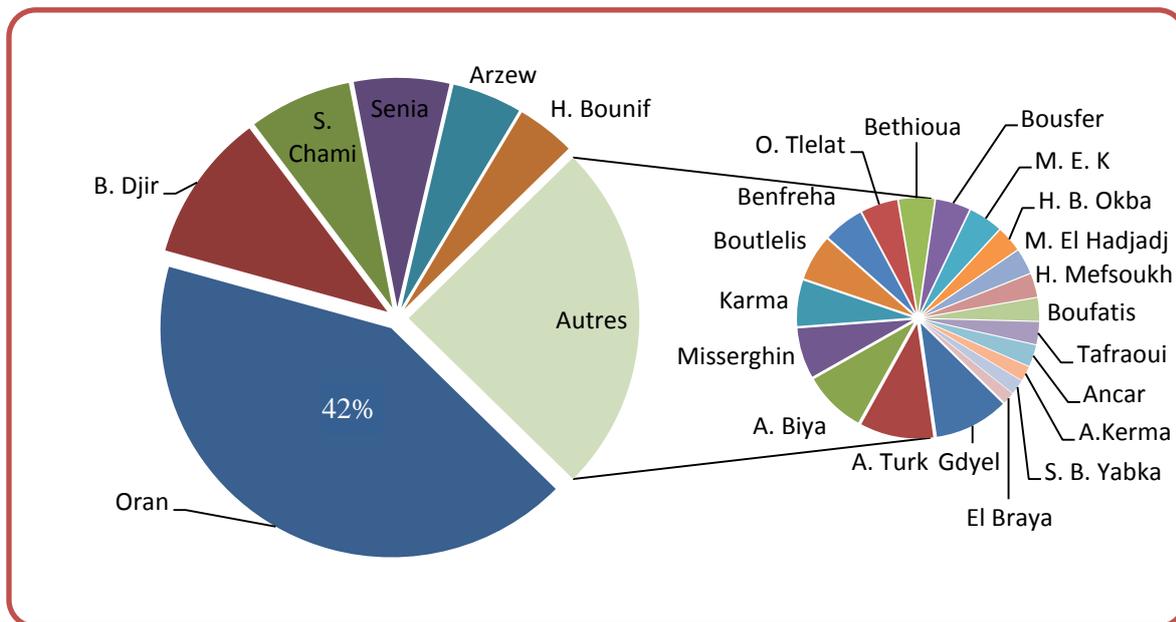
Les données utilisées parviennent du Bulletin du relevé quotidien (BRQ) 2010, du Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008, du taux de raccordement donné par commune donné par l'Office National des Statistiques et de la Monographie de la Wilaya d'Oran de la Direction de la Planification de la Wilaya d'Oran.

Parmi les variables et paramètres de structure *observés*, on a la taille de la population, la taille du secteur industriel, les ressources en eau et le taux de raccordement. Les autres paramètres non observés feront l'objet soit d'hypothèse, soit de calibrage.

#### IV.2.2.1. Taille de la population de la Wilaya d'Oran

La population de la Wilaya d'Oran avec ses 26 communes a été estimée à 1.454.078 habitants par le Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2008.

Par communes, la répartition de la Wilaya d'Oran se présente comme suit (RGPH, 2008) :



**Figure IV-1 : Répartition par communes de la population de la Wilaya d'Oran – 2008.**

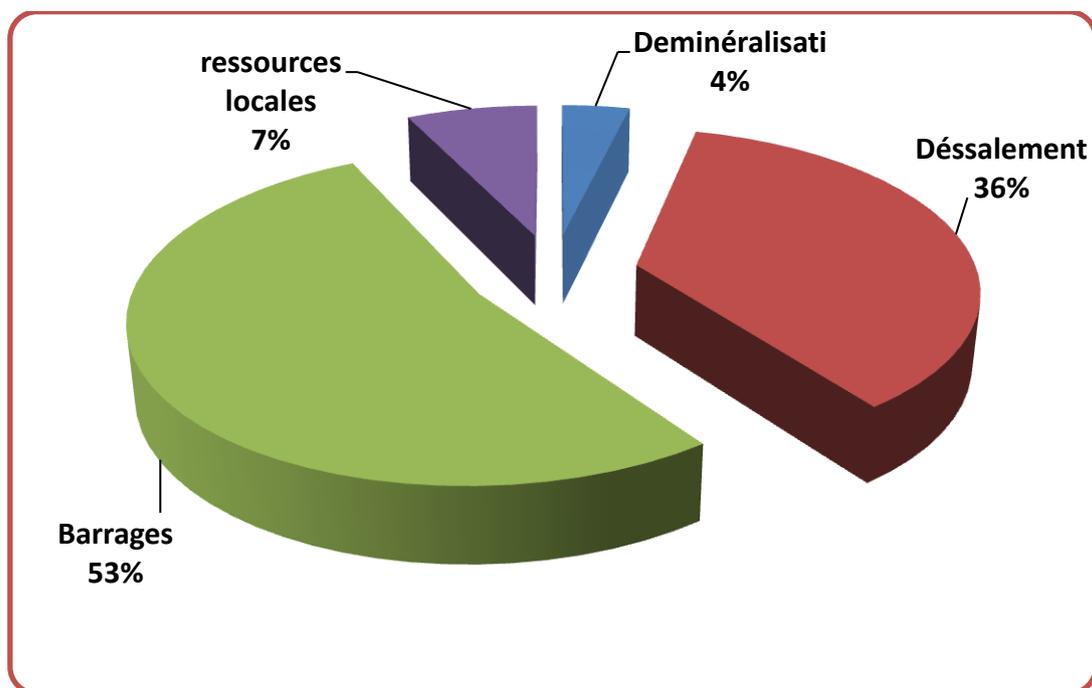
Avec 601.000 habitants en 2008, la commune d'Oran abrite près de 42% de la population de la Wilaya. Les six premières communes représentent ensemble les trois quarts de la population totale, ce qui dénote d'une forte concentration de la population de la Wilaya d'Oran. Si on suppose que la population croît en 2009 et 2010 au même taux que la croissance démographique nationale (1.8%), on peut retenir que la population de la wilaya sera en 2010 est de 1.502.669 personnes.

#### IV.2.2.2. La taille des zones industrielles

Comme cité ci dessus, la consommation d'eau industrielle sera approchée par la superficie des zones industrielles. La Wilaya d'Oran possède 05 zones industrielles dont le pôle d'Arzew. La superficie totale des terrains industriels est de 3248 ha (Direction de la Planification de la Wilaya d'Oran 2010).

### IV.2.2.3. Les ressources en eaux

Si on considère le Bilan des Relevés Quotidiens de la production d'eau dans la Wilaya d'Oran, durant les 6 premiers mois de l'année 2010 (BRQ, 2010), on constate que la production totale d'eau durant cette période de 6 mois a été de 57.384.662 m<sup>3</sup>. Une extrapolation sur l'année nous donne des ressources annuelles de 114.769.324 m<sup>3</sup>. Celles-ci se répartissent suivant plusieurs sources : la production issue de la déminéralisation de Brédéah, la production des stations de dessalement, les transferts issus des barrages hors de la Wilaya ainsi que les ressources locales en volume limité.



**Figure IV-2 : Production d'eau de la Wilaya d'Oran suivant les sources – janvier à juin 2010**

### IV.2.2.4. Taux de raccordement dans la Wilaya

L'Office National des Statistiques (ONS) fournit le taux de raccordement des logements dans le recensement de 2008 sur l'habitat par commune de la Wilaya d'Oran. Le taux de raccordement moyen de la Wilaya a été calculé sur la base d'une moyenne pondérée par le nombre de logements habités.

Communes	Réseau AEP(%)	Logements habités	Logements avec réseau AEP	Communes	Réseau AEP(%)	Logements habités	Logements avec réseau AEP
Oran	95.4	112288	107123	Boufatis	64.9	2052	1332
Gdyel	82.9	5764	4778	Mers El Kebir	80.6	2670	2152
Bir El Djir	50.1	25690	12871	Bousfer	70.8	2717	1924
Hassi Bounif	59.8	8668	5183	El Karma	72	3981	2866
Es Senia	84.6	16090	13612	El Braya	79.9	795	635
Arzew	88.8	13256	11771	Hassi Ben Okba	81	1854	1502
Bethioua	88.2	2857	2520	Benfreha	86.5	3012	2605
Marsat El Hadjadj	96.1	1816	1745	Hassi Mefsoukh	79.5	1799	1430
Ain Turk	78	6582	5134	Sidi Ben Yabka	68.9	1183	815
El Ancar	88.3	2044	1805	Misserghin	72.3	3530	2552
Oued Tlelat	93.1	2754	2564	Boutlelis	86.6	3572	3093
Tafraoui	81	1431	1159	Ain Kerma	88.6	969	859
Sidi Chami	43.1	17488	7537	Ain Biya	97.6	5164	5040
				<b>Total</b>	81.7	250026	204608
				<b>Taux de raccordement moyen au réseau d'AEP de la Wilaya.</b>			<b>81.8%</b>

**Tableau IV-2 : Raccordement au réseau AEP par communes**

### **IV.2.3. LE CALIBRAGE DU MODELE**

Le calibrage du modèle ou calage consiste à déterminer les paramètres non observés du modèle (la consommation unitaire des ménages et de l'industrie, les pertes du réseau de distribution, la part de la demande d'AEP des services collectifs). Le modèle sera correctement calibré lorsqu'avec les paramètres retenus, il reproduit exactement la situation hydrique observée durant l'année de base 2010.

#### **IV.2.3.1. Consommation unitaire de l'industrie**

Suite au manque de données sur le secteur industriel, la consommation unitaire en eau de l'industrie sera évaluée en m<sup>3</sup>/ha et sera fonction de la superficie des zones industrielles et de la consommation unitaire d'eau à l'ha.

La consommation unitaire de l'industrie est déterminée sur la base de la dotation en eau destinée à l'industrie qui selon la Direction de l'hydraulique de la Wilaya (DHW) est de 18.250.000 m<sup>3</sup>/an (50.000 m<sup>3</sup>/j), du taux d'efficacité de la distribution de l'ordre de 80% et de la superficie des zones industrielles dans la Wilaya d'Oran qui est de 3248 ha.

Le tableau ci-après regroupe les résultats obtenus :

Dotation en eau de l'industrie	18.250.000 m <sup>3</sup> /an
Efficacité du réseau	80%
Consommation en eau de l'industrie	14.600.000 m <sup>3</sup> /an
Superficie des zones industrielles	3248 ha
<b>Consommation unitaire en eau de l'industrie</b>	<b>4495,07 m<sup>3</sup>/ha</b>

**Tableau IV-3 : consommation unitaire industrielle**

#### IV.2.3.2. Consommation unitaire en AEP des ménages

La consommation unitaire des ménages sera calculée en m<sup>3</sup> par personne raccordée.

Le BRQ de l'année 2010 indique que la production d'eau de la Wilaya d'Oran est de 114.769.324 m<sup>3</sup> (DHW, 2010). Connaissant la dotation en eau de l'industrie (cf. ci-dessus), on déduit que la production d'eau pour les ménages et les services collectifs s'élèvent à 96.519.324 m<sup>3</sup>/an.

Connaissant le taux de consommation des services collectifs  $\alpha$ , le taux de raccordement  $tx_{rac}$  et la taille de la population  $N$ , l'équation (IV.9) -issue des équations (IV.1) et (IV.2) - est utilisée pour tirer la valeur de la consommation unitaire  $B_{unit_{men}}$  des ménages :

$$B_{unit_{men}} = \frac{B_{men} + B_{SC}}{(1 + \alpha) * (N * tx_{rac})} \quad Eq IV9$$

Le tableau ci-après regroupe les résultats obtenus :

Dotation en AEP des ménages et collectivités (m <sup>3</sup> /an)	96.519.324
Taux d'efficacité	80%
Consommation AEP des ménages et collectivités (m <sup>3</sup> /an) ( $B_{men} + B_{SC}$ )	77.215.459
Taux d'affectation d'AEP aux services collectifs ( $\alpha$ )	20%
Taille de la population en 2010 ( $N$ )	1.502.670
Taux de raccordement ( $tx_{rac}$ )	0.818
<b>Consommation unitaire (m<sup>3</sup>/an) (Eq IV.9)</b>	<b>52,349</b>

**Tableau IV-4 : consommation unitaire des ménages**

La consommation unitaire d'AEP est par conséquent de l'ordre de 143,4 litres par jour par personne.

#### IV.2.3.3. Autre paramètres du modèle

Les autres paramètres du modèle qui ne sont pas directement observables (taux d'efficacité du réseau, taux de consommation collectif) sont déterminés à l'aide d'hypothèses formulées sur leurs valeurs.

C'est ainsi que pour, l'efficacité du réseau de distribution, l'hypothèse retenue est celle d'un taux d'efficacité du réseau de 80%. Cette valeur a été obtenue après discussions avec les cadres de la SEOR.

Concernant la consommation des services collectifs, l'hypothèse retenue est que celle-ci représente 20% de la consommation des ménages.

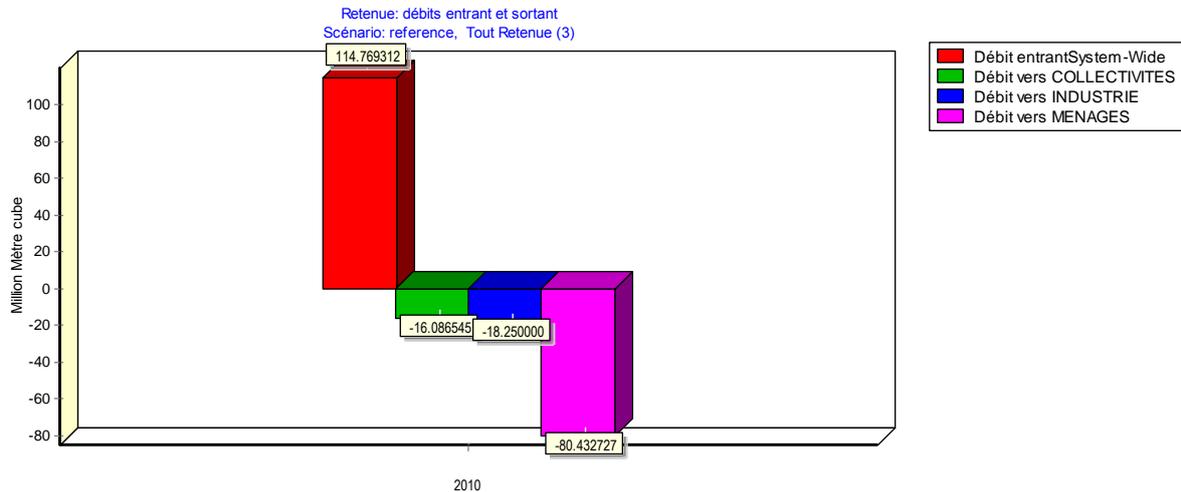
Le tableau IV-5 ci-dessous récapitule les valeurs de paramétrage du modèle pour l'année de référence (2010):

Variables	Valeur	Sources
Ressources annuelles (m <sup>3</sup> )	114.769.324	SEOR
Taille de la population en 2008 (hbts)	1454078	RGPH 2008
Population en 2010 (hbts)	1.502.669	Hypothèse sur le taux de croissance 2009 et 2010
Taille du secteur industriel (ha)	3248	Monographie de la W. d'Oran
Taux de raccordement moyen au réseau d'AEP	81,8%	Calculé à partir des données de communes de l'ONS
Taux d'efficacité du réseau	80%	Hypothèse
Taux de consommation des services collectifs	20%	Hypothèse
Consommation unitaire des ménages (m <sup>3</sup> /an)	52.412	Calibrage
Consommation unitaire de l'industrie (m <sup>3</sup> /an)	4495	Calibrage

**Tableau IV-5 : Paramétrage du modèle**

Avec ces valeurs, le modèle reproduit exactement le bilan d'AEP de la Wilaya d'Oran en 2010 comme le montre la figure IV-3 ci dessous. Celle-ci montre le bilan d'AEP simulé avec le

modèle WEAP ainsi calibré. L'équilibre entre les flux entrant (114,7 millions de m<sup>3</sup>) dans les réservoirs et les flux sortant vers le système (y compris les pertes de distributions) : ménages (80,4 millions de m<sup>3</sup>), collectivités (16,1 millions de m<sup>3</sup>) et industries (18,25 m<sup>3</sup>) en 2010 reproduit exactement la situation hydrique de la Wilaya pour les secteurs des ménages, des services collectifs et de l'industrie.



**Figure IV-3: Flux entrant et sortant des ressources en eau de la wilaya d'Oran**

### IV.3. ANALYSE DES SCENARIOS

Le calibrage du modèle permet de définir le Compte de l'année de base (*Current Account*) qui reproduit la situation de 2010. Une fois le modèle calibré, la modélisation des scénarios s'effectue en deux étapes. Dans la première, un scénario de référence est établi à partir du compte de base pour simuler l'évolution du système sans aucun changement. Dans la seconde étape, on crée des scénarios de type '*que se passe-t-il si ?*' pour modifier le scénario de référence et évaluer les effets des changements dans la demande, la production ou le management des ressources en eau.

#### IV.3.1. LE SCENARIO DE REFERENCE

Le scénario de référence est le scénario de base à travers lequel les autres scénarios seront comparés. Il traduit simplement une projection des tendances courantes sans changements majeurs.

Dans le scénario de référence 2010-2030 utilisé, on fait varier seulement les variables de niveau (la taille de la population et la taille du secteur industriel) en maintenant tous les paramètres de structure constants. Cela a pour effet :

- de faire croître les besoins en eau de l'industrie au taux de croissance de la superficie des zones industrielles,
- de faire croître le besoin en AEP des ménages et des collectivités au taux de croissance de la population entre 2010 et 2030 d'après l'équation (IV. 1) du modèle.

#### **IV.3.1.1. La projection de l'évolution de la superficie des zones industrielles**

Dans le schéma directeur des zones industrielles (Ministère de l'industrie, 2008), il est prévu la création en 2020 de 30 nouvelles zones industrielles mais sans que celles-ci soient encore localisées dans le pays en plus des 52 zones actuellement existantes dans le pays, ce qui donne un taux de croissance moyen de 4.7% par an. Sur la base de cette hypothèse, on peut retenir une croissance des besoins en eau de l'industrie pour la Wilaya d'Oran de l'ordre de 5% par an sur la période allant de 2010 à 2030 (légèrement plus grande que la moyenne nationale pour rattraper le retard de la Wilaya).

#### **IV.3.1.2. La Projection de la croissance de la population de la Wilaya**

La démarche adoptée consiste à supposer que la Wilaya d'Oran s'inscrit dans la tendance nationale et à retenir pour la Wilaya les taux de croissance démographique à l'échelle du pays. Rappelons que la population algérienne a crû entre 1998-2008 au taux moyen de 1,64% passant de 29.5 millions de personnes en 1998 à 34,5 millions en 2008 (RGPH 2008).

Année	1966-1977	77-87	87-98	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
Population (en milliers)	/	/	/	29,5	30,0	30,4	30,9	31,4	31,8	32,4	32,9	33,5	34,1	34,7
Taux de Cce démograph.	2,6%	3,7%	2,8%	1,6%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%	1,6%	1,6%	1,7%	1,8%	1,8%	1,8%

**Tableau IV-6 : Evolution de la croissance démographique en Algérie : 1966-2008**

Mais à partir de 1987, on a observé une baisse du rythme de croissance démographique qui dure jusqu'à aujourd'hui malgré une légère reprise sur la période récente.

En adoptant les mêmes tendances au niveau de la Wilaya d'Oran, on a retenu comme variante centrale du scénario de référence un rythme annuel entre 2010 et 2030 positif mais légèrement décroissant en conformité avec les pays similaires à l'Algérie malgré la

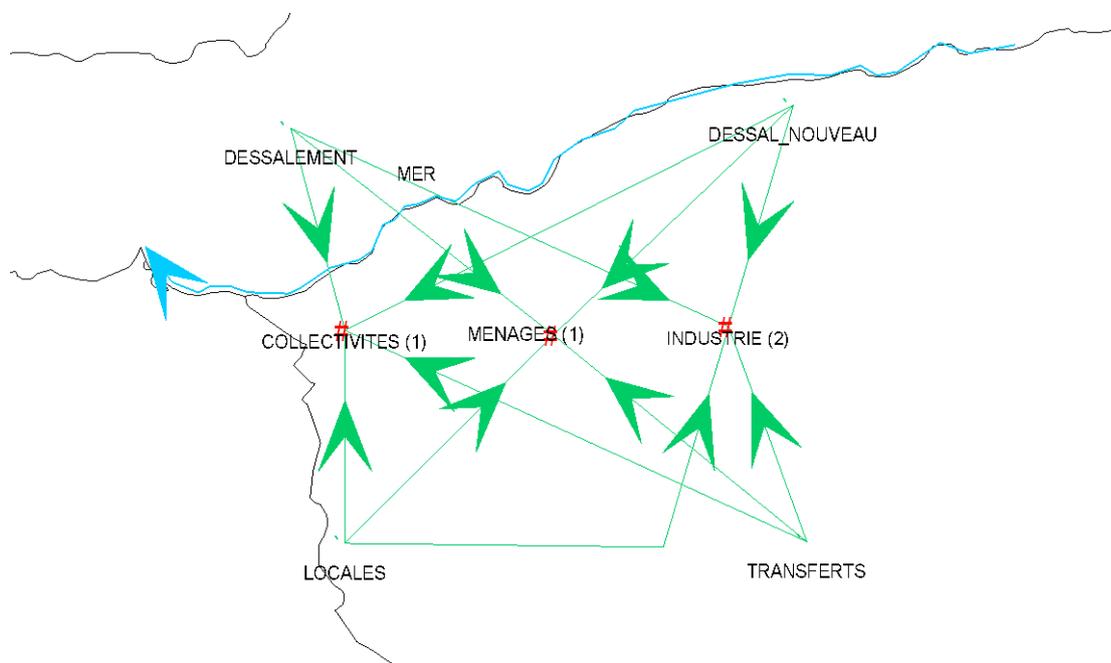
légère reprise au cours des dernières années. Le tableau (IV-7) ci-après présente cette projection de la population entre 2010 et 2030 dans la wilaya.

Année	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Taux de croissance de la pop.	1.8%	1.9%	1.9%	1.7%	1.5%	1.2%
Population projetée	1.480.251	1.508.376	1.657.222	1.802.957	1.942.297	2.061.665

**Tableau IV-7: Projection de la population totale de la Wilaya d’Oran : 2010-2030**

#### IV.3.1.3. Les résultats du scénario de référence

Les sources de production : Dans ce scénario de référence, le schéma hydraulique de la Wilaya distingue la production des stations de dessalement, les transferts externes des barrages, la déminéralisation de Bredéah et les sources locales.



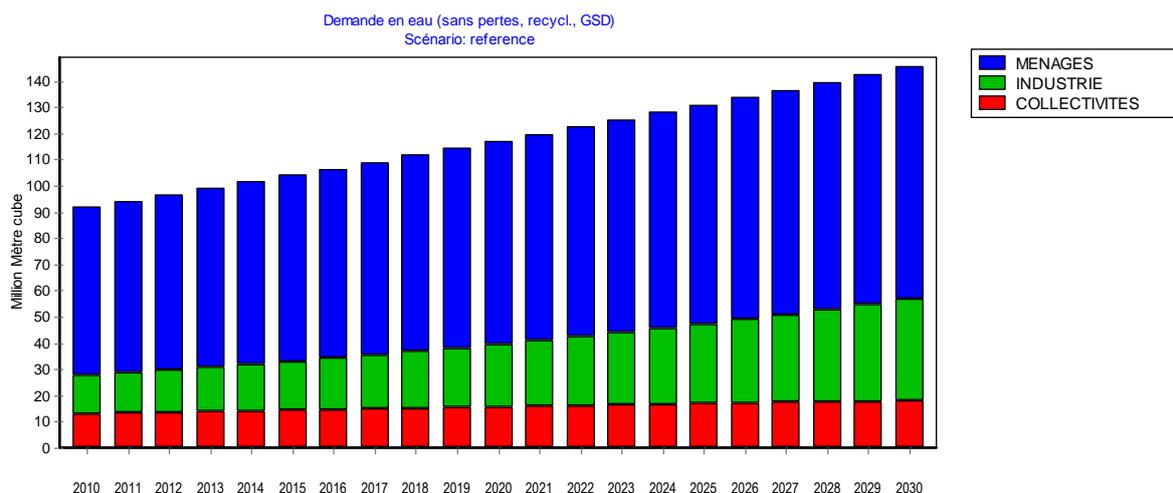
**Figure IV-4 : Schéma hydraulique de la wilaya d’Oran.**  
Scénario de référence (2010-2030).

Les priorités d'affectation des ressources en eau sont de trois niveaux qui doivent être précisés dans le programme de résolution:

- les priorités de demande : elles indiquent l'ordre dans lequel les besoins des sites sont satisfaits. On impose que les ménages et les services collectifs sont prioritaires dans la satisfaction de leur besoin d'eau par rapport à l'industrie ;
- les préférences d'approvisionnement : lorsqu'un site de demande peut être alimenté par plusieurs sources (stations de dessalement, station de traitement, transferts ou autres sites), la priorité d'approvisionnement doit être précisée. On a imposé un approvisionnement en priorité des stations de dessalement à cause du coût de non production (take or pay), puis aux ressources locales (déméralisation des eaux de Brédéah, puis aux transferts des autres Wilaya) ;
- les priorités à l'alimentation du système (satisfaction de la demande) par rapport au remplissage des réservoirs (stockage d'eau). Comme les réservoirs ont une capacité de stockage négligeable par rapport au flux annuels d'eau, le problème ne se pose pas dans notre cas.

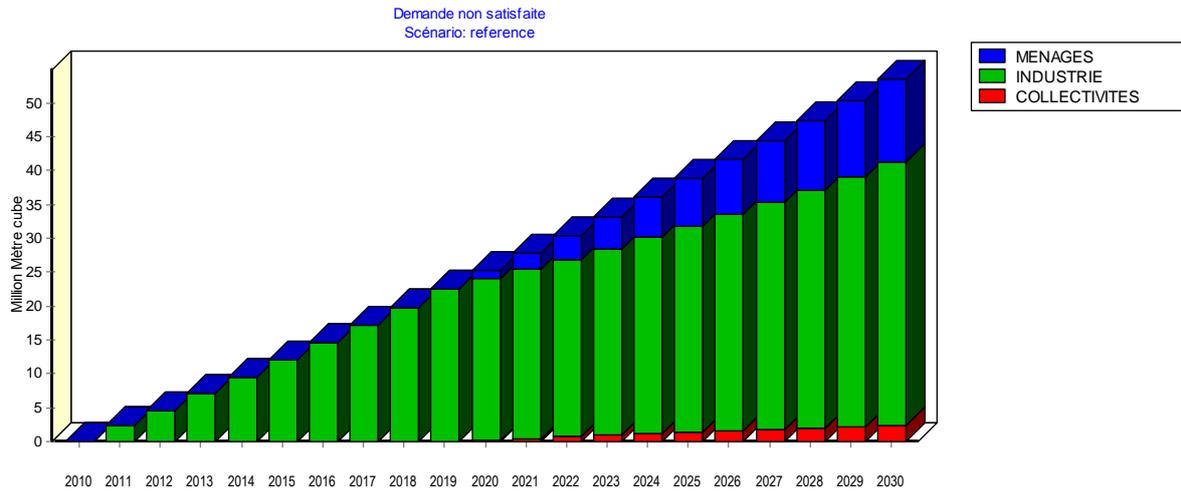
La répartition des ressources en eau dans les différents sites est alors réalisée par le modèle sous les contraintes des priorités de demande et des préférences d'approvisionnement retenues.

**Les résultats :** Face à la croissance de la population de la Wilaya, des services collectifs et du secteur industriel, la demande d'eau augmente régulièrement entre 2010 et 2030 : elle atteint en 2030 un volume de 145,32 millions de m<sup>3</sup> dont 88,82 millions provenant des ménages.



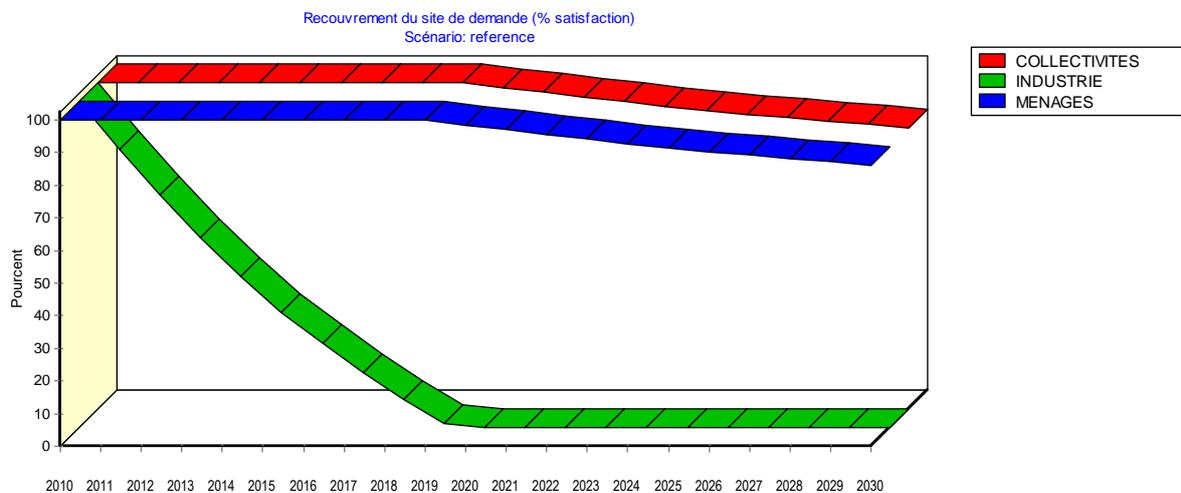
**Figure IV-5 : évolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran**  
Scénario de référence (2010-2030).

Toutefois, compte tenu des pertes de distributions évaluées à 20% du débit, le volume d'eau requis pour satisfaire les besoins des secteurs doit être supérieur à la demande. Aussi, une absence d'intervention entraînera un déficit ou une demande non satisfaite en eau en 2030 de 54 millions de m<sup>3</sup> par an dont 15 millions pour les ménages et collectivités et 39 millions m<sup>3</sup> pour l'industrie, ce qui met gravement en danger le développement de la Wilaya (figure IV-6).



**Figure IV-6 : demande non satisfaite de la wilaya d'Oran**  
Scénario de référence (2010-2030).

En termes de taux de recouvrement par secteurs (demande satisfaite/besoins en eau), celui-ci diminue rapidement pour l'industrie. Ceci tient à la priorité accordée à l'alimentation des ménages et des collectivités qui fait que le secteur industriel est le premier touché par les pénuries d'eau. Ainsi, l'approvisionnement du secteur industriel s'annule en 2019 (figure IV-7).



**Figure IV-7: taux de satisfaction par secteur de la wilaya d'Oran**  
Scénario de référence (2010-2030).

Sans autre action sur le volume des ressources, les ménages et les collectivités commenceront à leur tour à connaître des pénuries à partir de 2019. En 2030, seul 86,1% de leurs besoins en eau seront satisfaits. Sur les sites de demande dans leur ensemble, la demande non couverte en 2030 sera globalement de 63.2%.

Le scénario de référence est un scénario passif car les responsables des services de l'hydraulique sont supposés n'avoir pris aucune action permettant de faire face à l'augmentation de la population et des entreprises. En réalité, des projets sont en cours comme par exemple l'extension du dessalement et du traitement des eaux usées. D'un autre côté, ce scénario suppose que les besoins unitaires en eau sont constants tout au long de la période de simulation. Or, avec le progrès dans le niveau de vie et notamment la disponibilité plus grande de logements, la migration de la population vers les villes qui entraîne plus d'accès à l'eau potable à travers un plus grand taux de raccordement et d'une façon générale avec l'amélioration du niveau de vie, les besoins unitaires vont s'accroître entraînant une demande globale plus grande encore.

C'est pourquoi on va procéder à la simulation de scénarios alternatifs. Trois catégories de scénarios seront explorées : la première introduit l'évolution des besoins unitaires en eau des différents sites de demande, la deuxième introduit un accroissement des ressources en eau et la troisième catégorie de scénario évalue les effets de l'amélioration de la gestion des ressources en eau.

#### **IV.3.2. SCENARIO DE DEMANDE : SIMULATION D'UNE AUGMENTATION DES BESOINS**

On étudie un premier scénario alternatif où les besoins unitaires à la fois des ménages, des collectivités et du secteur de l'industrie vont se modifier sous l'effet de plusieurs facteurs entre 2011 et 2030.

##### **IV.3.2.1. La demande unitaire d'AEP des ménages**

La situation de référence suppose que le besoin unitaire en eau des ménages reste constant tout au long de la période 2010-2030. Cependant cette supposition n'est pas réaliste sur une aussi longue période.

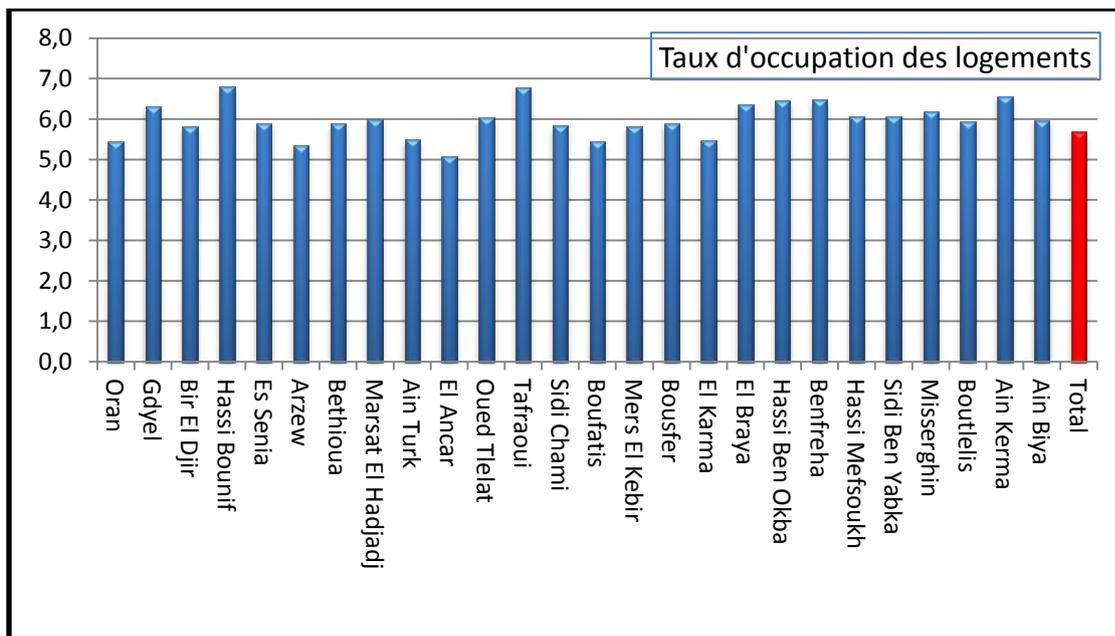
Les besoins par personne des ménages augmentent en effet sous plusieurs effets dont notamment le taux d'occupation des logements, l'extension du raccordement au réseau d'AEP et l'amélioration du niveau de vie qui permet de financer une demande additionnelle d'eau.

A- Le taux d'occupation des logements (TOL): Celui-ci peut influencer la demande unitaire d'eau. En effet, lorsque le ménage est de grande taille, plusieurs personnes vont se

partager les mêmes équipements (baignoire, sanitaires,...) et leur accès sera relativement moins fréquents et leur demande en eau plus faible. D'une façon générale, le confort apporté par un faible taux d'occupation du logement appelle des besoins unitaires d'eau plus importants. De plus, avec un moindre taux d'occupation des logements, les économies de l'eau seront plus difficiles à réaliser. Par exemple, un ménage qui regroupe deux personnes n'utilise pas deux fois plus de temps de machine à laver qu'un ménage d'une personne. On peut donc estimer que la consommation unitaire d'eau est une fonction décroissante du taux d'occupation de logements.

Le taux d'occupation moyen des logements dans la Wilaya d'Oran est de 5,7 personnes par logement en 2008 d'après le recensement de la population et de l'habitat (RGPH, 2008). Par commune, le taux d'occupation des logements est de 5,4 personnes à Oran mais est plus élevé à Hassi Bounif et à Taфраoui (de plus de 1,5 personnes).

La figure (IV-8) représente le taux d'occupation de logement (TOL) pour les différentes communes de la wilaya d'Oran.



**Figure IV-8 : taux d'occupation des logements par commune**

Au niveau national, le taux d'occupation des logements est en baisse légère mais continue. Il est passé de 5.5 personnes par logement en 2003 à 5.1 personnes en 2008 (RGPH, 2008). Ce rythme (baisse de 0.4 personne en cinq ans) n'est pas suffisant pour éponger le déficit global en logement estimé à 1.1 millions de logements. C'est à cet effet que les autorités ont développé un vaste programme de construction étalé sur les 5 années 2005-2009.

Selon les prévisions du Ministère de l'habitat (2010), le taux d'occupation de logements (TOL) à l'horizon de 2030 sera :

	2003	2008	2014	2020	2030
<b>Taux d'occupation des logements (personnes)</b>	5.5	5.1	4.6	4.1	3.3

**Tableau IV-8 : Evolution du TOL au niveau national : 2003-2030**

En supposant que ces mêmes tendances nationales soient applicables à la Wilaya d'Oran, quelle peut être alors l'influence du TOL sur la demande d'AEP ?

On suppose que la diminution du TOL de 1 personne augmente la consommation unitaire de 15%. Ainsi, si deux personnes dans un logement consomment ensemble 200 litres/jour (consommation unitaire = 100 litres), une personne seule consomme 115 litres par jour. Comme la baisse du TOL envisagée d'ici 2030 est de 1.5 personnes, la demande unitaire augmentera de 22,5% entre 2010 et 2030. Ceci signifie une croissance par an de la demande d'eau par personne raccordée de 1,02% par an.

*B- Le taux de raccordement au réseau d'AEP* : la politique nationale vise comme objectif le raccordement du maximum de foyers à l'eau potable. On peut donc s'attendre à ce que le taux de raccordement soit en progression sur la période de projection. On fait alors l'hypothèse qu'en 2030, le taux de raccordement dans la Wilaya passera de 81,8% actuellement à 95% en 2030. Annuellement, cela se traduit par une augmentation du taux de raccordement, et par conséquent de la demande en eau potable par personne, de 0,76% par an.

*C- Le niveau de développement* : Les besoins en eau sont différents suivant le revenu des personnes. Les personnes disposant d'un revenu élevé sont disposées à consommer davantage d'eau que les personnes à niveau de revenu plus faible car elles peuvent plus facilement financer un volume additionnel d'eau.

Comme on n'a pas pu accéder à des informations sur les revenus dans la Wilaya d'Oran, on suppose que l'évolution du revenu par personne dans la Wilaya suit la même progression qu'au niveau national. Le tableau suivant montre l'évolution du revenu national par habitant entre 2000 et 2009 (WDI- World Bank 2011):

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Revenu par habitant en dollars (constant)/an</b>	1796	1816	1873,6	1973,2	2045,0	2117,4	2127,5	2158,6	2177,2	2189,7

**Tableau IV-9 : Evolution du revenu par habitant**

Le revenu par habitant en dollars constants a augmenté de 2.2% par an en moyenne entre 2000 et 2009. Cependant, la demande en eau n'augmente pas au même rythme que celui des revenus. On fait l'hypothèse pour l'Algérie qu'une croissance du revenu d'une personne de 1% entraîne une croissance de 0,33% de la consommation d'eau de sorte que l'augmentation attendue du revenu par habitant entraînera une croissance de la demande d'eau de 0,7%.

*D- L'évolution consolidée de la consommation unitaire des ménages :* Au total, sous l'effet combiné de ces trois facteurs que sont le taux d'occupation des logements, le taux de raccordement et l'amélioration du niveau de vie, on peut s'attendre à ce que la consommation par habitant dans la Wilaya d'Oran croît annuellement de  $1.02\%+0.76\%+0.7\%=2.48\%$

Cependant, on doit observer que la relation entre le revenu par habitant et la consommation n'est pas linéaire: au-delà d'un certain niveau, la consommation par tête augmente plus faiblement ou souvent même diminue à cause d'une saturation des besoins. Le tableau IV-10 ci-après montre l'évolution de la consommation unitaire des ménages de quelques pays, développés et en développement, entre 1982 et 2007.

	1982	1987	1992	1997	2002	2007
<b>Usa</b>			637.0	615.1	595.9	580.8
<b>Germany</b>				193.9	180.2	171.7
<b>Belgium</b>	277.3				198.8	189.4
<b>France</b>					268.9	256.4
<b>Italy</b>	380.8	345.5	311.8		433.4	413.2
<b>Tunisia</b>			83.9	93.6	103.9	
<b>Algeria</b>	90.0		115.6		121.0	127.9
<b>Egypt</b>			0.0	154.1	199.2	
<b>Morocco</b>			57.9		114.2	142.8
<b>Cameroon</b>		44.1	38.9		26.5	36.2

**Tableau IV-10 : Consommation unitaire des ménages dans différents pays (en litre/j/habitant)**

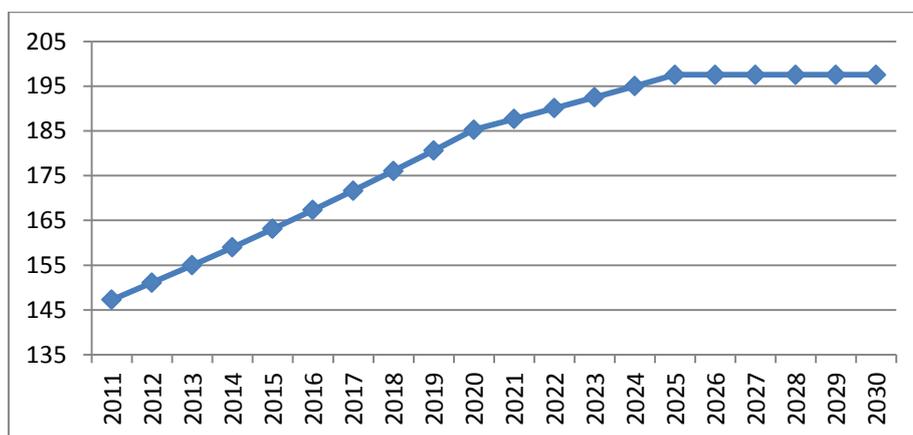
Source : AQUASTAT Database – FAO <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>

On remarque que la consommation par tête dans les pays développés diminue en général après avoir atteint un niveau de consommation d'eau important. En revanche, les pays en

voie de développement ont un niveau de consommation plus faible mais croissant. Pour prendre en compte cette variation dans l'évolution de la consommation de l'eau, on a retenu trois phases d'évolution distinctes :

- Au cours d'une première étape qui s'étale entre 2010 et 2020, la consommation croîtra au taux calculé de 2.48% par an en moyenne.
- Dans une deuxième étape qui s'étale de 2020 à 2025, le rythme de croissance de la consommation par tête des ménages diminuera de moitié et se fixera à 1.24% par an.
- Enfin, la période 2025 à 2030 sera une période de saturation au cours de laquelle, la consommation par tête sera constante. Dans ce scénario, la consommation des ménages sera de près de 200 litres par jour et par personne en 2030.

La figure ci-dessous représente cette évolution de la consommation unitaire des ménages dans la Wilaya d'Oran.



**IV-9: Consommation des ménages en AEP (en litre/jour/personne).**  
Scénario 'Demande'

#### **IV.3.2.2. La consommation des services publics**

Dans ce scénario, on suppose que la consommation des services publics augmente compte tenu de l'amélioration de la qualité de vie qui nécessite de plus grands besoins en services publics et une augmentation de la consommation d'eau. On retient que la part de la consommation des services publics passe de 20% en 2010 à 25% de la consommation domestique totale (ménage+collectivités) en 2030. Ceci implique une croissance continue de la part des services collectifs au taux moyen de 1.1% par an.

#### **IV.3.2.3. La consommation unitaire de l'industrie**

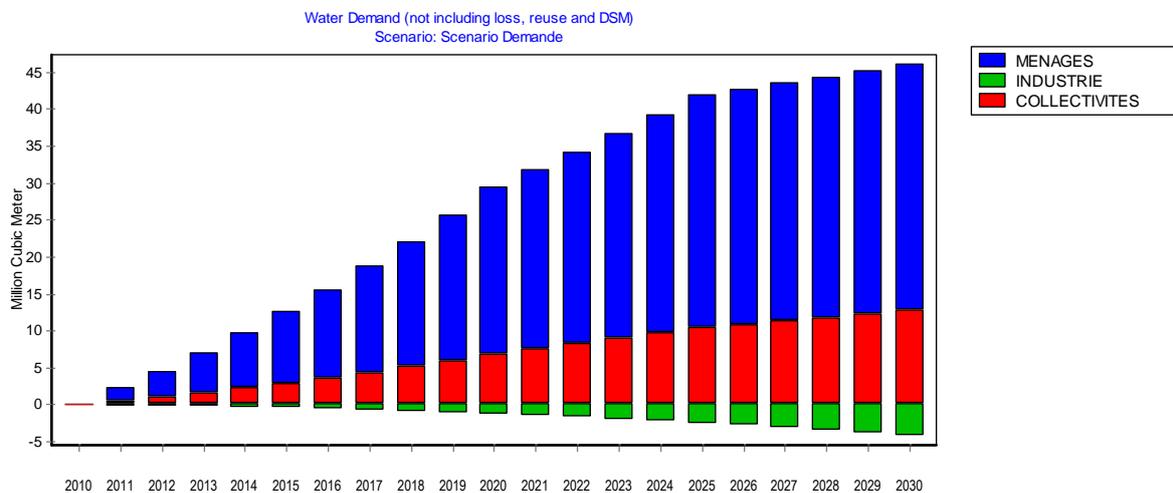
On rappelle que dans le scénario de référence, la consommation unitaire de l'industrie a été établie à 4495,07 m<sup>3</sup>/ha. A l'avenir, l'évolution technologique se fera en faveur d'une

économie de la consommation d'eau dans l'industrie. Aussi, on fait l'hypothèse que la consommation unitaire d'eau à l'hectare pour le secteur industriel passe progressivement de 4495 m<sup>3</sup>/ha en 2010 à 4000 m<sup>3</sup>/ha en 2030.

#### IV.3.2.4. Les résultats des simulations

Le scénario de référence avait déjà établi le déficit des ressources en eau compte tenu de la progression démographique et de la croissance de la taille du secteur industriel. La prise en compte de l'accroissement de la demande unitaire d'eau des ménages et des collectivités va aggraver le déficit en eau de la Wilaya.

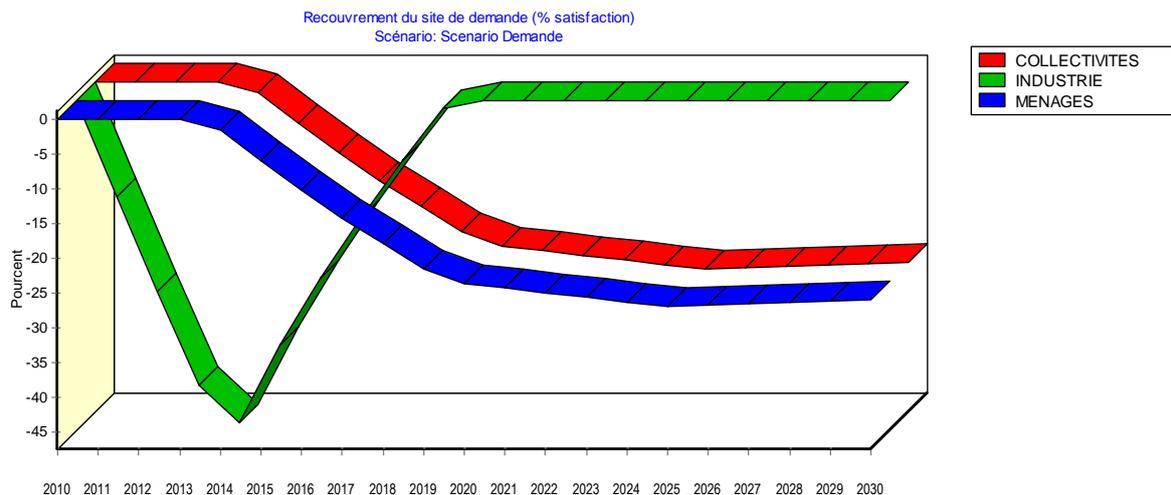
Le graphique de la figure ci-dessous présente l'accroissement de la demande en eau par rapport au scénario de référence.



**Figure IV-10 : Evolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran**  
Scénario de demande 2010-2030

Cette figure montre que la demande des ménages sera supérieure de 33.35 millions de m<sup>3</sup>/an en 2030 par rapport au scénario de référence et celle des collectivités de 12.67 millions de m<sup>3</sup>/an. A l'inverse, on remarque une évolution négative de l'industrie ce qui signifie que l'industrie aura des besoins en eau plus faibles que dans le scénario de référence du fait des économies en eau (utilisation des technologies vertes économes en eau).

On peut également *comparer* le taux de recouvrement *par rapport au scénario de référence* dans les différents secteurs. (Figure IV-11)

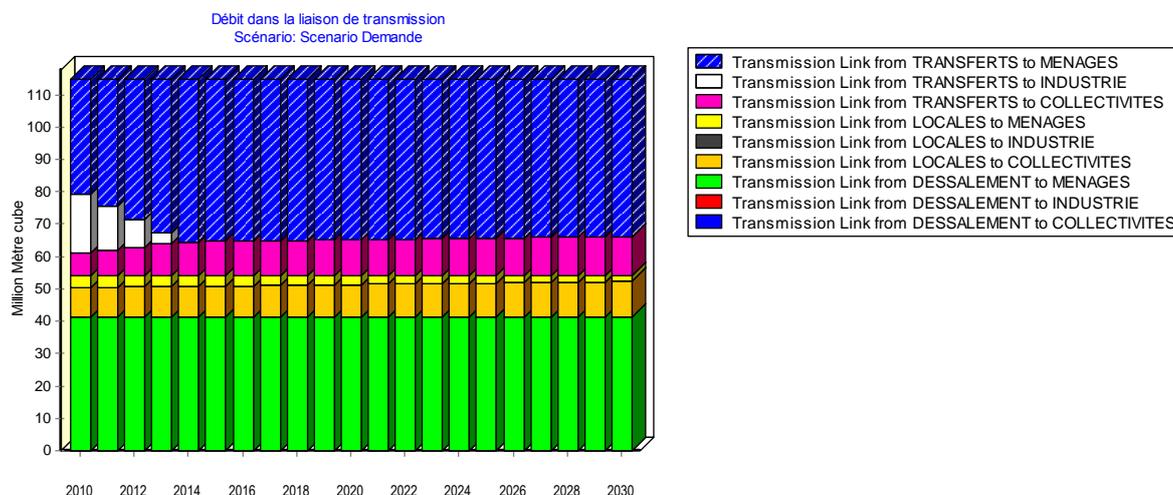


**Figure IV-11 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs de la wilaya d'Oran.**

Scénario de demande par rapport au Scénario de référence.

Le taux de recouvrement est plus faible que dans le scénario de référence pour tous les sites de demande (du fait de l'accroissement de la demande des ménages et des collectivités). L'industrie est toutefois exposée à deux actions opposées : d'un côté les technologies qui favorisent l'économie de l'eau favorisent le taux de recouvrement mais, d'un autre côté, la non priorité de son approvisionnement a un effet négatif sur le taux de recouvrement. A partir de 2019, le taux de recouvrement est nul pour l'industrie dans les deux scénarios ('référence' et 'augmentation des besoins') et la différence de recouvrement s'annule.

Comment se fait l'approvisionnement des différents sites de demande compte tenu des préférences d'approvisionnement et des priorités de demande ? On rappelle que les préférences d'approvisionnement vont du dessalement vers les ressources locales puis les transferts et les priorités de demande sont en faveur des ménages et des collectivités.



**Figure IV-12: évolution de l'origine des sources d'approvisionnement.**

Scénario de demande.

Le dessalement alimentera exclusivement les ménages à raison de 41.45 m<sup>3</sup> par an *y compris les pertes de distribution*, le reste des besoins des ménages provenant des transferts (barrages) à raison de 48.6 m<sup>3</sup>/an en 2030 et des sources locales pour une faible quantité de 1.8 m<sup>3</sup>/an. D'une façon générale, les ressources disponibles seront réparties en 2030 entre les secteurs de la façon suivante :

Débit dans les liaisons de transmission (Mètre Cube)				
Scenario Demande				
	COLLECTIVITES	INDUSTRIE	MENAGES	TOTAL
DESSALEMENT	0	0	41 450 310	<b>41 450 310</b>
LOCALES	10 788 193	0	1 840 509	<b>12 628 702</b>
TRANSFERTS	12102307	0	48588005	<b>60 690 312</b>
<b>Somme</b>	<b>22 890 499</b>	<b>0</b>	<b>91 878 825</b>	<b>114 769 324</b>

**Tableau IV-11: Affectation des ressources en 2030 – priorité ménages et collectivités**

Dans le cas où les sites de demande ont tous la même priorité, la répartition des ressources d'eau se fera de la façon suivante.

	COLLECTIVITES	INDUSTRIE	MENAGES	TOTAL
DESSALEMENT	0	6 139 448	35 310 862	<b>41 450 310</b>
LOCALES	8 800 266	3 828 436	0	<b>12 628 702</b>
TRANSFERTS	9 872 495	11 182 376	39 635 442	<b>60 690 312</b>
<b>Somme</b>	<b>18 672 761</b>	<b>21 150 260</b>	<b>74 946 303</b>	<b>114 769 324</b>

**Tableau IV-12 : Affectation des ressources en 2030 – sans priorité**

On remarque dans ce cas que l'industrie sera alimentée mais au détriment d'un plus faible approvisionnement des ménages.

### **IV.3.3. SCENARIO DES RESSOURCES : SIMULATION DE L'ACCROISSEMENT DE LA PRODUCTION**

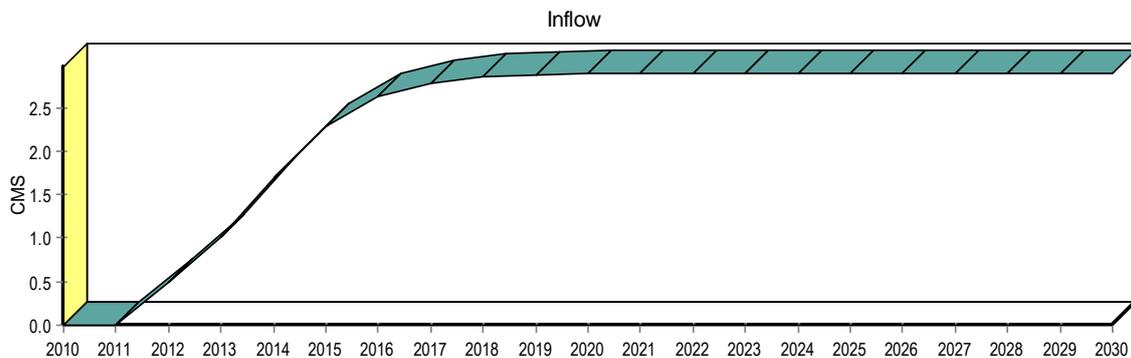
Dans le scénario de demande, on a supposé que la production reste à son niveau de l'année de base. Ceci n'est pas réaliste compte tenu des projets de la DHW pour augmenter les capacités de fourniture d'eau. Le scénario qu'on va simuler, tout en intégrant tous les changements dans les besoins unitaires étudiés ci-dessus, va modifier la production d'eau en

introduisant la mise en place d'une station de dessalement (SDEM) et d'une station d'épuration (STEP) pour augmenter les ressources en eau (non conventionnelles) de la Wilaya.

#### IV.3.3.1. L'installation d'une station de dessalement de l'eau de mer

Les projets au niveau de la Wilaya portent sur la mise en place d'une station de dessalement qui devait entrer en fonction en 2012 avec une capacité de traitement de 50.000 m<sup>3</sup> par jour et de 250.000 m<sup>3</sup> en plein régime. Cette station entre dans la politique générale de l'eau poursuivie par l'Algérie pour développer la production d'AEP à partir de l'eau de mer.

Les caractéristiques de la nouvelle station : On prévoit une montée en cadence de la station sur plusieurs années : à partir d'une production initiale en 2012 de 0.5 m<sup>3</sup> par seconde (43.200 m<sup>3</sup> /j), puis une production de 1 m<sup>3</sup>/s (86.400 m<sup>3</sup>/j) en 2013, 1.7 m<sup>3</sup>/s en 2014 (146.800 m<sup>3</sup>/j), et atteint en 2030 sa capacité totale de 2.89 m<sup>3</sup>/s (250.000 m<sup>3</sup>/j). L'évolution suit une courbe logistique suivante :



**Figure IV-13: évolution de la production de la SDEM**

Scénario Ressources

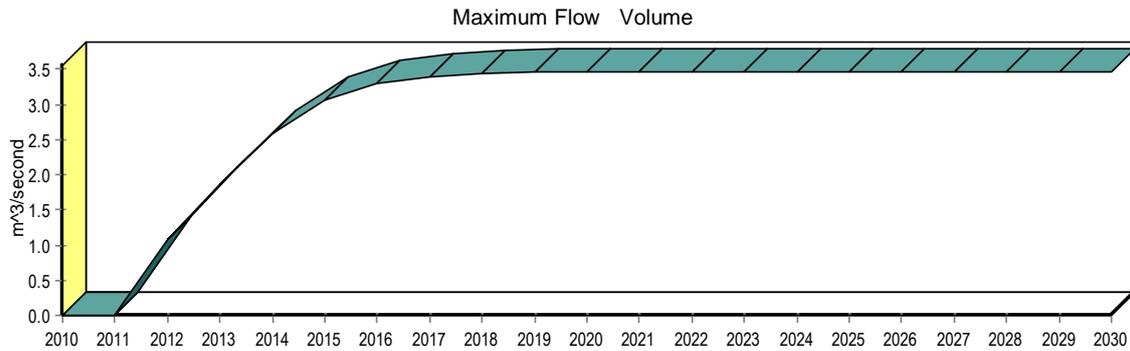
Dans notre schéma, 78,8% de la capacité de la SDEM sera atteint en 2015 après 3 années de fonctionnement.

#### IV.3.3.2. Installation d'une nouvelle STEP

Le scénario projette également l'entrée en production de stations d'épuration des eaux usées à partir de 2012 en relation avec le programme de développement des ressources en eau de la Wilaya. On rappelle que plusieurs stations de traitement d'eau de faibles capacités sont déjà en fonctionnement mais rejettent l'eau traitée soit à la mer (STEP de Ain-Turck) ou à la Sebka (STEP de El Kerma). L'eau traitée n'est pas réutilisée dans le système de demande et son effet est celui de la qualité de l'environnement seulement mais non sur la satisfaction des besoins en eau dans le système de demande.

Dans les projections de ce scénario, la nouvelle STEP aura pour but d'alimenter le secteur de l'industrie pour le moment. On évaluera plus tard une variante où le débit de retour de la STEP sera dirigé vers l'agriculture.

Les capacités de la STEP : La nouvelle STEP aura une capacité de traitement de 300.000 m<sup>3</sup>/j (à horizon 2030), soit 3.47 m<sup>3</sup>/s. Elle atteint progressivement cette capacité de traitement suivant la courbe logistique en partant d'un niveau initial de 1 m<sup>3</sup>/s en 2012:

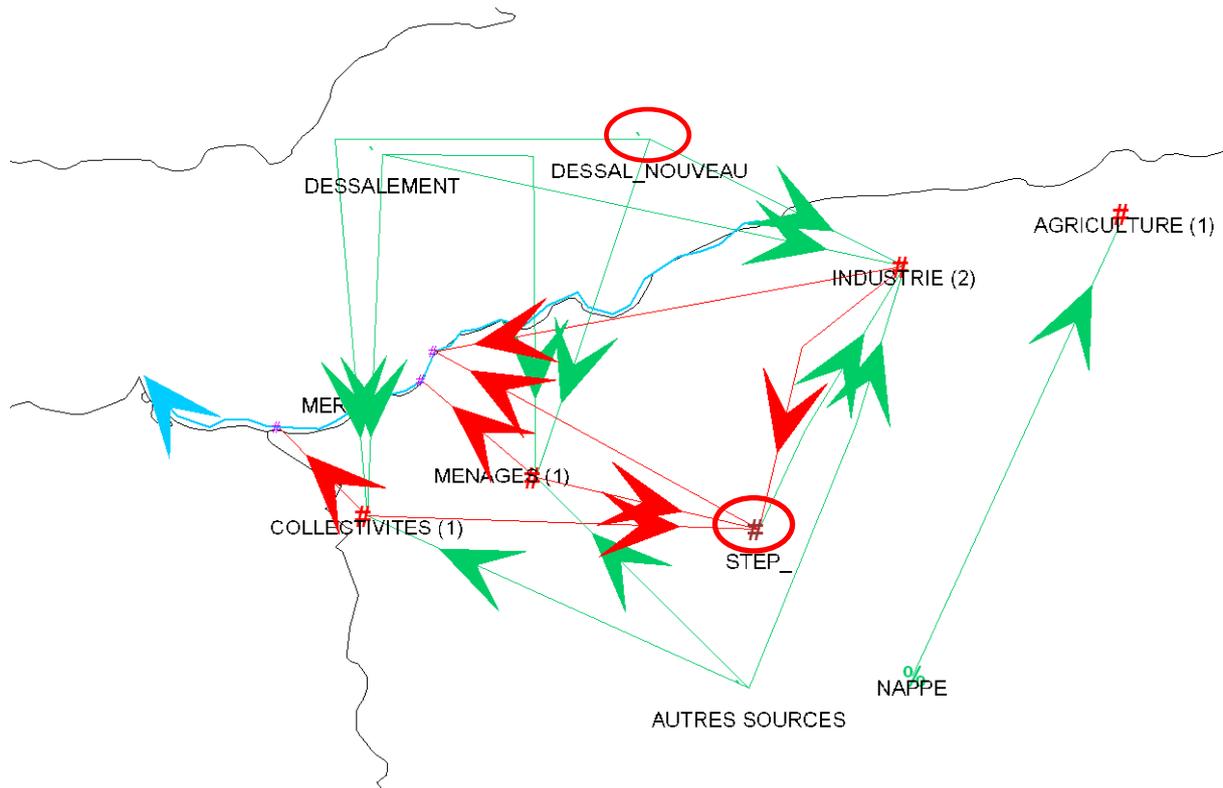


**Figure IV-14 : évolution de la capacité de la STEP**  
Scénario Ressources

Les débits de retours du site de demande et leur routage: Dans les simulations, on suppose que 60% de la consommation des sites de demande (ménages, collectivités, industrie) est dirigé vers la STEP, le reste étant dirigé vers d'autres réceptacles (Sebkha, mer,...). La STEP transmet l'eau traitée au secteur de l'industrie. Le surplus éventuel des eaux traitées est rejeté à la mer.

Le schéma de liaisons doit être modifié par rapport au scénario de référence pour tenir compte des nouvelles infrastructures comme le montre la figure ci après<sup>3</sup> :

<sup>3</sup> Les liaisons vertes représentent des liaisons de transmissions et les liaisons en rouge des débits de retour. Les nouvelles infrastructures (STEP, SDEM) sont en cercle rouge.



**Figure IV-15 : schéma hydraulique de la wilaya d'Oran projeté.**  
Scénario Ressource 2010-2030.

#### IV.3.3.3. Les priorités de demande et d'approvisionnement

Priorité de demande : Comme dans le scénario de référence, la priorité des sites de demande sera l'alimentation en eau des ménages et des collectivités avant le secteur de l'industrie.

Préférences d'approvisionnement : Pour les préférences d'approvisionnement, les ménages et les collectivités seront de préférence alimentés par les stations de dessalement (priorité 1) à cause des coûts qui exigent que les stations fonctionnent à plein temps à cause de la clause du 'take or pay'. Viennent ensuite les ressources conventionnelles locales (priorité 2) puis les transferts d'eau des barrages hors Wilaya (priorité 3). Pour l'industrie, on a par ordre de priorité : la production de la nouvelle STEP (priorité 1), le dessalement d'eau de mer (2), les ressources locales (3) et enfin les transferts externes (4).

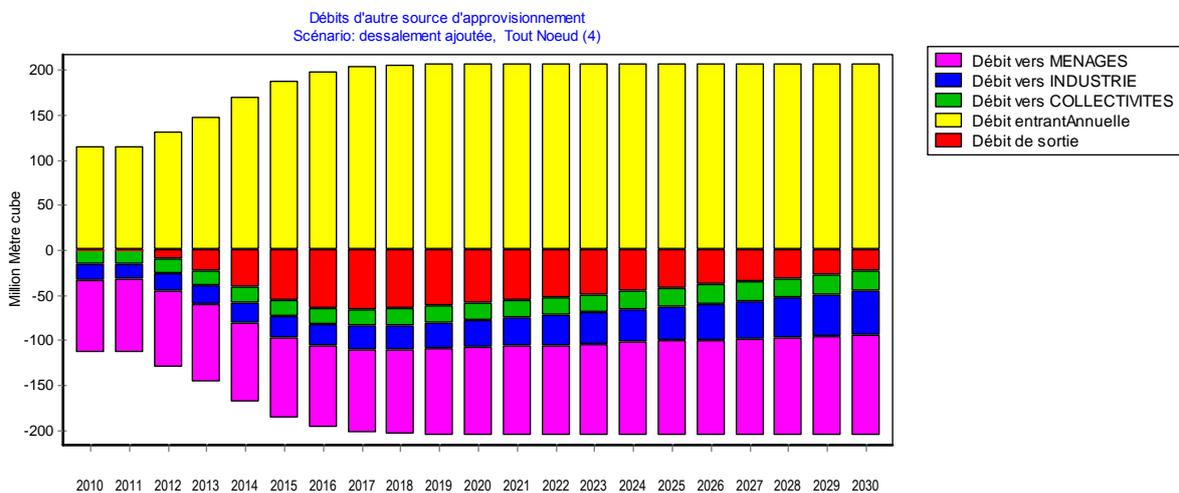
Les autres paramètres par rapport au scénario de référence sont maintenus constants, en particulier l'efficacité du réseau de distribution.

L'objectif de ce scénario d'augmentation des ressources en eau est de réduire les transferts externes des autres Wilayas puis de les éliminer en comptant plus sur les ressources locales de la Wilaya et également le dessalement.

#### IV.3.3.4. Les résultats des simulations

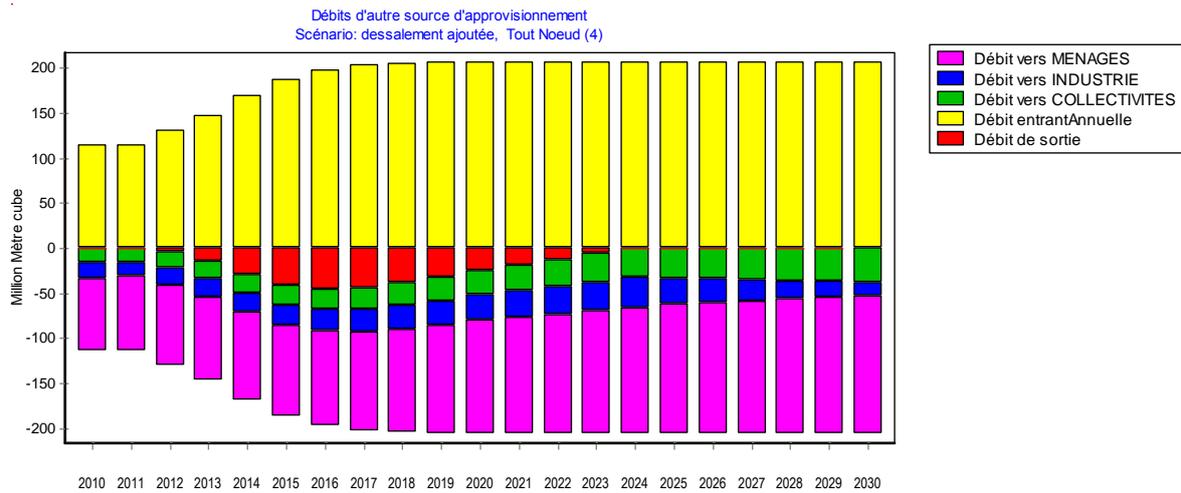
L'installation de la nouvelle station de dessalement a pour effet d'accroître la production d'eau dès son entrée en fonctionnement en 2012. La mise en place de la STEP n'accroît pas les débits entrant dans le système mais diminue la production d'eau requise pour satisfaire la demande (de l'industrie) car l'eau fournie aura un autre cycle d'utilisation après son retraitement.

*Introduction de la SDEM* : La nouvelle station de dessalement est surdimensionnée par rapport au scénario de référence (besoins unitaires constants). La courbe en rouge de la figure (IV-16) ci dessous décrit le débit de sortie du système et qui représente le débit non utilisé. Celui-ci apparaît dès l'année de mise en fonction de la station en 2012. Notons que dans ce cas, l'ensemble des secteurs utilisateurs sont approvisionnés avec un taux de satisfaction de 100%.



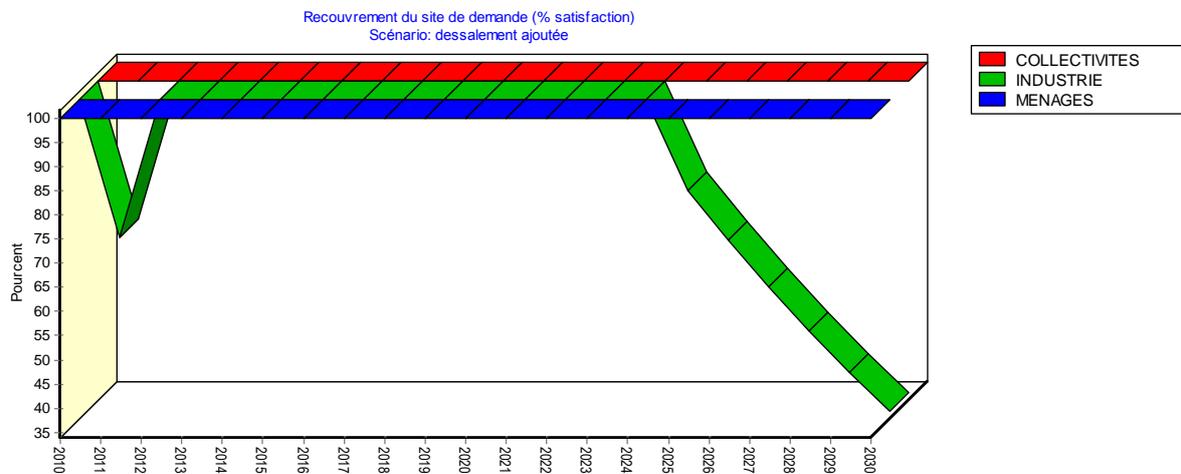
**Figure IV-16 : Affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran.**  
Scénario ressource 2010-2030.

Cependant, la demande unitaire doit augmenter. En intégrant cette évolution des besoins dans le scénario ressource, la station de dessalement apparaît sous-dimensionnée à partir de 2025 : le débit entrant total est consommé en entier par le système. La figure (IV-17) représente l'affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran tenant compte de l'évolution des besoins dans le scénario ressource.



**Figure IV-17 : affectation de la ressource dans la wilaya d’Oran avec prise en compte de l’augmentation de la demande.**  
Scénario ressource 2010-2030.

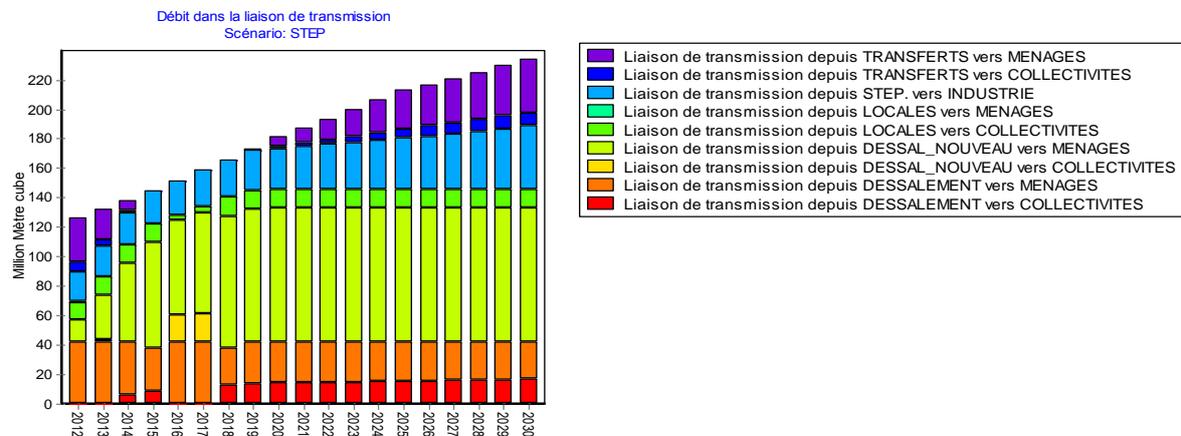
Nous remarquons que le secteur de l’industrie supporte alors la pénurie de l’eau qui apparaît à partir de 2025 et ceci suite a son ordre de priorité. Dans ce scénario ressource, le taux de recouvrement des ménages et des collectivités est de 100%. Cependant, le taux de recouvrement de l’industrie, après avoir été de 100% jusqu’en 2025 décline à partir de cette date, les besoins de l’industrie n’étant plus couverts qu’à 35% seulement en 2030.



**Figure IV-18 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs utilisateurs de la wilaya d’Oran.**  
Scénario ressources 2010-2030.

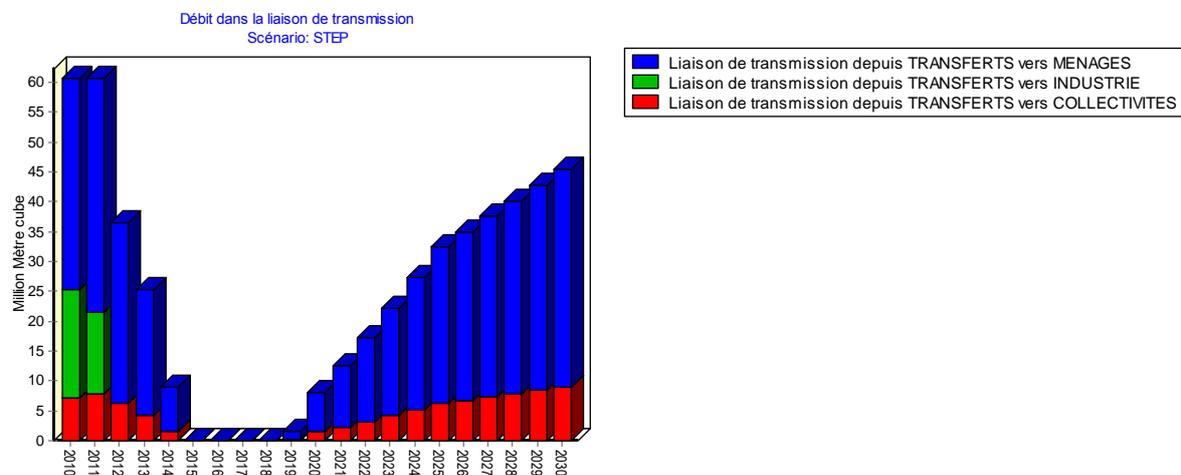
Introduction de la STEP : L’introduction de La STEP permet de satisfaire l’ensemble des besoins en eau du système. Le taux de recouvrement est de 100% pour les ménages, les collectivités et l’industrie. La figure (IV-19) ci-dessous présente les liaisons de transmissions

entre les différentes sources et le site de demande. Rappelons que La STEP alimente les besoins de l'industrie.



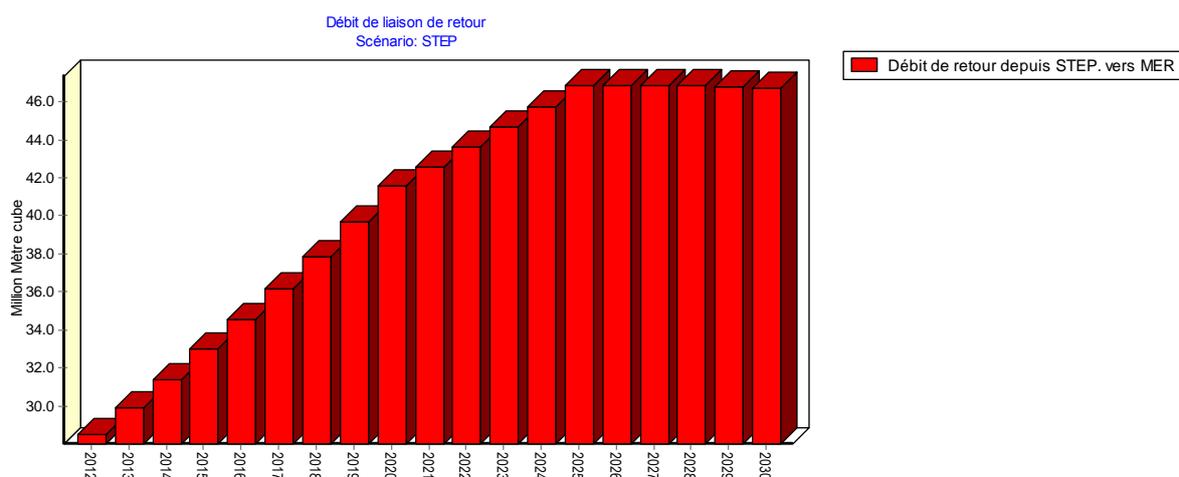
**Figure IV-19 : origine de la ressource d’approvisionnement des utilisateurs de la wilaya d’Oran.**

Toutefois, si les différents utilisateurs seront approvisionnés sans avoir recours aux transferts entre 2015 et 2018, la nécessité de ces transferts reprend à partir de 2019 jusqu'à 2030 (Figure IV-20). Par conséquent, la wilaya d’Oran n’arrive pas à réaliser une auto suffisance hydrique même dans ce scénario d’accroissement des ressources.



**Figure IV-20 : évolution de l’approvisionnement des utilisateurs à partir des transferts de la wilaya d’Oran dans le scénario ressource 2010-2030.**

La figure (IV-21), ci-après, montre l’évolution des quantités supplémentaire aux besoins de l’industrie que fournit la STEP. Ces quantités d’eau supplémentaires qui, dans ce scénario, sont rejetées à la mer, peuvent être dirigées vers un site alternatif (secteur agricole). Cette option sera étudiée dans le prochain chapitre.

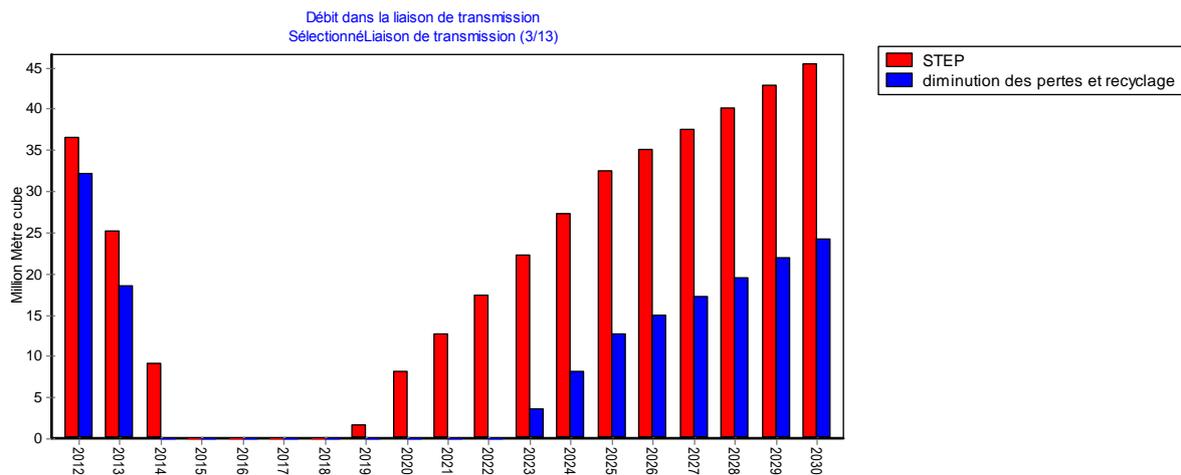


**Figure IV-21 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario ressource 2012-2030.**

#### **IV.3.4. SIMULATION D'UNE GESTION ACTIVE DES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA**

Une gestion active des ressources en eau permet une économie de l'eau qui peut être importante et contribue à réduire le déficit de la Wilaya (réduction de la perte dans le réseau de distribution d'eau, recyclage de l'eau utilisée par les entreprises industrielles, campagnes de sensibilisation de la population pour réduire les pertes d'eau potable etc). Dans ce scénario, on simule une diminution des pertes d'eau dans les liaisons qui passe progressivement de 20% en 2010 à 10% à l'horizon 2030. En plus, le taux de recyclage dans le secteur industriel passe de 0% de la consommation en 2010 à 20% en 2030.

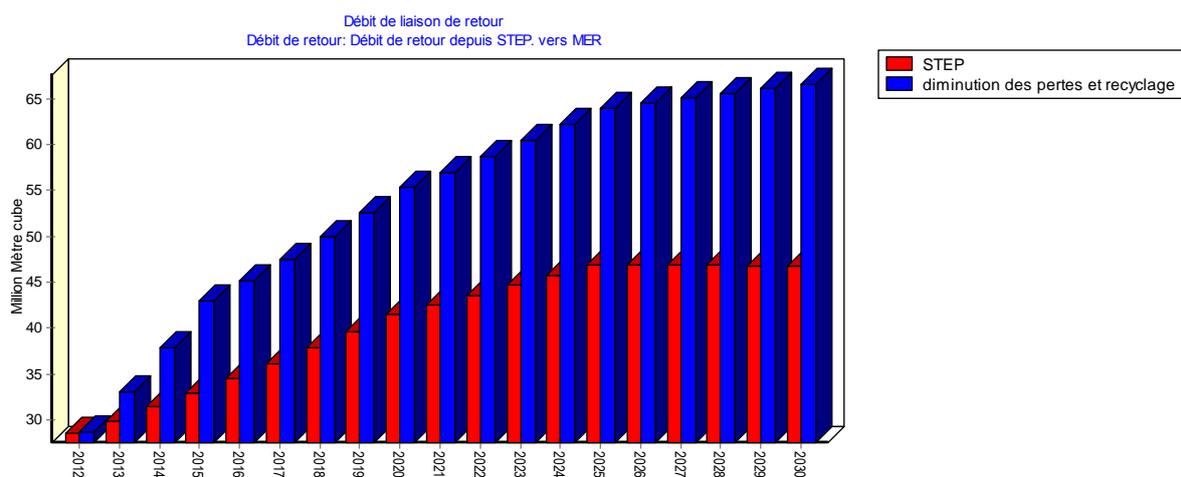
La figure (IV-22) ci-dessous présente l'évolution du débit des transferts externes avec (scénario 'diminution des pertes et recyclage') et sans diminution des pertes de distribution.



**Figure IV-22 : évolution du débit des transferts avec et sans réduction des pertes et recyclage : 2012-2030.**

Ainsi, le scénario de réduction des pertes et recyclage des eaux utilisées par l'industrie, en améliorant l'utilisation des ressources dans le système, permet de réduire le recours aux ressources des transferts externes: l'approvisionnement est assuré sans les transferts entre 2015 et 2022.

Une des conséquences de l'amélioration de la gestion des ressources en eau par le recyclage et la diminution des pertes de distribution est d'augmenter les débits de retour de la STEP. C'est ainsi que plus de 65 millions de mètres cubes produites par la STEP en 2030 seront rejetés vers la mer (figure IV-23).



**Figure IV-23 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario 'réduction des pertes et recyclage' 2012-2030.**

En conclusion, on a vu que la demande en AEP devra croître d'une façon importante au cours des deux prochaines décennies sous l'effet d'un grand nombre de facteurs qu'on a tenté d'identifier dans ce chapitre. A ce titre, on a essayé de quantifier la capacité des infrastructures nécessaires pour faire face à cette augmentation de la demande pour les vingt prochaines années. Toutefois, on s'est limité au secteur des ménages, des services collectifs et de l'industrie. Or le secteur de l'agriculture est un important consommateur d'eau. Sous le poids de l'évolution démographique et de l'augmentation de la demande en produits agricoles, les besoins du secteur de l'agriculture en irrigation vont aller en s'accroissant. Il est donc important de prendre en compte cette nouvelle demande en relation avec l'évolution des ressources en eau mobilisables, ce qui constitue l'objet du chapitre suivant.

## **CHAPITRE V: SIMULATIONS DES BESOINS DU SECTEUR AGRICOLE ET DES RESSOURCES DE LA WILAYA D'ORAN**

### **V.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre introduit le secteur agricole pour étudier comment les besoins en eau d'irrigation sont satisfaits dans la Wilaya d'Oran. Ceci est essentiel au regard de l'importance accordée à l'agriculture dans le développement de la région et au vu des projets qui sont envisagés. Dans une première partie, on détermine les besoins en eau du secteur agricole avant d'aborder ensuite la question des ressources en eau qui peuvent être mobilisées pour l'irrigation à travers le bilan hydrique de la Wilaya d'Oran. Dans une dernière partie, on examinera l'intensité d'exploitation des ressources de la Wilaya à travers la confrontation entre les ressources mobilisables et renouvelables et les prélèvements effectués par le secteur.

### **V.2. LES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION DU SECTEUR AGRICOLE**

Les besoins en eau des périmètres irrigués sont ceux qui sont liés au processus d'évapotranspiration combinant l'évaporation d'une partie des précipitations au phénomène de transpiration des plantes.

#### **V.2.1. LE PROCESSUS D'EVAPORATION**

Par ce processus, l'eau est transformée en vapeur et se trouve extraite de la surface d'évaporation. Ces dernières peuvent être des lacs, des rivières, des sols etc. L'évaporation dépend de nombreux paramètres. C'est ainsi que les paramètres climatiques affectant l'évaporation sont les radiations solaires, la température de l'air, le degré d'humidité de l'air et enfin la vitesse des vents. Dans le cas particulier où la surface d'évaporation est le sol, la densité de la végétation qui détermine les surfaces ombragées, la nature plus ou moins

perméable du sol, la fréquence d'irrigation sont parmi les facteurs supplémentaires qui affectent le processus d'évaporation.

### **V.2.2. LE PROCESSUS DE TRANSPIRATION**

La transpiration est le processus par lequel l'eau liquide contenue dans les tissus des plantes est vaporisée et transférée vers l'atmosphère. Initialement, l'eau ainsi que les sels nutritifs qui y sont dissouts sont absorbés par les racines et transportés dans la plante. C'est dans les feuilles de la plante que la transpiration a lieu à travers des espaces intercellulaires. Pratiquement la totalité de l'eau retenue par les racines est restitué dans l'atmosphère par la transpiration des plantes et seule une partie infime est retenue par la plante.

De même que pour l'évaporation, la transpiration dépend des conditions climatiques qui sont la fraction des radiations solaires atteignant le sol, la température de l'air, le taux d'humidité de l'air et la vitesse du vent. La nature du sol joue également un rôle dans la transpiration à travers son degré de salinité ou sa capacité à conduire l'eau au niveau des racines. Mais surtout, la transpiration dépend des caractéristiques de la plante ainsi que de son étape de développement. Des plantes de nature différentes ou à des étapes différentes de développement ont des propriétés de transpiration différentes.

### **V.2.3. L'EVAPOTRANSPIRATION**

Comme l'évaporation et la transpiration des plantes sont deux processus simultanés, il est difficile de les distinguer. On parle alors de processus d'évapotranspiration pour désigner la vaporisation de l'eau et son transfert dans l'atmosphère par l'évaporation directe ainsi qu'à travers la transpiration des plantes. Notons que lorsque les plantes sont encore jeunes, l'eau est essentiellement rejetée dans l'atmosphère surtout par évaporation directe, mais au fur et à mesure que les plantes se développent, elles étendent les surfaces ombragées et le feuillage et le processus de transpiration prend le pas et devient plus important.

On distingue différents types d'évapotranspiration suivant les conditions plus ou moins standards dans lesquelles on se place. On se réfère ainsi à l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ), l'évapotranspiration potentielle sous les conditions standards ( $ET_c$ ) et l'évapotranspiration sous les conditions non standards. On s'intéresse aux deux premiers processus qui seront analysés successivement dans la suite de cette partie.

Ainsi, le concept d'évapotranspiration de référence est utilisé surtout pour rendre compte de l'évaporation dans l'atmosphère indépendamment des caractéristiques des plantes, de leur étape de développement ou des conditions spécifiques du sol.

L'évapotranspiration de référence est déterminée par référence à une large surface couverte d'herbes vertes de hauteur entre 8 et 15 cm en pleine phase de croissance et qui couvre entièrement la surface du sol (FAO 1986).

En général, la méthode utilisée pour déterminer l'évapotranspiration de référence est celle de Penman-Monteith. Toutefois celle-ci est difficile à appliquer et nécessite des données nombreuses. A cet effet et lorsque les données climatiques disponibles ne concernent que la température, il est recommandé d'utiliser la méthode de Blaney-Criddle (H.F. Blaney et W.D. Criddle - 1950) simple et facile d'utilisation car n'utilisant que les données sur les températures :

$$ET_0 = p * (0,46 * T_{moy} + 8) \quad \text{Eq V-1}$$

Où

- $ET_0$  est l'évapotranspiration de référence en mm par jour calculé pour un mois donné ;
- $T_{moy}$  est la température journalière moyenne durant le mois ;
- $p$  est un coefficient représentant le pourcentage d'heures du jour (daytime hours) par opposition à la nuit dépendant de la latitude de la région. Par exemple, pour Oran, dont la latitude est de 36° nord, le coefficient  $p$  est égal à 0.27 au mois de mars.

Suivant la formule de Blaney-Criddle, l'évapotranspiration de référence pour la commune d'Oran sera :

$$ET_0 = 0.27 * (0.46 * 20 + 8) = 4.6 \text{ mm/jour.}$$

Notons toutefois que l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a effectué une étude hydrologique en 2003 pour évaluer l'évapotranspiration sur l'ensemble du nord de l'Algérie. La méthode de Penman-Monteith a été utilisée par l'ANRH et a donné les résultats suivants :

COMMUNES	ET <sub>0</sub>	COMMUNES	ET <sub>0</sub>
TAFRAOUI	3.41	MESSERGHIN	3.68
SIDI BEN YABKA	3.44	SIDI CHAMI	3.68
MERS EL KEBIR	3.49	HASSI BOUNIF	3.68
AIN KERMA	3.51	EL BRAYA	3.69
EL ANCAR	3.54	AIN TURK	3.71
BOUTLELIS	3.57	EL KARMA	3.73
BOUSFER	3.61	BOUFATIS	3.75
GDYEL	3.61	OUED TLELAT	3.75
ORAN	3.62	BETHIOUA	3.75
HASSI BEN OKBA	3.64	HASSI MEFSOUKH	3.76
ARZEW	3.66	BEN FREHA	3.77
BIR EL DJIR	3.66	AIN BIYA	3.78
ES SENIA	3.68	MARSAT EL HADJADJ	3.81

**Tableau V-1 : Evapotranspiration de référence par commune (en mm/j)**

Le cumul annuel moyen varie entre 1391 mm sur la commune de Marsat El Hadjadj à l'Est, et 1245 mm à Tafraoui au Sud.

#### **V.2.4. L'ESTIMATION DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION PAR COMMUNES DE LA WILAYA**

L'évapotranspiration de référence ne prend pas en compte les données spécifiques qui sont liés à la nature de la végétation et à l'étape de l'année (par rapport au cycle de vie de la plante).

Plus les plantations sont différentes de la végétation de référence et plus l'évapotranspiration effective diffère de l'évapotranspiration de référence. A cet effet l'évapotranspiration potentielle (ET<sub>c</sub>) se définit par un rapport de proportionnalité :

$$ET_c = ET_{0\Box} * K_c \quad \text{Eq V-2}$$

Où  $K_c$  est le *coefficient cultural* et  $ET_c$  et  $ET_0$  sont l'évapotranspiration potentielle et de référence respectivement.

Pour les plantes à large feuilles comme le maïs par exemple, il y a plus de facilité à la transpiration que dans la situation de référence. Dans ce cas, le coefficient  $K_c$  sera alors supérieur à 1.

Notons que le coefficient cultural varie suivant l'étape de croissance de la plante. Son évolution représentée par la figure (V-1) ci-dessous, se caractérise par les trois paramètres  $K_{Cini}$ ,  $K_{Cmid}$  et  $K_{Cend}$  qui correspondent aux trois phases du développement de la plante:

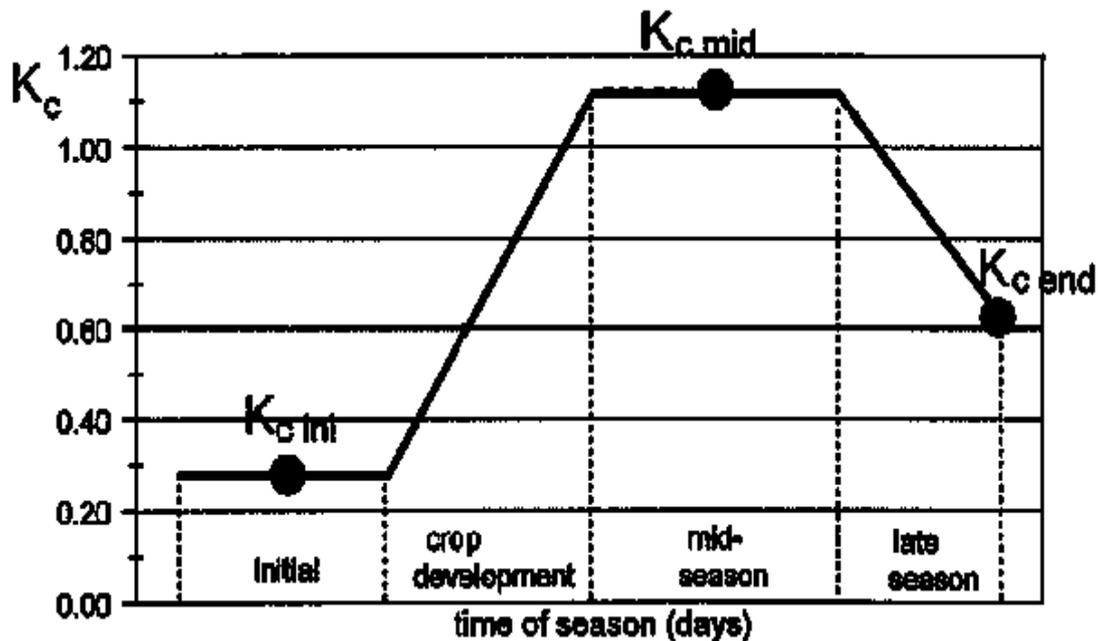


Figure V-1 : variation du coefficient cultural (Allen 2006)

Durant le processus de croissance de la plante, le coefficient cultural augmente progressivement avant de diminuer en fin de la période de croissance.

En retenant le découpage de la Wilaya d'Oran en régions agricoles proposé par la Sogreah, (SOGREAH, 2008) les valeurs des coefficients culturaux des principales cultures par régions agricoles sont représentées dans le tableau (V-2). Les valeurs indiquées représentent une moyenne des coefficients mensuels.

	<b>COTES LITTORALES DU TLEMCAÏS- ORANAIS</b>	<b>PIEMONTS DU MURDJADJO SEBKHA D'ORAN</b>	<b>PLAINE DE LA M'LETA</b>	<b>PLAINES DE HASSI BOUNIF - GDYEL</b>
<b>Céréales irriguées</b>	0,35	0,35	0,35	0,35
<b>Fourrage irrigué</b>	0,43	0,43	0,43	0,43
<b>Maraichage primeur</b>	0,36	0,31	0,33	0,31
<b>Maraichage saison</b>	0,37	0,32	0,38	0,31
<b>Maraichage arrière saison</b>	0,37	0,32	0,38	0,31
<b>Maraichage sous serres - 1</b>	0,35	0,38	0,37	0,38
<b>Maraichage sous serres - 2</b>	0,65	0,67	0,66	0,67
<b>Agrumes - jeunes plantations</b>	0,34	0,34	0,34	0,34
<b>Agrumes - en production</b>	0,68	0,68	0,68	0,68
<b>Rosacées - jeunes plantations</b>	0,38	0,38	0,38	0,38
<b>Rosacées - en production</b>	0,77	0,77	0,77	0,77
<b>Oliviers - jeunes plantations</b>	0,34	0,34	0,34	0,34
<b>Oliviers - en production</b>	0,68	0,68	0,68	0,68
<b>Viticulture - jeunes plantations</b>	0,24	0,24	0,24	0,24
<b>Viticulture - en production</b>	0,48	0,48	0,48	0,48

**Tableau V-2 : coefficient cultural des principales cultures par régions agricoles (SOGREAH, 2009).**

Notons que le coefficient cultural de chaque commune a été identifié à celui de la région agricole à laquelle elle appartient.

Etant donné l'évapotranspiration de référence par commune (tableau V-1), on détermine alors le taux d'évapotranspiration standard par commune et par type de culture suivant la relation (V-2):

	Fourrage irrigué	Maraich. (1ère cult.)	Maraich. (2ème cult.)	Maraich. s/serr 1C	Maraich. s/serr 2C	Agrumes Jeune plant.	Agrume prod.	Rosacée J. plant.	Rosacée Prod.	Oliviers/Rustiques J. plant.	Oliviers/Rustiques prod.	Viticultur J. plant.	Viticultur Prod.
DRAN	1,55	1,13	1,14	1,38	2,43	1,22	2,45	1,39	2,78	1,23	2,47	0,88	1,75
GDYEL	1,54	1,11	1,10	1,37	2,42	1,22	2,44	1,38	2,77	1,23	2,46	0,88	1,74
BIR EL DJIR	1,57	1,13	1,12	1,39	2,45	1,23	2,47	1,40	2,81	1,25	2,50	0,89	1,77
H. BOUNIF	1,58	1,13	1,12	1,40	2,47	1,24	2,49	1,41	2,83	1,25	2,51	0,89	1,78
ES SENIA	1,57	1,15	1,16	1,40	2,46	1,24	2,48	1,41	2,82	1,25	2,51	0,89	1,78
ARZEW	1,56	1,13	1,12	1,39	2,45	1,23	2,47	1,40	2,81	1,24	2,50	0,89	1,77
BETHIOUA	1,60	1,15	1,14	1,43	2,51	1,26	2,53	1,44	2,88	1,28	2,56	0,91	1,81
M. HADJADJ	1,63	1,17	1,16	1,45	2,55	1,28	2,57	1,46	2,92	1,30	2,60	0,92	1,84
AIN TURK	1,59	1,33	1,36	1,30	2,42	1,25	2,50	1,42	2,84	1,26	2,53	0,90	1,79
EL ANCAR	1,51	1,27	1,29	1,23	2,31	1,19	2,39	1,36	2,71	1,20	2,41	0,86	1,71
D. TLELAT	1,60	1,23	1,43	1,39	2,49	1,26	2,53	1,44	2,87	1,27	2,56	0,91	1,81
TAFRAOUI	1,46	1,12	1,30	1,26	2,26	1,15	2,30	1,31	2,62	1,16	2,33	0,83	1,65
SIDI CHAMI	1,57	1,13	1,12	1,40	2,46	1,24	2,49	1,41	2,82	1,25	2,51	0,89	1,78
BOUFATIS	1,60	1,15	1,14	1,42	2,51	1,26	2,53	1,44	2,87	1,27	2,56	0,91	1,81
M.E.KEBIR	1,49	1,25	1,28	1,22	2,28	1,18	2,36	1,34	2,68	1,19	2,38	0,85	1,69
BOUSFER	1,54	1,29	1,32	1,26	2,35	1,21	2,43	1,38	2,76	1,23	2,46	0,87	1,74
EL KARMA	1,59	1,15	1,14	1,42	2,49	1,25	2,52	1,43	2,86	1,27	2,54	0,90	1,80
EL BRAYA	1,58	1,13	1,12	1,40	2,47	1,24	2,49	1,41	2,83	1,25	2,52	0,89	1,78
H. BEN OKBA	1,56	1,12	1,11	1,38	2,44	1,23	2,46	1,40	2,79	1,24	2,49	0,88	1,76
BEN FREHA	1,61	1,16	1,15	1,43	2,52	1,27	2,54	1,44	2,89	1,28	2,57	0,91	1,82
H. MEFSOUKH	1,61	1,16	1,15	1,43	2,51	1,26	2,54	1,44	2,88	1,28	2,56	0,91	1,81
S. B. YABKA	1,47	1,06	1,05	1,31	2,30	1,16	2,32	1,32	2,64	1,17	2,35	0,83	1,66
MESSERGIN	1,57	1,15	1,16	1,40	2,46	1,24	2,48	1,41	2,82	1,25	2,51	0,89	1,78
BOUTLELIS	1,52	1,11	1,13	1,36	2,39	1,20	2,41	1,37	2,73	1,21	2,43	0,87	1,72
AIN KERMA	1,50	1,26	1,28	1,23	2,29	1,18	2,37	1,35	2,69	1,19	2,40	0,85	1,69
AIN BIYA	1,62	1,16	1,15	1,44	2,53	1,27	2,55	1,45	2,90	1,29	2,58	0,92	1,83

**Tableau V-3 : Evapotranspiration standard  $ET_C$  par type de culture et par commune (en mm/j)**

En tenant compte de la superficie totale irriguée par commune, les besoins en eau par commune seront alors donnés par le tableau (V-4) ci dessous :

COMMUNES	Superficie irriguée (ha)	ETc (mm/an)	BESOIN D'EAU ANNUEL (en m <sup>3</sup> )	BESOIN D'EAU ANNUEL A L'HA (en m <sup>3</sup> )
ORAN	115	523	601.326	5.229
GDYEL	313	432	1.350.862	4.316
BIR EL DJIR	247	569	1.406.624	5.695
HASSI BOUNIF	393	566	2.223.632	5.658
ES SENIA	389	558	2.172.123	5.584
ARZEW	34	668	227.020	6.677
BETHIOUA	118	721	850.302	7.206
MARSAT EL HADJADJ	116	521	604.343	5.210
AIN TURK	105	586	615.495	5.862
EL ANCAR	219	523	1.144.891	5.228
OUED TLELAT	171	447	764.108	4.468
TAFRAOUI	97	531	515.326	5.313
SIDI CHAMI	441	591	2.606.509	5.910
BOUFATIS	74	702	519.517	7.020
MERS EL KEBIR	10	458	45.794	4.579
BOUSFER	156	673	1.049.938	6.730
EL KARMA	122	496	605 030	4.959
EL BRAYA	42	598	251 321	5.984
HASSI BEN OKBA	151	770	1 162 453	7.698
BEN FREHA	139	509	707 334	5.089
HASSI MEFSOUKH	75	407	305 048	4.067
SIDI BEN YABKA	153	485	741 846	4.849
MESSERGHIN	1148	628	7 213 768	6.284
BOUTLELIS	840	574	4 824 572	5.744
AIN KERMA	209	510	1 066 123	5.101
AIN BIYA	208	745	1 550 564	7.455
<b>WILAYA D'ORAN</b>	<b>6085</b>		<b>35.125.868</b>	<b>5772,5</b>

**Tableau V-4 : Besoin annuel en eau pour l'irrigation par commune de la Wilaya d'Oran**

Les besoins globaux pour l'irrigation s'établissent ainsi à 35,1 millions de m<sup>3</sup> par an pour la Wilaya. Plus de la moitié des besoins d'irrigation (55%) proviennent de 5 communes que sont Misserghine, Boutlelis, Sidi Chami, Hassi Bounif et Es Sénia. En revanche, Hassi Mefsoukh, El Braya, Arzew et Mers El Kebir consomment en irrigation chacune moins de 1% des besoins de la Wilaya.

### V.3. LE BILAN HYDRIQUE DE LA WILAYA

Les besoins en irrigation doivent être mis en relation avec les ressources de la Wilaya. Ils sont satisfaits à la fois par les précipitations effectives et par les prélèvements sur les ressources en eau superficielles ou souterraines.

#### V.3.1. LES EQUATIONS DE BASE DU BILAN HYDRIQUE

Le cycle de l'eau est sujet à des processus complexes et variés parmi lesquels on peut citer les précipitations, l'évaporation, la transpiration (des végétaux), l'interception, le ruissellement, l'infiltration, la percolation, l'emmagasinement et les écoulements souterrains.

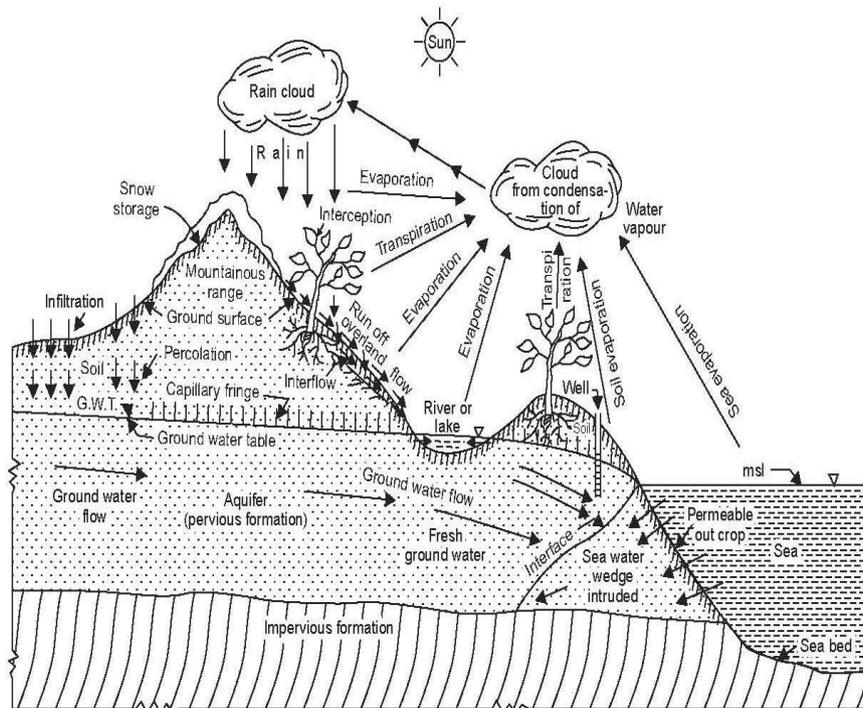


Figure V-2 : le cycle de l'eau (H.M. Raghunath 2006)

Une formulation classique du cycle hydrologique consiste à exprimer durant une année hydrologique, la dépendance des variations du stock des variables du flux que sont les précipitations, l'évapotranspiration et l'écoulement.

$$\text{Variation de Stockage} = \text{Précipitation} - \text{Evapotranspiration} - \text{Ecoulement}$$

Eq V-3

### V.3.1.1. L'écoulement (run off)

Il représente le volume sortant du bassin versant sous forme d'écoulement de surface ou souterrain.

#### 1. L'écoulement de surface ou ruissellement :

Il se décompose lui-même entre :

- a. L'écoulement par dépassement de la capacité d'infiltration (appelé aussi ruissellement de Horton) qui apparaît lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité maximale du sol à absorber l'eau ;
- b. L'écoulement sur surface saturée qui se produit lorsque la capacité du sol à stocker l'eau est épuisée et la capacité à transmettre latéralement le flux d'eau est également dépassé. Dans ce cas, l'eau ne pourra plus s'infiltrer et va provoquer une remontée de la surface de la zone saturée (water table) conduisant alors à favoriser les écoulements de surface.

#### 2. L'infiltration et l'écoulement souterrain :

L'infiltration désigne le mouvement de l'eau pénétrant le sous-sol, sous l'action de la gravité et des effets de pression. La percolation représente le processus d'infiltration profonde de l'eau dans le sol, en direction de la nappe phréatique. Le taux d'infiltration est donné par la tranche ou le volume d'eau qui s'infiltre par unité de temps.

#### 3. La variation du stockage

Elle représente le changement dans le volume d'eau emmagasiné dans le sol et les sous-sols. On peut distinguer deux grands types de réservoirs d'eau :

- a. Les dépressions de la surface du sol dans lesquelles l'eau peut s'accumuler des plus petites, dues à la rugosité du sol, aux plus grandes plaines inondées : lacs, marais, étangs, etc. C'est le réservoir d'eau de surface.
- b. L'aquifère constitue le réservoir des nappes d'eau souterraines. C'est une formation géologique perméable (sol ou roche) dont les pores ou fissures communiquent et sont suffisamment larges pour que l'eau puisse y circuler librement sous l'effet de la gravité (exemples : sables, graviers, craie fissurée, grès, etc.). La nappe d'eau emmagasinée dans l'aquifère est constituée par l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée de l'aquifère et dont toutes les parties sont en continuité hydraulique.

### V.3.1.2. Déficit d'écoulement

Dans le cas particulier d'un système hydrologiquement clos (la quantité d'eau ne varie pas) et sur une échelle de temps réduite (quelques années), on peut considérer que les variations de stockage du réservoir sont négligeables. Dans ces conditions, l'équation du bilan hydrique se réduit à :

$$P - E_c - ET_c = 0 \quad \text{Eq V-4}$$

Le déficit d'écoulement est défini par la différence entre les précipitations  $P$  et le terme représentant l'écoulement  $E_c$  :

$$D = P - E_c \quad \text{Eq V-5}$$

On aura alors :

$$D = ET_c \quad \text{Eq V-6}$$

Où :

$P$  = Précipitation ;

$ET_c$  : Évapotranspiration ;

$E_c$  : Écoulement ;

$D$ : Déficit d'écoulement.

### V.3.2. LE BILAN HYDRIQUE PAR UNITE HYDROGEOLOGIQUE DE LA WILAYA D'ORAN

En reprenant l'équation (V-4) pour un système hydrologiquement clos (variation de stockage=0), on peut écrire :

$$P - R - E_c - ET_c = 0 \quad \text{Eq V-7}$$

où l'écoulement a été décomposé en :

$R$  = Ruissellement de surface (hortonien et sur surface saturée) et

$E_c$  = écoulement vers l'exutoire (nette des écoulements latéraux de la nappe vers d'autres aquifères) .

Cette équation montre la balance entre les ressources en eau et leur destination. Son application à la Wilaya d'Oran nécessite d'évaluer successivement chacun de ses termes pour les différentes unités hydrogéologiques de la Wilaya.

### V.3.2.1. Les précipitations par unité hydrogéologique

La méthode des polygones de Thyssen a été utilisée pour évaluer les précipitations des communes (figure II-5). Les valeurs suivantes ont été obtenues :

UNITE HYDROGEOLOGIQUES	PRECIPITATIONS (mm/an)
Côtière Ain Turck	305,6
Nappe de Bredeha	285,9
Complexe du Murdjajo	278,9
Partie nord d'Arbal	249,3
<b>WILAYA</b>	<b>282,5</b>

**Tableau V-5 Précipitations par unité hydrogéologique**

### V.3.2.2. Le ruissellement/infiltration par unité hydrogéologique

Pour connaître l'écoulement des eaux, il est nécessaire d'évaluer le taux de pluie effective ainsi que le taux d'infiltration.

#### *a/ Les pluies effectives*

La partie des précipitations disponible pour l'évapotranspiration constitue les précipitations effectives (N.G. Destane, 1978). En Inde, les précipitations effectives sont empiriquement retenues à hauteur de 70% de la moyenne des précipitations saisonnières. En Thaïlande, les précipitations effectives représentent 80% des précipitations au mois de novembre et 90% de décembre à mars (Destane, 1978). Pour l'Algérie, on dispose de l'étude du Plan National de l'Eau qui estime une valeur du taux de pluie effective de 80% comme raisonnable (Ministère des Ressources en Eau - 2006).

#### *b/ Le taux d'infiltration*

Pour estimer la capacité d'infiltration et de ruissellement (écoulement de surface) par unité hydrogéologique, on s'est basé sur les coefficients d'infiltration par commune retenus par l'étude de Sogreah (2008) qu'on a consolidés par unité hydrogéologique<sup>4</sup>. Par cette consolidation, on a obtenu les résultats suivants :

---

<sup>4</sup> On a procédé pour cette consolidation en trois étapes :

- Premièrement, on a déterminé les volumes d'eau ruisselés et infiltrés par commune sur la base des taux d'infiltration par commune de Sogreah.
- Deuxièmement, on a réparti les communes par unité hydrogéologique (voir figure III-5).
- Troisièmement, on a calculé le volume d'eau infiltrés de chaque unité hydrogéologique comme la somme des volumes infiltrés des communes qui appartiennent à l'unité hydrologique pondéré par le

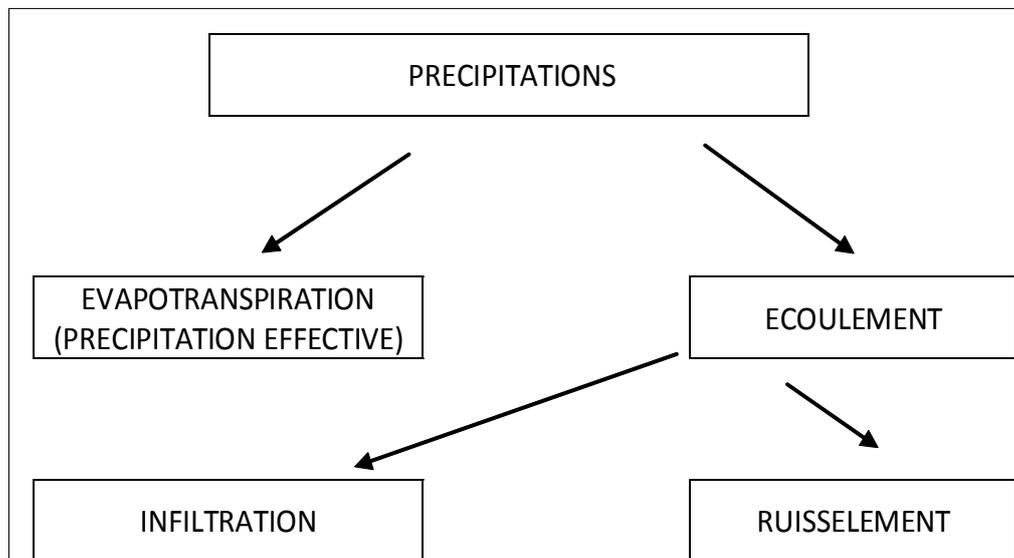
UNITES HYDROGEOLOGIQUES	TAUX D'INFILTRATION
Cotiere Ain Turck	27%
Nappe de Bredeha	18%
Complexe du Murdjajo	11%
Partie nord d'Arbal	24%
<b>WILAYA</b>	<b>15%</b>

**Tableau V-6 : Taux d'infiltration par unité hydrogéologique**

Une autre approche serait de considérer que le taux d'infiltration est fixe et de considérer celui-ci égal à la moyenne de la Wilaya, soit 15% du total des précipitations. C'est cette dernière approche, plus simple, qu'on a retenu.

*c/ Les débits entrant et sortant en l'absence d'irrigation*

En l'absence de prélèvement pour irrigation, le cycle hydrique se réalise comme suit :



**Figure V-3 : Schéma du bilan hydrique – Cas sans irrigation**

Les précipitations calculées, les coefficients de pluies effective estimés et les taux d'infiltration retenus nous permettent alors d'établir les débits entrants (précipitations) et sortant de la Wilaya dans le cas où il n'y a pas d'irrigation.

---

pois de la commune (pois=part de la surface de la commune appartenant à l'unité hydrogéologique dans la surface totale de l'unité hydrologique).

Unités Hydrologiques	Précipitations (mm/an)	(Pluie effective en mm/an)	Ruissellement (lame d'eau en mm/an)	Ecoulement (recharge mm/an)
cotiere Ain Turck	306	244	15	46
nappe de Bredeha	286	229	14	43
Complexe du Murdjajo	279	223	14	42
Partie nord d'Arbal	249	199	12	37
<b>TOTAL</b>	<b>283</b>	<b>226</b>	<b>14</b>	<b>42</b>

**Tableau V-7 : Débit entrant et sortant - Cas sans irrigation (mm/an)**

Compte tenu de la superficie des différentes unités hydrogéologiques *et en l'absence de prélèvement pour l'irrigation*, le bilan hydrique de la Wilaya par unité hydrogéologique se présente alors comme suit :

Unités Hydrologiques	Superficie (ha)	Précipitations ( $10^3 m^3/an$ )	Volume Evapotranspiré ( $10^3 m^3/an$ )	Volume Ruisselé ( $10^3 m^3/an$ )	Volume Infiltré (Recharge) ( $10^3 m^3/an$ )
Cotière Ain Turck	23 599	72 112	57 689	3 606	10 817
nappe de Bredeha	40 112	114 669	91 735	5 733	17 200
Complexe du Murdjajo	117 189	326 787	261 430	16 339	49 018
Partie nord d'Arbal	7 492	18 676	14 941	934	2 801
<b>TOTAL</b>	<b>188 392</b>	<b>532 243</b>	<b>425 795</b>	<b>26 612</b>	<b>79 836</b>

**Tableau V-8 : Bilan hydrique - Cas sans irrigation**

#### V.4. LA CONFRONTATION ENTRE LES PRELEVEMENT D'EAU POUR L'IRRIGATION ET LES RESSOURCES MOBILISABLES DANS LA WILAYA D'ORAN.

Les ressources d'eau de la Wilaya ainsi identifiées doivent être confrontées aux besoins d'irrigation du secteur agricole.

1. Les volumes d'eau demandés pour l'irrigation sont constitués des besoins en eau d'irrigation diminué de la partie des précipitations qui est disponible pour l'évapotranspiration :

$$D_{irr} = B_{irr} - P_{eff} \quad \text{Eq V-8}$$

où :

$D_{irr}$  : Demande d'eau d'irrigation ;

$B_{irr}$  : Besoins en eau d'irrigation ;

$P_{eff}$  : Pluies effectives.

Ces volumes dépendent ainsi non seulement des besoins mais également des ressources en eau de la Wilaya par le biais des précipitations effectives.

2. La satisfaction de la demande en eau pour l'irrigation (pour l'évapotranspiration des plantes) nécessitent des prélèvements qui, souvent, sont plus grands que la demande du fait des pertes liées à l'inefficience des systèmes d'irrigation. Ces pertes (différence entre les prélèvements et la demande d'irrigation) vont participer à augmenter l'écoulement (souterrain et de surface).

Dans ce cas, le cycle hydrique présenté ci-dessus doit être modifié pour prendre en compte ces interactions.

Dans ce qui suit, on va déterminer les volumes de prélèvement requis pour voir si les prélèvements sont en adéquation avec les ressources de la Wilaya. A cet effet, on détermine la demande globale du secteur agricole puis les prélèvements requis pour satisfaire cette demande. Ceci permettra d'établir le bilan hydrique effectif de la Wilaya en tenant compte du secteur agricole irrigué. Par la suite, une comparaison de ces prélèvements avec la recharge naturelle des nappes est présentée pour mettre en exergue l'intensité d'exploitation des ressources en eau de la Wilaya.

#### **V.4.1. LA DEMANDE EN EAU GLOBALE DU SECTEUR AGRICOLE ET SA REPARTITION PAR UNITES HYDROGEOLOGIQUES ET PAR NATURE DE LA RESSOURCE MOBILISEE**

##### **V.4.1.1. La demande en eau d'irrigation et sa répartition par unités hydrogéologiques**

La demande en eau d'irrigation par bassin hydrogéologique est la différence entre les besoins d'irrigation du secteur et les précipitations qui peuvent être effectivement utilisés par les plantes pour l'évapotranspiration (précipitations effectives) :

$$Dem_{irr} = ET_c - P_{eff} \quad \text{Eq V-9}$$

Les résultats trouvés précédemment évaluent les besoins en eau globalement à 35,1 millions de m<sup>3</sup> et les précipitations effectives *sur les terres irrigués* à 13,86 millions de m<sup>3</sup>. Ceci nous permet de tirer que le volume global d'eau demandé pour l'irrigation s'élève à 21,2 millions de m<sup>3</sup> par an. La répartition des terres irriguées donnée par la figure (V-4) ci-dessous nous permet d'établir la répartition de la demande globale en eau du secteur agricole par unités hydrogéologiques (tableaux (V-9 ci dessous).



#### V.4.1.2. La demande en eau d'irrigation par nature de la ressource mobilisée

On détermine dans cette partie la répartition de la demande globale déterminée ci-dessus par nature des ressources mobilisées: rappelons que la Wilaya d'Oran se distingue par un recours élevé au prélèvement des eaux souterraines. Les besoins en irrigation sont en effet essentiellement satisfaits par des prélèvements des nappes phréatiques. Seul 2% environ de l'irrigation agricole est issue d'eau de ruissellement. Le déficit en pluviométrie ne favorise pas en effet les retenues collinaires tandis que la faiblesse du réseau hydrographique restreint les prélèvements en oued ou les prises au fil de l'eau. Même dans ce dernier cas d'ailleurs, les plans d'eau comme la Sebkha et les Salines d'Arzew, sont saumâtres ou très pollués (comme le lac Telamine). Seules les communes de Aïn-Kerma et de El-Ançor ont recours à l'irrigation par les ressources de surfaces (respectivement à hauteur de 20% et de 30%), alors que toutes autres communes satisfont leur besoins en irrigation exclusivement par des prélèvements sur des puits et des forages. C'est à et effet qu'on a concentré notre attention sur les unités hydrogéologiques plutôt que sur les bassins versants. En conséquence, l'irrigation par les ressources de surface ne va concerner que la côtière de Aïn Turk. Compte tenu du poids de Ain Kerma et de El Ançor dans cette unité hydrogéologique en termes de demande d'eau d'irrigation, les prélèvement de surface dans cette dernière unité hydrologique constitueront 14% du prélèvement totale en eau dans cette unité. En croisant les résultats en termes de (i) besoins par communes, (ii) répartition des terres irriguées par unités hydrologiques et (iii) en termes de répartition par nature de la ressource mobilisée, on obtient le tableau suivant qui retrace la demande en eau agricole par unité hydrogéologiques et par nature des prélèvements:

BASSINS HYDROGEOLOGIQUES	SURFACE IRRIGUEE (ha)	BESOINS $10^3 m^3$	PLUIE EFFECTIVE (en surface irriguée) $10^3 m^3$	DEMANDE EN EAU $10^3 m^3$		
				TOTAL	EAU DE SURFACE	EAU SOUTERRAINE
cotière Ain Turck	689	3876	1684	2 192	308	1 884
nappe de Bredeha	2 889	16840	6563	10 277	0	10 277
Complexe du Murdjajo	2 497	14306	5592	8 690	0	8 690
Partie nord d'Arbal	0	103	39	64	0	64
<b>TOTAL</b>	<b>6 075</b>	<b>35126</b>	<b>13878</b>	<b>21 224</b>	<b>308</b>	<b>20 916</b>

**Tableau V-9 : demande en eau d'irrigation par unité hydrogéologique et nature des prélèvements**

## A/ Les prélèvements par aquifères

Il convient toutefois de préciser que chaque système hydraulique dépend des conditions techniques d'irrigation qui peuvent être caractérisées par un jeu de coefficients d'efficacité (ou de perte) depuis la mobilisation, en passant par l'adduction, le stockage éventuel, la distribution et le mode d'arrosage à la parcelle.

Un réajustement est nécessaire. Dans ce cadre, les résultats sont majorés par un coefficient d'efficacité de l'irrigation de 70% pour tenir compte de ces pertes dans l'irrigation de la plante.

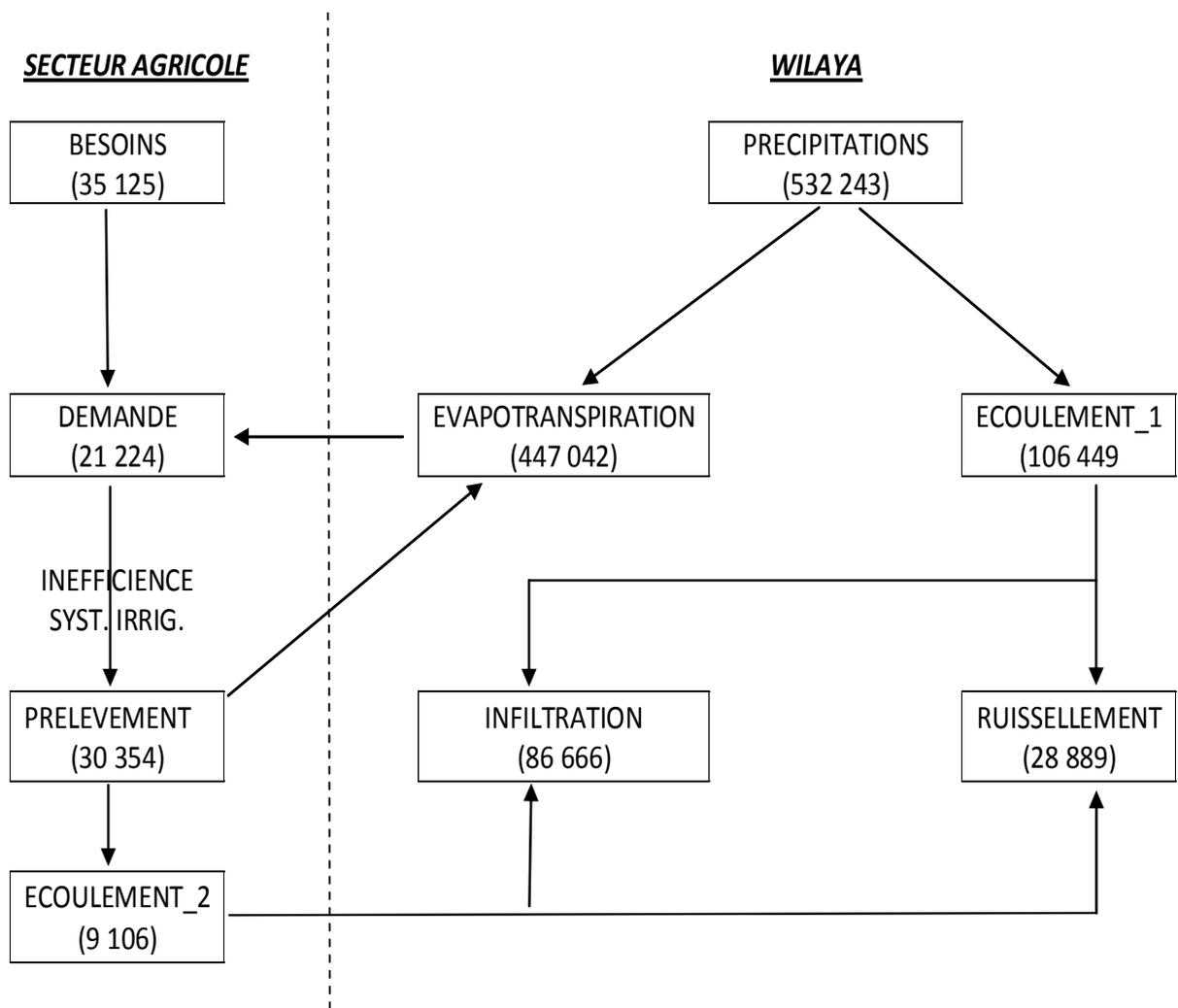
En volumes, les prélèvements effectivement requis seront alors les suivants :

UH	PRELEVEMENT TOTAL (1000 m3)		PRELEVEMENTS DE SURFACE		PRELEVEMENT SUR AQUIFERE	
	Demande	Prélèvement	Demande	Prélèvement	Demande	Prélèvement
cotiere Ain Turck	2192	3132	308	440	1 884	2691
nappe de Bredeha	10277	14681	0	0	10 277	14681
Complexe du Murdjajo	8690	12415	0	0	8 690	12415
Partie nord d'Arbal	64	92	0	0	64	92
<b>TOTAL</b>	<b>21 224</b>	<b>30 320</b>	<b>308</b>	<b>440</b>	<b>20 916</b>	<b>29 880</b>

**Tableau V-10 : prélèvements d'eau pour irrigation par unité hydrogéologique et par nature de la ressource**

## B/ Le bilan hydrique de la Wilaya d'Oran

A partir de ces données, on peut établir le bilan hydrique de la Wilaya. La figure (V-5) ci-dessous formalise graphiquement le cycle hydrique (une extension de la figure (V-3)) dans le cas des prélèvements d'eau pour les besoins d'irrigation. Dans cette figure, on suppose que les prélèvements pour l'AEP et l'industrie proviennent de sources externes (sources principales de prélèvement).



**Figure V-5 : Bilan hydrique de la Wilaya d'Oran ( $10^3 \text{ m}^3$ )**

## **V.4.2. COMPARAISON ENTRE LES PRELEVEMENTS D'EAU AGRICOLE ET LES RESSOURCES MOBILISABLES**

Etant donné les ressources en eau de la Wilaya et les prélèvements requis pour satisfaire les besoins de l'agriculture, on doit savoir dans quelle mesure ces prélèvements sont en adéquation avec les ressources renouvelables de la Wilaya ou si il y'a au contraire une surexploitation qui peut mener à un tarissement des réserves. Pour répondre à cette question, il est nécessaire de préciser la notion de caractère mobilisable ou non mobilisable des ressources et celle de renouvelable ou non renouvelable des ressources.

### **V.4.2.1. Les ressources en eau mobilisables**

L'ensemble des volumes ruisselés et infiltrés ne peuvent être mobilisés dans leur totalité par les activités humaines. Une partie uniquement de la ressource brute est exploitable et c'est celle-ci qui doit être mise en balance avec les prélèvements.

Comme le souligne l'étude de la situation de la PMH de Sogreah (2009) la part de ressource mobilisable par rapport à la ressource brute dépend de beaucoup de paramètres et, en particulier, du coût qu'on accepte de payer pour extraire la ressource brute, du volume des investissements requis (barrages, forages, puits etc.) ou des dépenses de fonctionnement en maintenance et énergie notamment. On voit ainsi qu'il est difficile d'estimer la part des ressources mobilisables. Dans ce cadre, tenant compte des coefficients de mobilisation des ressources superficielles et souterraines obtenus par l'étude de Sogreah (2009) sur la PMH dans la Wilaya d'Oran, on a retenu un coefficient de mobilisation uniforme par rapport aux différentes unités hydrogéologiques de 50% de la recharge des nappes et de 20% des ressources de surface.

### **V.4.2.2. Surexploitation des nappes : méthodologie d'approche**

L'adéquation des ressources aux prélèvements doit prendre en compte le caractère renouvelable ou non des ressources. D'une façon générale, la distinction ressources en eau renouvelables ou non renouvelables est basée sur la plus ou moins grande aridité du climat qui détermine l'intensité de la recharge de la nappe. Ainsi, les nappes du Sud sont considérées comme non renouvelables.

La distinction dépend aussi de la plus ou moins grande vitesse d'écoulement des flux dans la zone saturée qui détermine le temps de renouvellement de la nappe. Celle-ci varie de plusieurs mètres par jours à quelques mètres par an. Plus le temps de renouvellement des nappes est grand plus celles-ci sont considérées comme faiblement renouvelable et sujettes à une surexploitation.

Sachant que l'aquifère agit comme un réservoir, il y a une quantité fixe d'eau qui peut être extraite sans faire baisser les niveaux et entamer les réserves. Tant que les prélèvements sont inférieurs à la recharge de la nappe, les ressources non renouvelables seront préservées. Ceci conduit alors à comparer la *recharge des nappes* avec les *prélèvements requis* par unités hydrogéologique pour juger de l'adéquation des volumes d'eau requis pour l'irrigation avec les ressources souterraines mobilisables et renouvelables de la Wilaya.

Dans ce cadre, le tableau ci dessous confronte les ressources renouvelables et mobilisables avec les prélèvements opérés.

Unités hydrogéologique.	Ressource de surface mobilisable (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Prélèvement (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Taux d'exploitation des ressources de surface	Ressource aquifère mobilisable (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Prélèvement (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Taux d'exploitation des nappes
Cotiere Ain Turck	1 803	440	24%	5408	3132	58%
Nappe de Bredeha	2 867	0	0%	8600	14681	171%
Complexe du Murdjajo	8 170	0	0%	24509	12448	51%
Partie Nord d'Arbal	467	0	0%	1401	92	7%
<b>Total Wilaya</b>	<b>13 306</b>	<b>440</b>	<b>3%</b>	<b>39918</b>	<b>30354</b>	<b>76%</b>

**Tableau V-11 : Confrontation des ressources mobilisables avec les prélèvements par unité hydrogéologique**

Il faut noter cependant que ces résultats sont approximatifs car ils dépendent d'un grand nombre de paramètres qui ont été simplement estimés.

Ceci étant posé, la première remarque est la très faible exploitation des ressources de surface. Comme on l'a déjà observé, cela est dû à une faible architecture hydraulique qui se réduit à une seule retenue collinaire fonctionnelle. Un gisement important peut donc être mobilisé à ce niveau.

Par ailleurs, l'exploitation des ressources souterraines montre une exploitation raisonnable des nappes des Côtes de Ain Turck, du Complexe du Murdjajo et de celle du Nord d'Arbal. En revanche, la nappe de Brédéah où se concentre l'essentiel de la production (Misserghine et Boutlelis) montre une surexploitation réelle puisque le taux d'exploitation dépasse 171%.

Rappelons que les communes appartenant à ce bassin hydrogéologique concentrent près de 50% de l'activité agricole irriguée.

Cette surexploitation de la nappe de Brédeah a une autre conséquence grave sur la qualité de l'eau de la nappe et sa salinisation du fait de sa proximité de la Sebkha. On rappelle simplement que l'eau doit répondre à des critères de qualité selon les normes de la FAO en terme notamment de salinité mesuré par la conductivité électrique qui doit être inférieure à 6 ds/m ( ABH, 2010).

## **V.5. LES SIMULATIONS**

Pour procéder à des simulations et à une analyse de scénarios sur le long terme, il est nécessaire de se donner un modèle pour servir d'instrument de projection des ressources hydrique de la Wilaya ainsi que des besoins en irrigation sur un horizon étendu. Dans ce cadre le logiciel WEAP utilise le modèle *pluie-ruissellement* dans la simulation de la ressource en eau.

### **V.5.1. LE MODÈLE PLUIE-RUISSELEMENT (RAINFALL-RUNOFF)**

Le modèle '*pluie-ruissellement*' (*rainfall-runoff*) de la FAO incorporé dans WEAP détermine à la fois les besoins en eau et l'offre requise, le ruissellement dans le bassin hydrologique et sa composante de surface et d'infiltration.

La première partie de ce modèle détermine l'évapotranspiration dans le bassin versant à l'aide des coefficients culturaux et de l'évapotranspiration de référence. Prenant en compte les précipitations effectives, cette méthode détermine ensuite l'irrigation requise, c'est-à-dire celle qui ne peut pas être apportée par les précipitations effectives.

Dans le deuxième bloc du modèle, l'eau non soumise à l'évapotranspiration est simulée comme un écoulement (*run-off*). Celui-ci est alors fractionné entre le ruissellement de surface et la percolation profonde.

Les équations du modèle se présentent sous la forme suivante :

$$P_{eff,uh} = P_{t,uh} * T_{P,eff} \quad \text{Eq V-10}$$

$$V_{Peff,uh} = P_{eff,uh} * S_{uh} \quad \text{Eq V-11}$$

$$V_{Peff,uh,ir} = P_{eff,uh} * S_{uh,ir} \quad \text{Eq V-12}$$

$$ETC_{uh,ir} = ET_{0,uh,ir} * Kc_{uh,ir} * S_{UH} * Ts_{ir} \quad \text{Eq V-13}$$

$$ETC_{uh,nir} = ET_{0,uh,nir} * Kc_{uh,nir} * S_{UH} * (1 - Ts_{ir}) \quad \text{Eq V-14}$$

$$Dirr_{uh,ir} = ETC_{uh,ir} - V_{Peff,uh,ir} \quad \text{Eq V-15}$$

$$Pr_{uh} = \sum uh \left( \frac{Dirr_{uh,ir}}{T_{effi,ir}} \right) \quad \text{Eq V-16}$$

$$Ec_{uh} = P_{t,uh} * (1 - T_{Peff}) + (1 - T_{effi,irr}) * Pr_{ir} \quad \text{Eq V-17}$$

$$RUIS_{uh} = Ec_{uh} * T_{ruis} \quad \text{Eq V-18}$$

$$INF_{UH} = Ec_{uh} * (1 - T_{ruis}) \quad \text{Eq V-19}$$

Où :

$P_{eff,uh}$  = Précipitation effectives par unité hydrologique

$P_{t,uh}$  = Précipitations totales par unité hydrologique

$T_{P,eff}$  = Taux de précipitation effective

$V_{Peff,uh}$  = Volume des récipitation effectives par unité hydrologique

$S_{uh}$  = Surface des unités hydrologiques

$ETC_{uh,ir}$  =

Evapotranspiration potentiel par unité hydrologique sur surface irriguée

$ET_{0,uh,ir}$  =

Evapotranspiration référence par unité hydrologique et superficie irriguée

$Kc_{uh,ir}$  = coeff cultural par unité hydrologique et sur surface irriguée

$Ts_{ir}$  = Taux de Surface Irrigué

$D_{uh,ir}$  = Demande d'irrigation par unité hydrologique et sur surface irriguée

$Pr_{uh}$  = Prélèvement par unité hydrologique

$T_{effi,ir}$  = Taux d'efficience irrigation

$Ec_{uh}$  = Ecoulement par unité hydrologique

$RUIS_{uh}$  = Ruissellement de surface par unité hydrologique

$T_{ruis}$  = Taux de ruissellement

$INF_{UH}$  = Infiltration<sub>UH</sub>

Les paramètres du modèle pluie-ruissèlement, incorporés dans WEAP, sont regroupés dans le tableau (V-12).

Variables du modèle	Les données	Paramètres De fonctionnement
Précipitations effectives (mm/j)	Surface de l'unité hydrogéologique	Taux de précipitation effective
Volumes des précipitations effectives	Précipitations totales ( <b>Rainfall</b> )	Fraction de surface irriguée
Volumes des précipitations effectives en zones irriguées	Evapotranspiration de référence	Taux d'efficience d'irrigation
Evapotranspiration potentielle (volume) en surface irriguée		Taux de ruissellement de surface
Evapotranspiration potentielle (volume) en surface non irrigué		Coefficient cultural (Kc)
Demande d'irrigation par UH		
Prélèvement d'eau dans l'unité hydrologique		
Prélèvement d'eau totale		
Ecoulement ( <b>Run-Off</b> )		
Ruissellement de surface		
Infiltration		

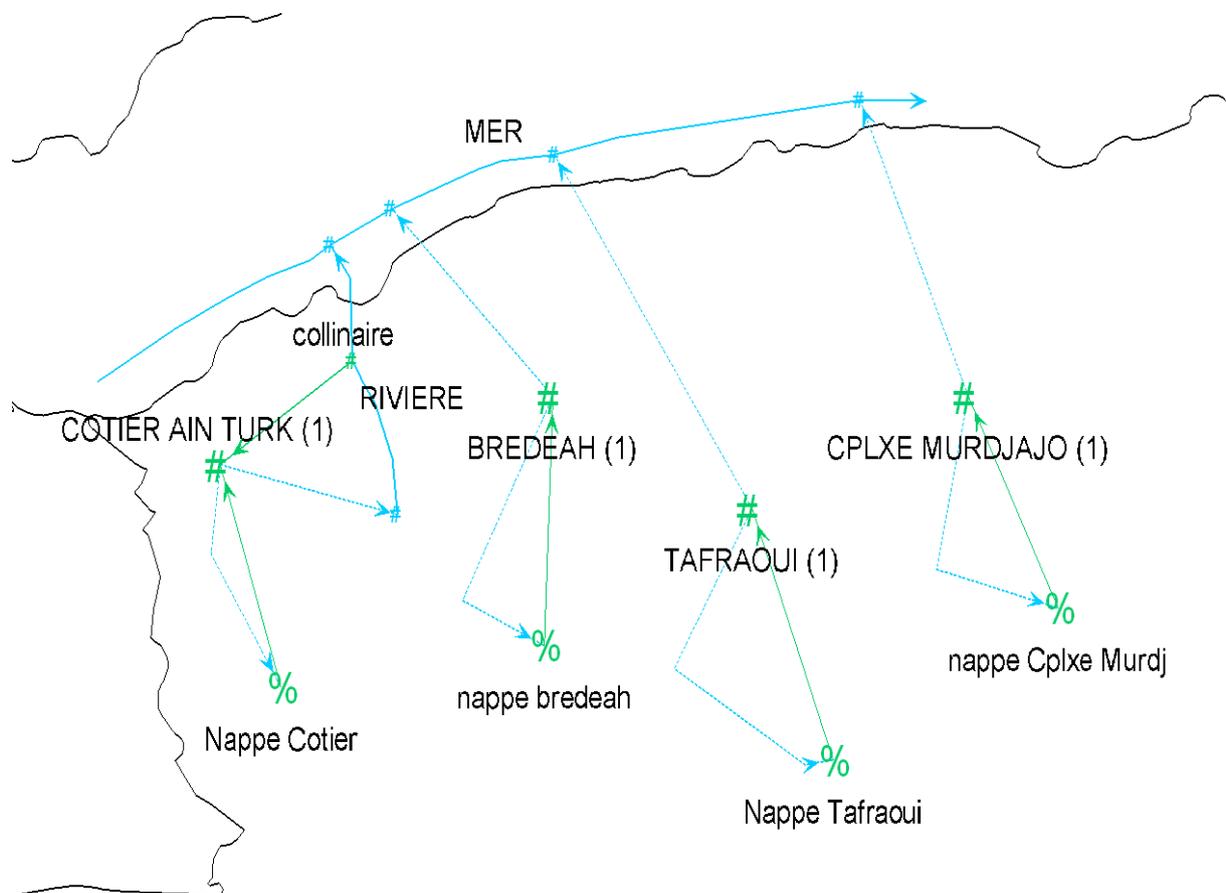
**Tableau V-12 : Les paramètres du modèle Rainfall-Runoff**

Le modèle contient 11 équations indépendantes à 11 inconnues et possède donc une solution unique.

Notons que pour la préservation des nappes, la priorité d'approvisionnement sera toujours donnée aux eaux de ruissellement.

### V.5.2. LA DETERMINATION DU COMPTE DE BASE

La configuration de la situation hydrologique de la Wilaya d'Oran a été schématisée dans le logiciel WEAP de la façon suivante:



**Figure V-6 : Configuration hydraulique de l'irrigation dans la wilaya d'Oran**

Les lignes bleues en pointillés correspondent à un écoulement d'eau représentant un ruissellement s'il est dirigé vers la mer ou une rivière et à une infiltration s'il est dirigé vers une nappe. Les lignes vertes sont des liaisons de transmissions avec un débit entrant et un

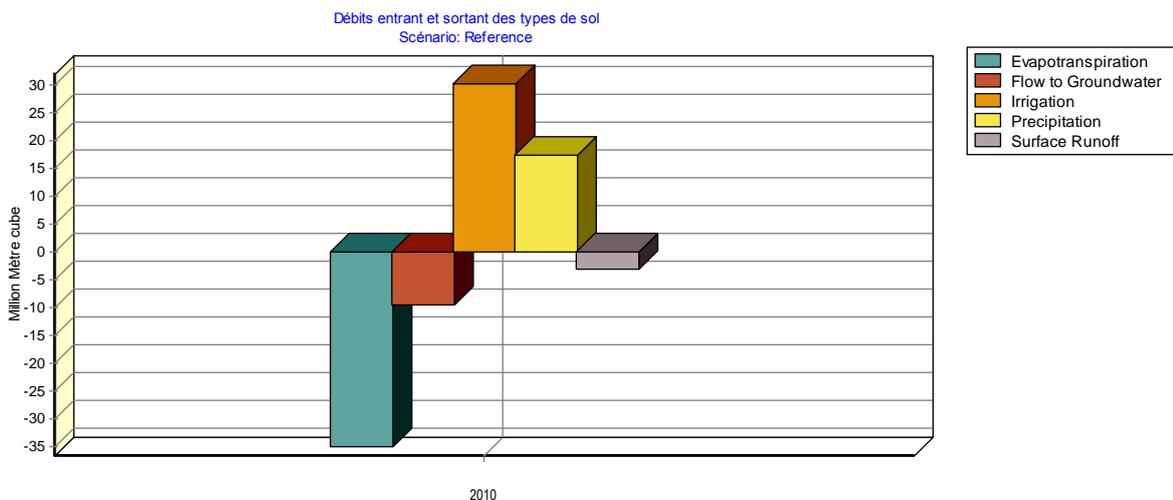
débit sortant différents du fait de l'efficacité de l'irrigation qui est différente de 100% (70% dans le compte courant et le scénario de référence).

Le compte de l'année base doit reproduire exactement la situation de l'année actuelle (retracée par les calculs effectués ci-dessus) représentant ainsi le calibrage du modèle. Dans notre cas, seuls les coefficients cultureux par unité hydrologique sont inconnus et ceux-ci doivent être déterminés de façon à reproduire l'évapotranspiration sur chacune des unités hydrogéologiques. Les valeurs ainsi calibrées des coefficients cultureux sont regroupées dans le tableau (V-13) :

Unité Hydrogéologique	Coefficient culturel
Cotiere Ain Turck	0,43
nappe de Bredeha	0,45
Complexe du Murdjajo	0,42
partie Nord d'Arbal	0,43

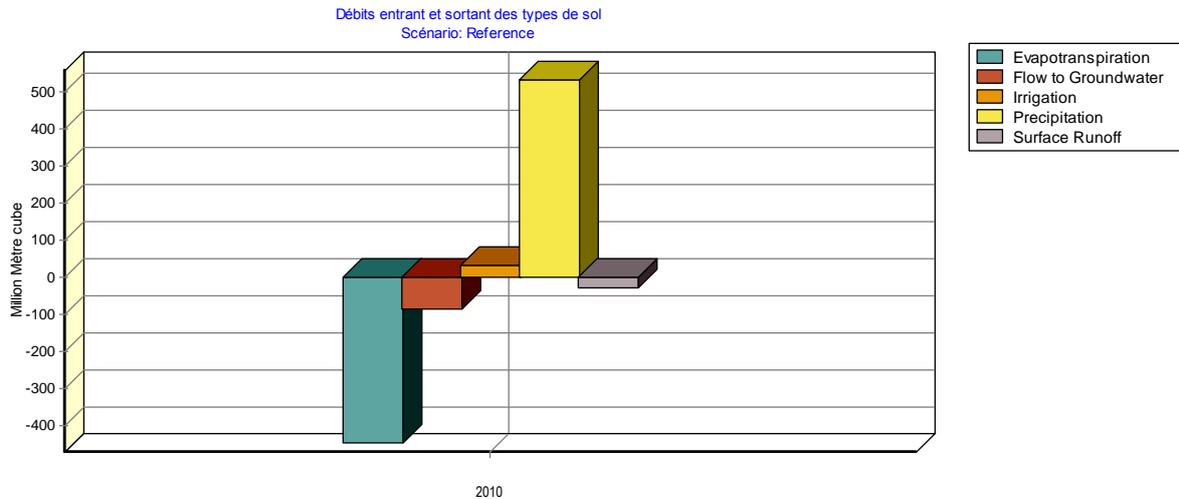
**Tableau V-13 : valeurs calibrées des coefficients cultureux moyen par unité hydrogéologique**

On peut constater à travers les graphiques suivants que le modèle ainsi configuré et calé reproduit exactement la situation hydrologique de la Wilaya d'Oran.



**Figure V-7 : Bilan hydrique des surfaces irriguées de la wilaya d'Oran dans le compte de base (2010)**

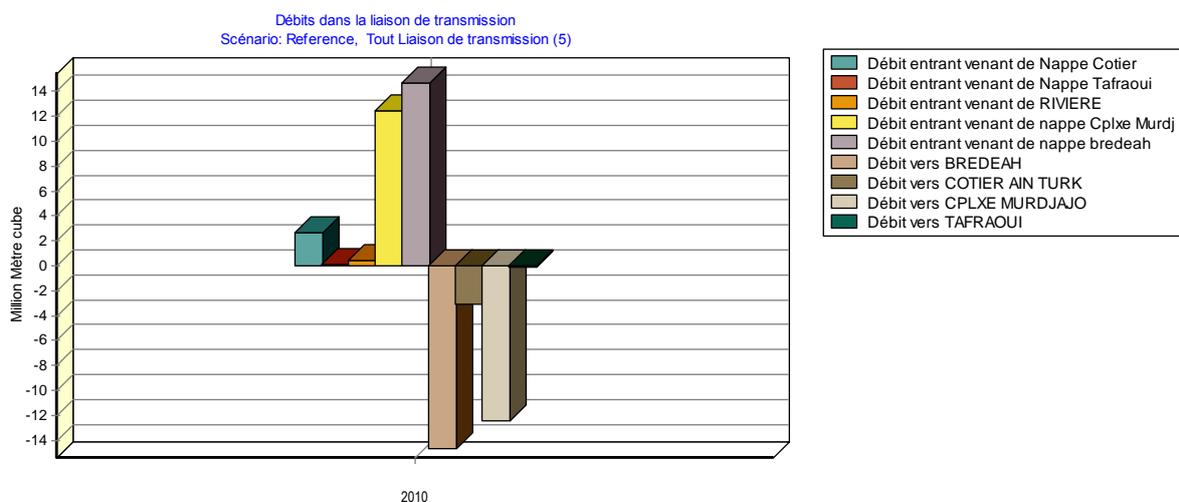
Le compte de base pour toute la Wilaya (secteur irrigué et non irrigué) est reproduit dans le graphique ci-dessous :



**Figure V-8 : Compte de base du secteur agricole de la wilaya d’Oran (2010)**

On constate que dans le compte courant les résultats du modèle sont identiques à ceux observés au cours de l’année de base tels qu’ils apparaissent dans le bilan hydrique. (Figure V-5).

Sur la figure (V-9), ci-dessous, sont reportés les débits entrant et sortant de l’ensemble des liaisons de transmission. On souligne que dans l’unité hydrogéologique du Côtier de Aïn Turk où l’irrigation se fait à la fois par des prélèvements de surface et de nappe, la priorité a été donnée à l’irrigation par les prélèvements de surface pour préserver les nappes phréatiques de la Wilaya. Le tableau (V-14) montre numériquement l’équilibre entre les débits entrant et sortant.



**Figure V-9: les débits des liaisons de transmissions dans le compte courant (2010)**

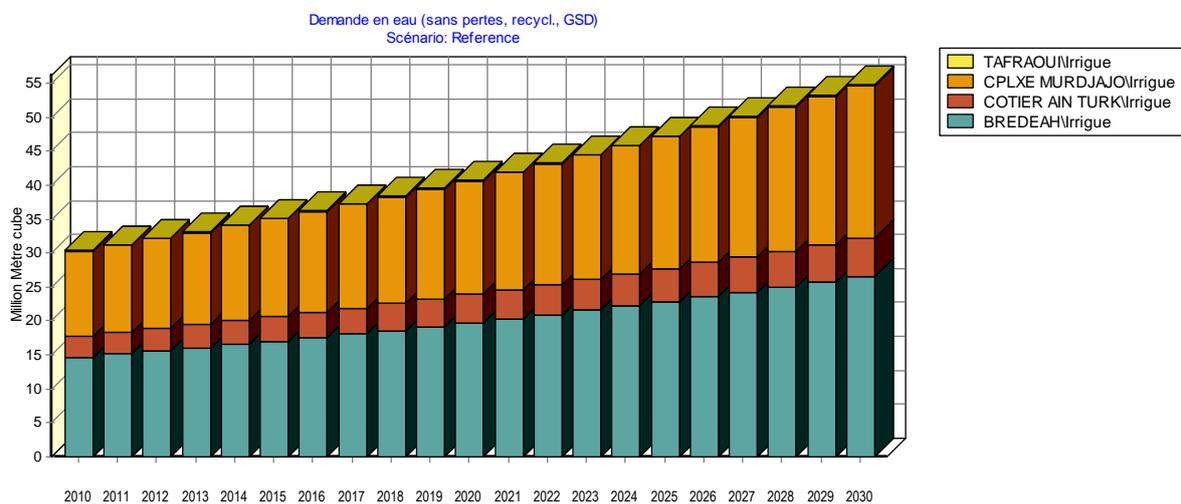
Débit entrant venant de					Débit vers				
Nappe Cotier	Nappe Tafraoui	RIVIERE	nappe Cplx Murdj	nappe bredeah	BREDEAH	COTIER AIN TURK	CPLXE MURDJAJO	TAFRAOUI	Somme
2 691 218	91 952	440 485	12 448 321	14 681 399	-14 681 399	-3 131 703	-12 448 321	-91 952	1,11E-10

**Tableau V-14 : débits entrants et sortants des différentes unités hydrogéologiques dans le compte courant (2010) en m<sup>3</sup>**

### V.5.3. LE SCENARIO DE REFERENCE

Pour établir le scénario de référence pour l'horizon 2010-2030, on maintient constant tous les paramètres du modèle (taux d'infiltration ; taux d'efficacité, etc...) sauf la superficie du secteur irrigué. On suppose que la surface irriguée croît au taux de 3% entre 2011 et 2030, ce qui est le taux retenu par les services de la DPAT. Par cela, la superficie irriguée passera de 6085 ha aujourd'hui à 10990 ha en 2030.

Avec cette hypothèse, les tensions sur les ressources vont être plus fortes car les prélèvements vont croître alors que les ressources restent à un même niveau. Cela peut se voir dans la progression des prélèvements qui seront effectués au cours de la période.



**Figure V-10 : Demande en eau d'irrigation de la wilaya d'Oran**  
Scénario de référence 2010-2011

En 2030, la confrontation entre les ressources hydriques et les prélèvements nécessaire au développement du secteur agricole seront, pour ce scénario de référence :

Unités Hydrogéologique.	Ressource de surface mobilisable (m)	Prélèvement	taux d'exploitation des ressources de surface	Ressource aquifere mobilisable	Prélèvement	Taux d'exploitation des nappes
Cotiere Ain Turck	1 803000	440 485	<b>24%</b>	5 408 000	5 215 719	96%
Nappe de Bredeha	2 867000	0	<b>0%</b>	8 600 000	26 516 240	308%
Complexe du Murdjajo	8 170000	0	<b>0%</b>	24 509 000	22 483 052	92%
Parie Nord d'Arbal	467000	0	<b>0%</b>	1 401 000	166 075	12%
<b>Total Wilaya</b>	<b>13 306000</b>	<b>440 485</b>	<b>3%</b>	<b>39 918 000</b>	<b>54 821 572</b>	<b>137%</b>

**Tableau V-15 : ressources hydriques et prélèvements en 2030.**  
Scénario de référence 2010-2030.

La surexploitation des nappes est excessive particulièrement pour la nappe de Brédéah. Le taux d'exploitation global des ressources souterraines est de plus de 130%. Cela justifie que des scénarios alternatifs doivent être envisagés pour réduire la pression sur la surexploitation des nappes phréatiques, notamment celle de Bredéah avec les problèmes de salinisation qu'elle pose, et préserver les ressources hydriques de la Wilaya. L'action doit porter à la fois sur la demande à travers l'amélioration de l'efficacité du système d'irrigation en même temps que sur l'augmentation de la mobilisation des ressources à travers de nouvelles infrastructures hydrauliques pour la Wilaya.

#### **V.5.4. SCENARIO DE DEMANDE**

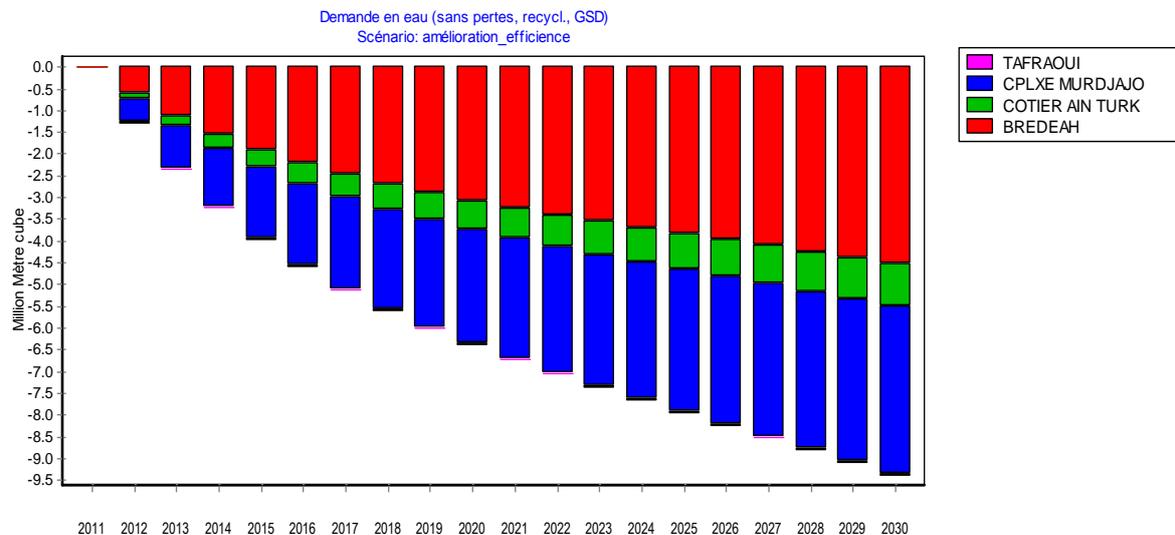
Selon l'étude de SOGREA (2009) le principal mode d'irrigation dans la Wilaya est le mode gravitaire qui représente 57% des modes d'irrigation et qui est concentré surtout dans les Piémonts du Murdjajo-Sebkha d'Oran (communes de Messerghin avec 1 128 ha et de Boutlelis avec 522 ha) et dans la plaine de Hassi Bounif – Gdyl, dispersée sur plusieurs communes dont Hassi Bounif (225 ha), Gdyl (91ha), Sidi Chami (91ha), Sidi Ben Yakba (87ha) et Aïn Biya (82 ha). Ce mode d'irrigation dominant est pourtant celui dont l'efficacité est la plus faible sachant que celle-ci varie entre 40 et 70% seulement et occasionne des pertes d'eau non négligeables.

Le mode du goutte à goutte représente 36% des modes d'irrigation de la Wilaya. Son efficacité est de l'ordre de 90%. Il est principalement utilisé dans la région des Plaines de Hassi Bounif - Gdyl (Sidi Chami avec 310 ha et Gdyl avec 202 ha) et dans les Piémonts du Murdjadjo où le gouttes-à-gouttes est principalement utilisé dans les communes de Boutlelis (259 ha) et d'Es Senia (127ha).

L'aspersion est très peu pratiquée (1%) alors que le citernage représente 6% des modes d'irrigation.

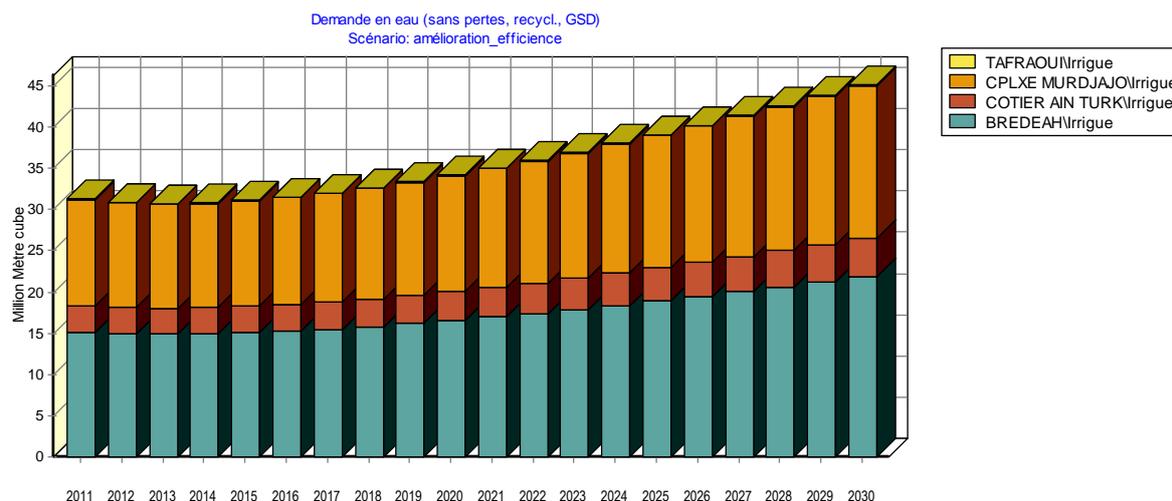
Cette domination du mode d'irrigation à faible efficacité (gravitaire) montre que des progrès importants dans l'économie des ressources peuvent être réalisés. Dans la suite, on simule une amélioration de l'efficacité du système d'irrigation qui fait progressivement passer le taux d'efficacité de 70% en 2011 à 85% en 2030 à travers une généralisation du mode d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte.

La plus grande efficacité du mode d'irrigation va réduire les prélèvements requis en économisant sur les pertes auparavant réalisées. Comme le montre la figure ci-après, *en comparaison avec le scénario de référence*, la réduction des prélèvements prévue sera en 2030 de 9.38 millions de m<sup>3</sup>.



**Figure V-11 : Diminution de la demande en eau par amélioration de l'efficacité**  
Scénario de demande 2011-2030.

Malgré cette amélioration des systèmes d'irrigation, la pression sur les ressources reste encore importante.



**Figure V-12 : demande en eau avec amélioration de l'efficacité.**  
Scénario de demande 2011-2030.

Les prélèvements restent plus grands que les ressources souterraines mobilisables et renouvelables. Après une légère diminution initiale jusqu'en 2013 car les économies d'efficacité l'emporte sur la croissance de la superficie irriguée, les prélèvements augmentent de nouveau à partir de 2014 sous la pression des besoins d'irrigation. Le taux d'exploitation des nappes souterraines se situe à l'horizon 2030 aux environs de 113% avec une surexploitation de la nappe de Brédéah autour de 255%.

### V.5.5. SCENARIOS DE MOBILISATION DES RESSOURCES

Si les gains qui peuvent être réalisés par une amélioration de l'efficacité des modes d'irrigation sont importants ils restent toutefois insuffisants au regard de la pression à la hausse des besoins en irrigation. Cela justifie qu'on s'intéresse à des scénarios qui envisagent des actions en direction du développement des infrastructures hydrauliques et d'une plus grande mobilisation des ressources de la Wilaya. C'est pourquoi, on explore d'abord un scénario de construction de retenues collinaires avant de simuler un scénario final qui intègre le secteur de l'AEP et le secteur de l'agriculture en destinant les eaux traitées de la STEP à l'irrigation agricole.

Ces scénarios vont intégrer l'ensemble des actions prospectives à mener dans la Wilaya sur les vingt prochaines années. Par cela, se trouve réalisé plusieurs grands objectifs :

- Le premier est celui d'intégrer le secteur de l'AEP, le secteur de l'Industrie et celui de l'Agriculture alors, qu'à l'heure actuelle, le secteur agricole est déconnecté du reste du système hydrique de la Wilaya. Rappelons que les ressources pour l'irrigation sont découplées des ressources non conventionnelles d'eau, ces derniers ne participant que de façon marginale à la satisfaction des besoins en eau de la Wilaya. Seuls deux

stations de traitement et d'épuration des eaux sont installées dans la Wilaya avec une capacité très limitée et sans utilisation significative de l'eau produite dans le secteur industriel ou agricole. Le scénario projeté permet d'intégrer le secteur de l'AEP à l'hydraulique agricole par la STEP, dont les inputs sont les retours des ménages, des collectivités et de l'industrie, participera alors à l'irrigation du secteur agricole.

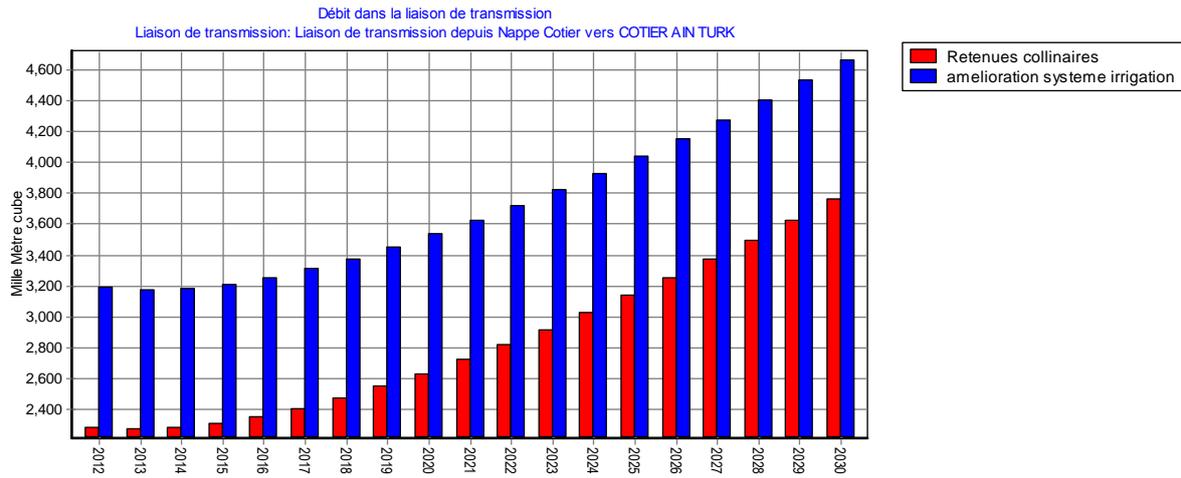
- Le deuxième objectif est d'assurer l'intégration du secteur de l'agriculture également par la mobilisation des ressources de surface pour la satisfaction de ses besoins. On rappelle que moins de 3.5% des ressources de surface participe dans la Wilaya à l'irrigation. La mise en place projetée par la Direction de l'hydraulique de la wilaya d'Oran de 12 retenues collinaires (DHW, 2010) permettra de relier la satisfaction des besoins du secteur agricole aux ressources de surface de la Wilaya.
- Le troisième objectif est de voir dans quelle mesure la mise en place de ces infrastructures contribuera à réduire les prélèvements de certaines nappes souterraines actuellement surexploitées.

#### **V.5.5.1. Scénario de construction de retenues collinaires**

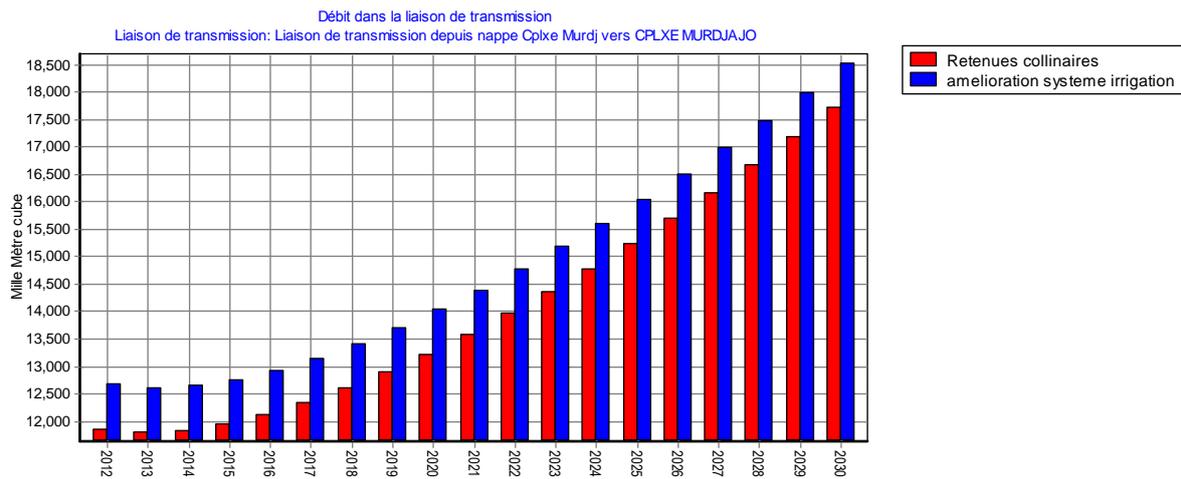
Dans ce scénario, on simule un projet de la Wilaya non encore formalisé de réalisation de 12 retenues collinaires qui permettront d'augmenter l'utilisation du ruissellement de surface pour l'irrigation des plantations.

On retient à ce niveau deux réalisations qui seront implantées dans les localisations où le réseau hydrographique est le plus dense : l'Oued Beggoug dans le Côtier de Ain Turck et l'Oued Guessiba dans l'unité hydrologique du Complexe du Murdjadjo. Par ces retenues collinaires, l'objectif sera de faire passer la part des ressources de surface dans le Côtier de Ain Turck de 24% actuellement à 50% et cette part dans le Complexe du Murdjadjo de 0% à 10% en 2012. Au total, la moyenne de mobilisation des eaux de surface passera de 3,3% actuellement à 13% en moyenne pour toute la Wilaya.

En comparaison avec le scénario précédent (amélioration des modes d'irrigation), la réalisation de ces retenues permettra de mobiliser un volume de 1,718 millions de m<sup>3</sup> par an d'eau de ruissellement qui seront autant de volume qui soulageront les nappes dans les unités hydrogéologiques concernées. A cet effet, les figures suivantes compare l'exploitation des nappes du Côtier de Ain-Turck et du complexe du Murdjajo dans les scénarios avec et sans retenues collinaires.



**Figure V-13 : Comparaison de l’exploitation de la nappe du Côtier Ain Türck dans les scénarios avec et sans retenues collinaires**



**Figure V-14 : Comparaison de l’exploitation de la nappe du complexe du Murdjajo dans les scénarios avec et sans retenues collinaires**

Ainsi, le taux d’exploitation de la nappe du côtier de Ain-Turck passera de 86,2% en 2030 à 69,5% tandis que celui du Complexe du Murdjajo passera de 75,6% à 72,2%.

Ces volumes sont, comme on le voit, loin de constituer à eux seuls une solution à la question de l’irrigation agricole alors même que nous avons supposé une croissance modérée du secteur agricole (3%/an). Il faut rappeler à ce titre la faible densité du réseau hydrographique de la Wilaya d’Oran ainsi que la faiblesse des précipitations qui ne permettent pas d’envisager une solution dans le long terme uniquement dans ce sens.

### V.5.5.2. Scenario d'irrigation par les STEP

C'est par l'intégration des secteurs de l'AEP et de l'agriculture qu'on doit envisager la question de l'irrigation dans la Wilaya. En 2030, les rejets des seuls ménages seront de 66 millions de m<sup>3</sup> par an. Le recours à l'irrigation par les eaux traitées par la STEP aura aussi pour effet non seulement d'améliorer la qualité de l'eau mais aussi de substituer les ressources de la STEP aux prélèvements souterrains. L'effet sera de réduire ainsi la pression sur les aquifères actuellement surexploitées. Aussi, dans ce scénario, on contraint les prélèvements des nappes souterraines à une exploitation normale, c'est-à-dire à ne dépasser à aucun moment la recharge naturelle des nappes. (Tableau V-16).

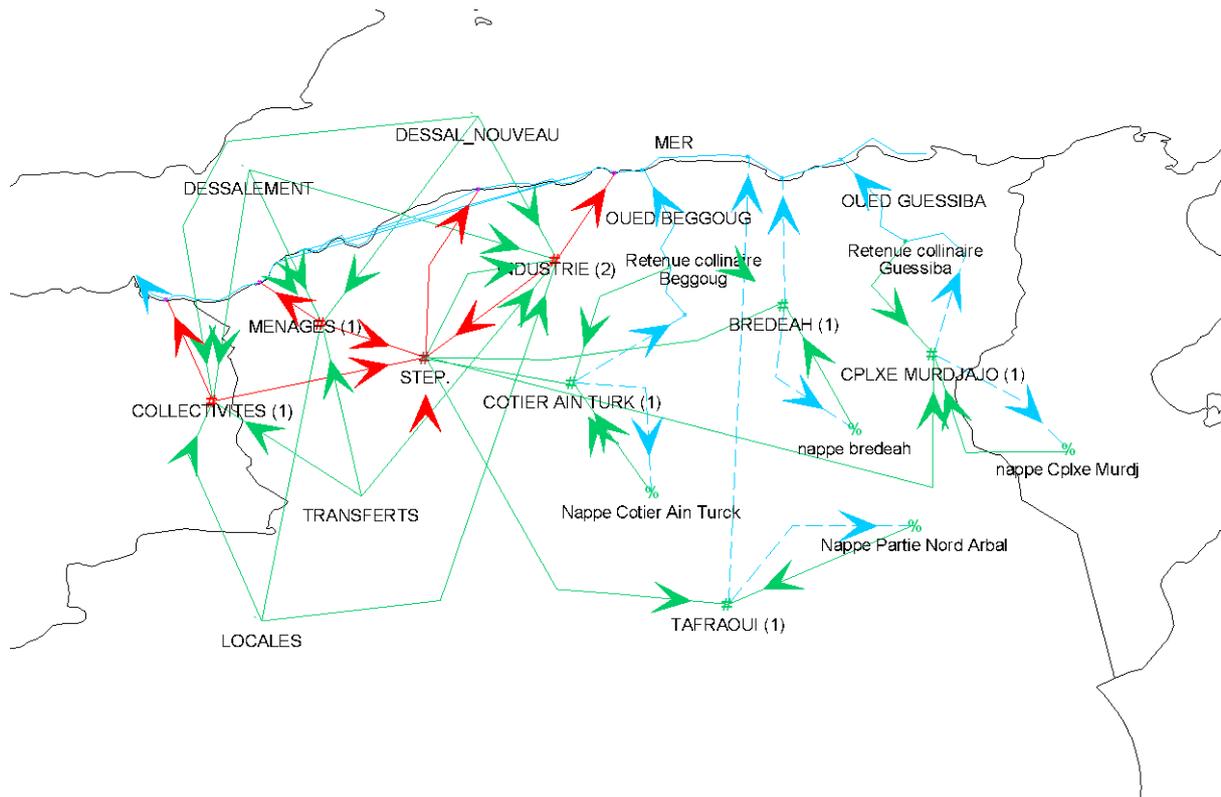
	Cotiere Ain Turck	Nappe de Bredéah	Complexe du Murdjajo	Partie nord d'Arbal	Total Wilaya
<b>Contraintes aux ressources mobilisables (m3/an)</b>	5 408 000	8 600 000	24 509 000	1 401 000	39 918 000

**Tableau V-16 : Recharge naturelle des nappes de la wilaya d'Oran**

La liaison entre la STEP et le secteur agricole doit également permettre d'augmenter la superficie des surfaces irriguées de la Wilaya. Dans les simulations précédentes, on a prévu un accroissement du secteur irrigué de 3% l'an, ce qui correspond à une extension des superficies irriguées de 6085 hectares en 2011 à 10670 hectares en 2030, soit un surcroit de 4600 ha environ sur deux décennies. Il s'agit d'une variante basse. L'objectif déclaré par la Direction de l'hydraulique est de mettre en place des Grand Périmètres d'irrigation (GPI) pour 8000 hectares mais sans préciser l'horizon du projet (DHW et Etude Inventaire PMH 2008). On localise ce projet dans la région de Tafraoui (7000 hectares) en l'étendant à un GPI de 1000 ha à Brédéah tout en gardant pour les autres régions de la Wilaya l'hypothèse d'une croissance de la superficie irriguée de 3% annuellement. Toutefois, comme on l'a rappelé, l'objectif d'extension de l'irrigation dans la Wilaya ne doit pas se faire au détriment de celui de la préservation des ressources souterraines non renouvelables. Pour cela, les prélèvements des nappes seront contraints à ne pas dépasser la recharge naturelle des nappes tels que retracés dans le tableau (V-16) ci dessus.

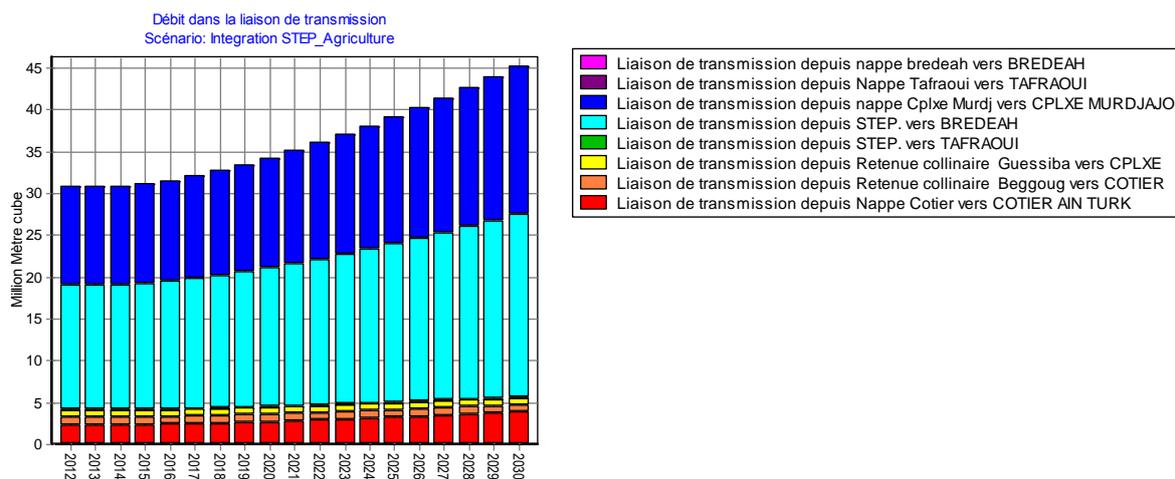
Comme dans les autres scénarios, les eaux traitées continueront d'alimenter le secteur industriel. Du point de vue priorité, les secteurs des ménages et des services collectifs continueront de bénéficier de la priorité de la demande.

Enfin, on garde l'hypothèse que les eaux rejetées par les ménages, les collectivités et les entreprises industrielles alimenteront la STEP à hauteur de 60% de leur volume, le reste étant rejeté vers la mer. La figure suivante présente le fonctionnement hydraulique de ce scénario dans le modèle de WEAP.



**Figure V-15 : Fonctionnement hydraulique générale de la wilaya dans le modèle WEAP.**

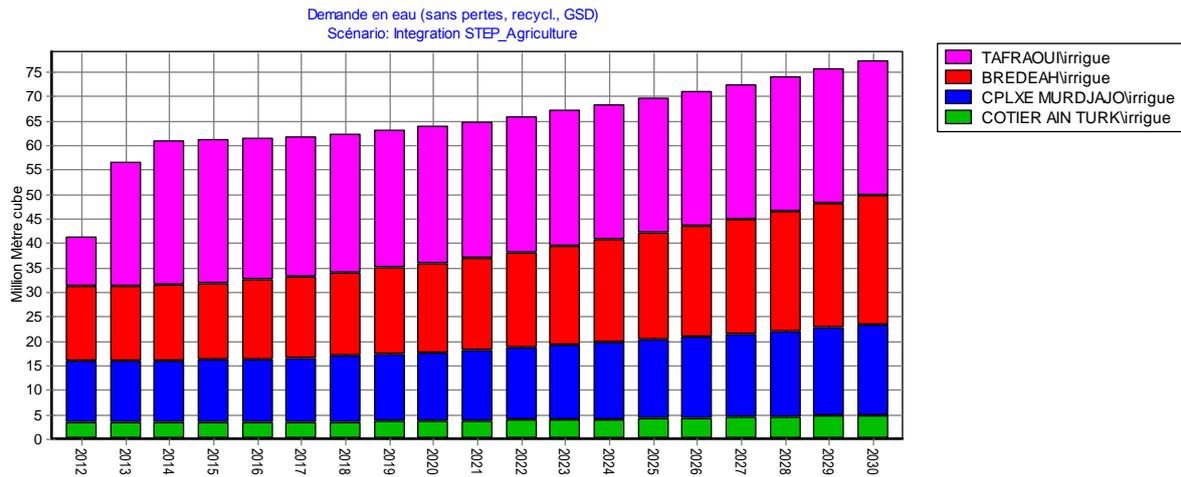
En l'absence de création de GPI et si on ne retient que la croissance de référence de 3% des surfaces irriguées, la STEP sera largement surdimensionnée par rapport à l'objectif de préservation des nappes. Les nappes de Brédéah et de Tafraoui ne seront en effet plus exploitées, la production de la STEP se substituant totalement à l'exploitation des ces deux aquifères.



**Figure V-16 : Approvisionnement de l'irrigation dans la wilaya d'Oran.  
Scénario irrigation par la STEP (2012-2030).**

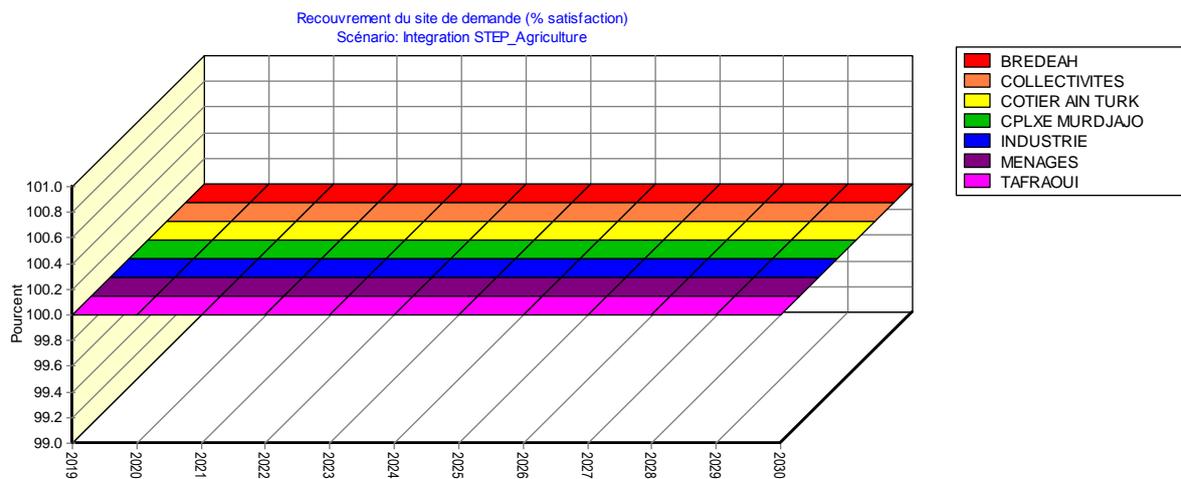
En fait, la réalisation de la STEP compte tenu de l'importance de ses capacités doit être considérée comme un projet complémentaire à la mise en place de GPI permettant notamment de spécialiser la plaine de la M'leta dans l'agriculture irriguée.

L'intégration du projet d'extension de la superficie irriguée dans la plaine de la M'leta couplé à un GPI de 1000 ha dans le bassin de Brédéah booste la demande en eau d'irrigation qui atteint en 2030 un volume de 77,2 millions de m<sup>3</sup> par an tirée par l'augmentation de la demande du secteur agricole de la plaine de la M'leta et de celui de Brédéah.



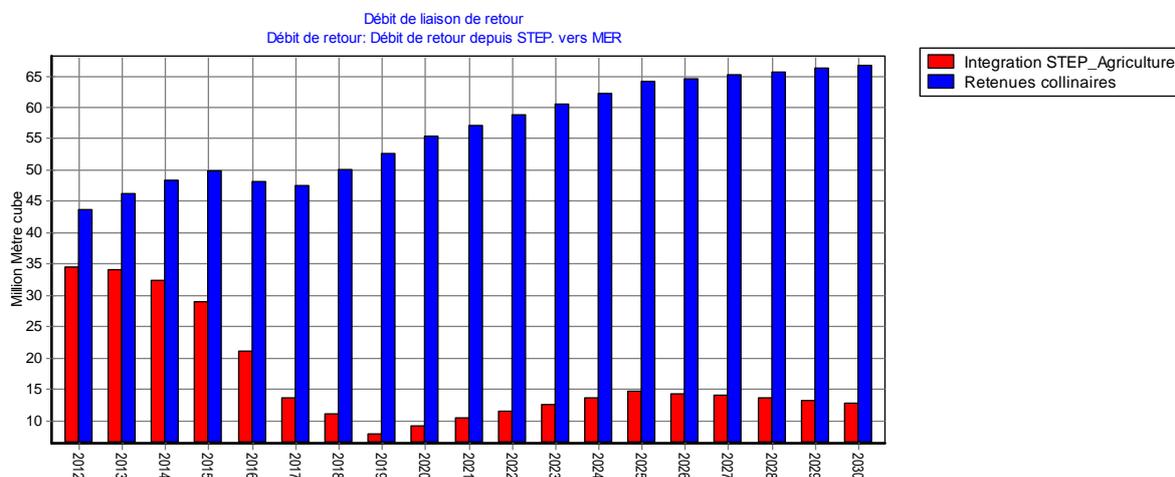
**Figure V-17 : Demande en eau agricole de la wilaya d'Oran.**  
Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.

Malgré cette augmentation des superficies irriguées, le taux de recouvrement pour tous les sites, grâce à la production de la STEP, sera, à terme, de 100% que ce soit pour les ménages, les collectivités, l'industrie ou les quatre régions agricoles (Figure V-18).



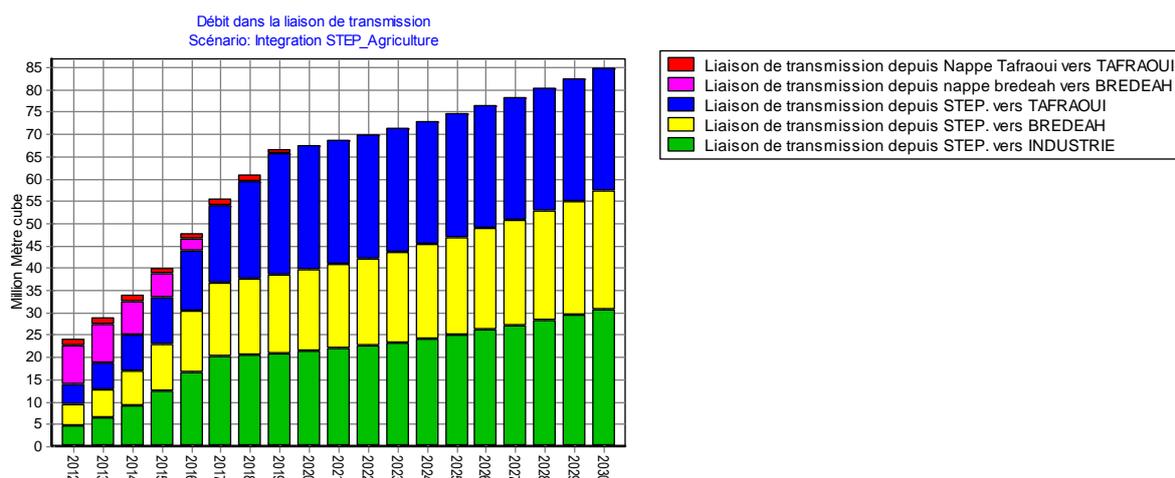
**Figure (V-18) Figure V-18 : Taux de recouvrement de la demande en eau.**  
Scénario irrigation par la STEP

Par ailleurs, les rejets de la STEP vers la mer diminuent fortement passant en 2030 de 66.6 millions de m<sup>3</sup>/an sans intégration de la STEP au secteur agricole à 12.6 millions dans le scénario actuel. Figure (V-19)



**Figure V-19 : volumes des rejets vers la mer avec et sans intégration de la STEP à l'irrigation.**

Toutefois, les simulations montrent que les ressources renouvelables des nappes ne seront pas totalement exploitées du fait des capacités importantes de la STEP. Rappelons que la priorité d'approvisionnement des sites agricole a été donnée à la STEP.



**Figure V-20 : apport de la STEP (prioritaire) dans l'approvisionnement en eau. Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.**

Comme le montre la figure ci-dessus, à partir de 2017 pour la nappe de Brédéah et de 2020 pour celle de Tafraoui, le niveau de prélèvement des eaux souterraines s’annule totalement.

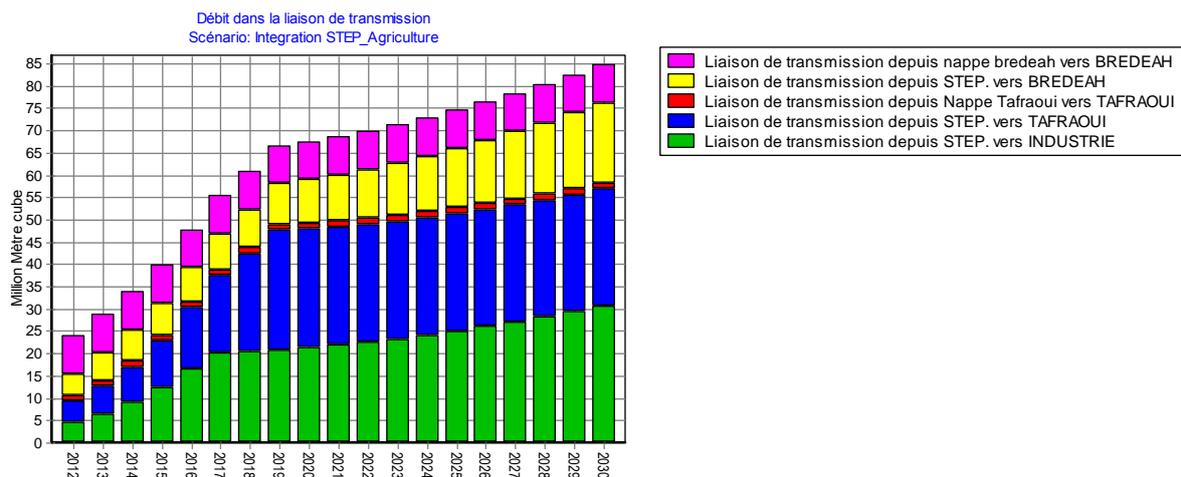
Une absence d’exploitation des ressources souterraines renouvelables au profit d’une production coûteuse d’eau non conventionnelle pose toutefois la question du dimensionnement optimal de la STEP. Dans une optique d’environnement, la STEP garde son utilité du fait qu’elle traite des eaux qui dans le cas contraire sont une source de pollution des nappes ou des autres réceptacles des eaux usées. Toutefois, comme le traitement des eaux a un coût, l’idéal est que celui-ci soit amorti par l’utilisation économique des eaux purifiées.

Pour poser la question de la dimension optimale de la STEP, on a procédé à une démarche en deux étapes.

Dans une première étape, on a exécuté de nouveau la simulation mais en donnant la priorité à l’approvisionnement par les ressources souterraines renouvelables. Cela engendrera un important rejet d’eau traitée par la STEP à la mer (surplus de production).

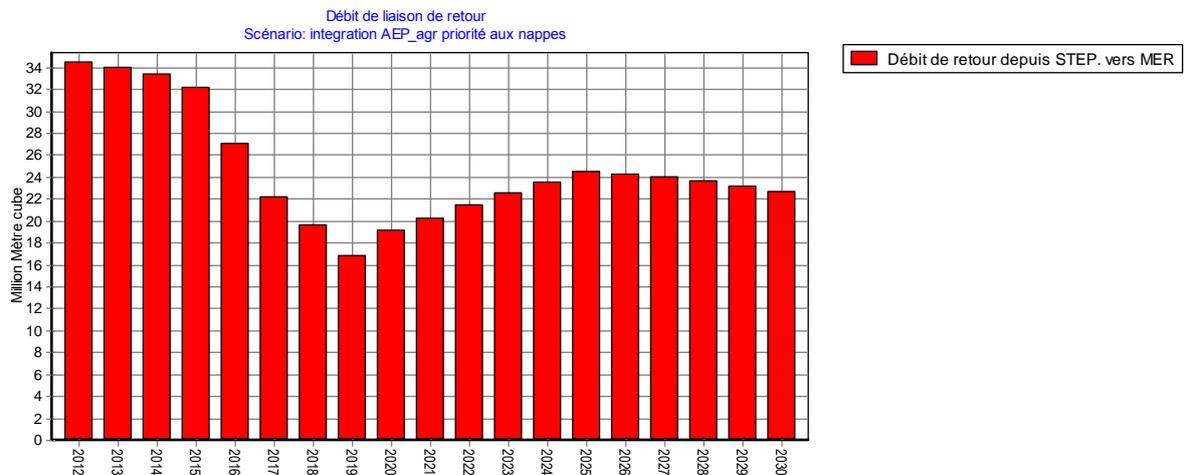
Aussi, dans une deuxième étape, on a déterminé par simulation quel est le taux de croissance des superficies irriguées nécessaire pour absorber cet excédent de la production de la STEP.

La figure ci-dessous présente les débits dans les liaisons de transmissions lorsqu’on inverse les priorités d’approvisionnement pour utiliser pleinement les ressources souterraines mobilisables et renouvelables. Comme on peut le constater, à l’inverse de la variante précédente, toutes les ressources souterraines sont mobilisées tout au long de la période 2012-2030.



**Figure V-21: Apport des souterraines (prioritaires) et de la STEP dans l’approvisionnement,**  
Scénario irrigation pas la STEP 2012-2030.

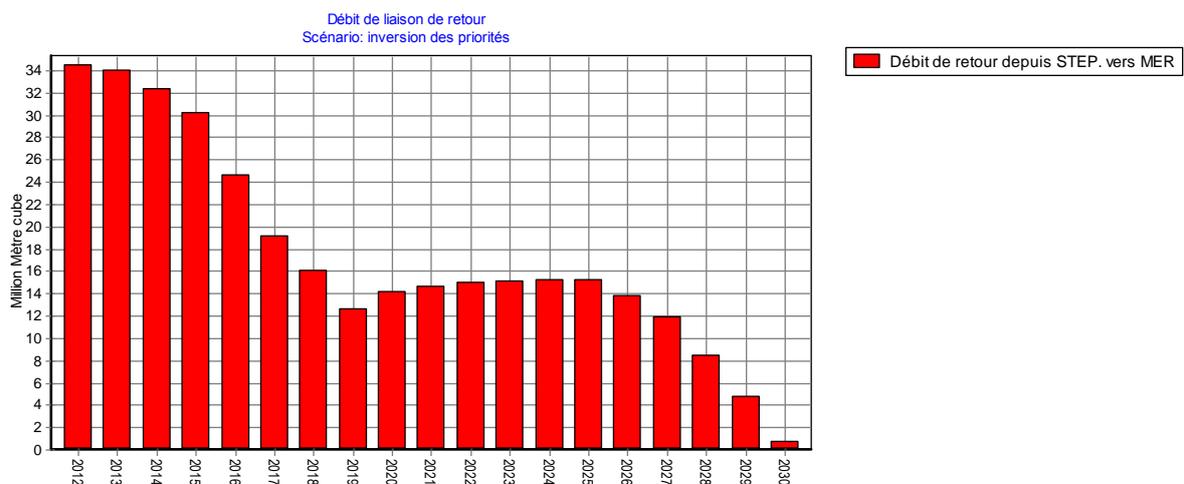
Cependant, comme la STEP est sollicitée à un degré moindre, les rejets de l'eau traitée vers la mer seront plus importants. Ils s'élèvent dans ce scénario à plus de 22,6 millions de m<sup>3</sup>/an, soit un accroissement de 10 millions de m<sup>3</sup>/an (Figure V-22).



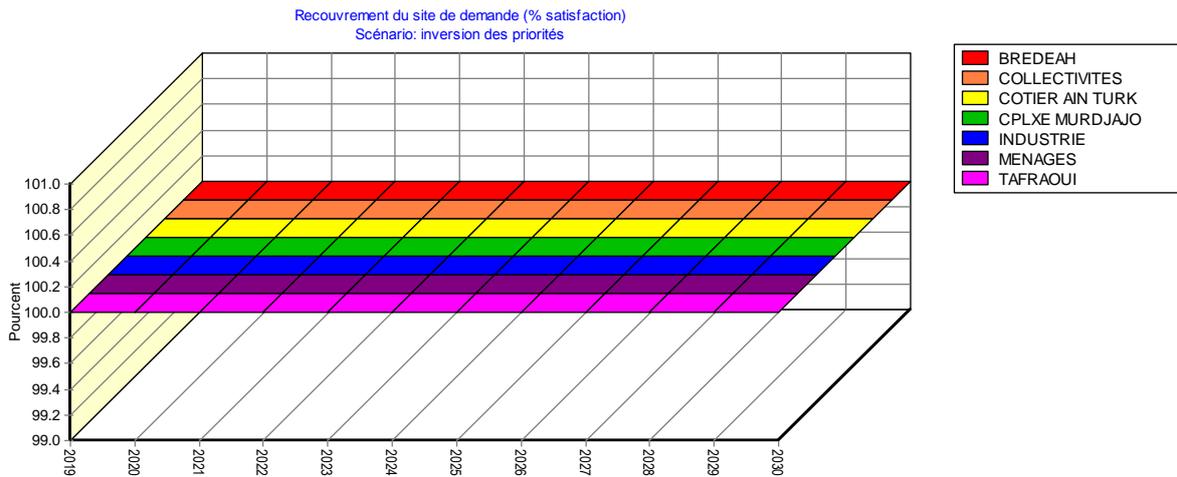
**Figure V-22 : Rejets vers la mer l'orsque la priorité est donnée aux nappes.**

Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.

Ces rejets, dans une situation idéale, doivent être utilisés pour irriguer de nouvelles superficies agricoles. Les simulations faites en augmentant, pas par pas, le taux de croissance de référence des superficies agricoles irriguées montrent que le dimensionnement de la STEP est compatible avec un taux de croissance des superficies irriguées de 5.5% l'an sur 2012-2030. A ce taux, les rejets de la STEP vers la mer s'amortissent et s'annulent en 2030 avec un taux de recouvrement de 100% de tous les sites de demande et une exploitation de 100% des recharges des nappes comme le montre les deux figures suivantes (Figure V-23) et V-24).



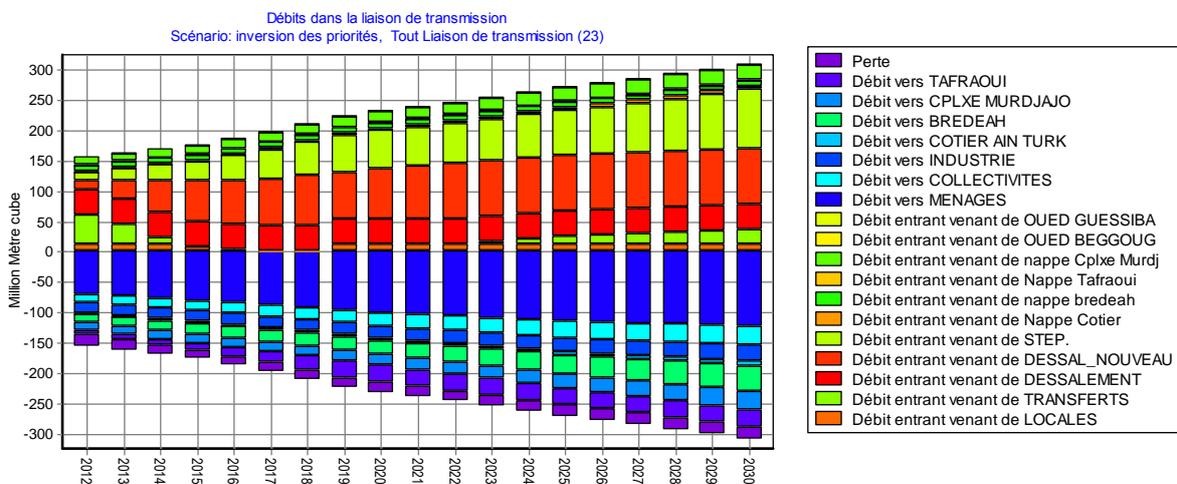
**Figure (V-23) Figure V-23 : Rejet vers la mer, lorsque la priorité d'irrigation (d'un taux de 5.5 %) est donnée aux nappes,**  
Scénario irrigation par la STEP 2012-2030.



**Figure V-24 : Taux de recouvrement des débits de demandes avec taux de croissance de 5.5% de surfaces irriguées, Scénario irrigation par la STEP2012-2030.**

## V.6. CONCLUSION

Les résultats ci-dessus intègrent l'ensemble des scénarios que nous avons retenus. Dans ce cadre, la figure (V-25) et le tableau (V-17) ci-dessous récapitulent les résultats escomptés sur la période 2012-2030 après la mise en œuvre de toutes les réalisations physiques projetées ainsi que les opérations d'amélioration de l'efficacité de la distribution et de l'irrigation qu'on a préconisé et compte tenu de l'évolution des besoins des différentes unités de la Wilaya (ménages, services collectifs, industrie et les quatre régions agricoles) et de leur croissance :



**Figure V-25 : Nature d'approvisionnement des différents sites de demandes.**

<b>Débts dans la liaison de transmission (1000 Mètres cubes)</b>					
<b>Tout Sources et destinations, Tout Liaison de transmission (23)</b>					
	<b>2012</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Débit entrant venant de LOCALES	12 628,7	6 887,8	12 628,7	12 628,7	12 628,7
Débit entrant venant de TRANSFERTS	46 431,4	0,0	0,0	12 703,4	24 227,7
Débit entrant venant de DESSALEMENT	41 450,3	41 450,3	41 450,3	41 450,3	41 450,3
Débit entrant venant de DESSAL_NOUVEAU	15 483,6	67 148,8	82 104,6	91 248,4	91 250,0
Débit entrant venant de STEP.	13 790,9	31 851,9	62 307,8	73 764,9	96 592,0
Débit entrant venant de Nappe Cotier	2 440,9	2 716,6	3 585,7	4 879,5	5 408,0
Débit entrant venant de nappe bredeah	8 600,0	8 600,0	8 600,0	8 600,0	8 600,0
Débit entrant venant de nappe Cplx Murdj	12 468,9	13 564,8	17 019,2	22 162,0	24 509,0
Débit entrant venant de Nappe Tafraoui	1 401,0	1 401,0	1 401,0	1 401,0	1 401,0
Débit entrant venant de OUED BEGGOUG	901,5	901,5	901,5	901,5	901,5
Débit entrant venant de OUED GUESSIBA	817,0	817,0	817,0	817,0	817,0
Débit vers MENAGES	-70 444,7	-80 693,2	-100 205,0	-115 094,0	-122 167,3
Débit vers COLLECTIVITES	-14 400,6	-17 046,0	-22 360,2	-27 133,8	-30 433,7
Débit vers INDUSTRIE	-15 649,2	-17 193,1	-19 068,9	-22 445,8	-27 605,6
Débit vers COTIER AIN TURK	-3 342,4	-3 618,1	-4 487,2	-5 781,0	-7 526,6
Débit vers BREDEAH	-13 196,1	-17 780,9	-23 116,9	-31 220,9	-42 611,7
Débit vers CPLXE MURDJAJO	-13 285,9	-14 381,8	-17 836,2	-22 979,0	-29 917,8
Débit vers TAFRAOUI	-5 997,1	-11 856,4	-28 004,2	-27 605,2	-27 499,6
Perte	-20 098,1	-12 770,3	-15 737,1	-18 297,1	-20 023,0
<b>Sum</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Tableau V-17 : Récapitulatif des débits d'approvisionnement des différents sites de demande de la wilaya d'Oran 2012-2030.**

## CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Ce travail avait pour objectif l'étude prospective de la gestion des ressources en eau dans la Wilaya d'Oran. Il a permis d'aborder deux questions importantes dans l'analyse.

La première concerne l'utilisation de la modélisation pour la prospective de l'eau et les simulations de scénarios. Ce travail a permis de montrer l'importance de la modélisation et les bénéfices qu'on peut en tirer dans le cadre d'une analyse prospective.

Dans le secteur de l'AEP et de l'industrie, on a modélisé l'évolution des besoins en eau des ménages et des collectivités en spécifiant des variables explicatives comme le taux de croissance démographique, le taux de raccordement, l'amélioration du niveau de vie dans le pays etc. Cela nous a permis de construire le scénario de référence et de réaliser des simulations tant du côté de la demande (dans le cas de changement dans les paramètres du modèle) que du côté de la production d'eau.

Dans l'étude du secteur agricole par contre, on a utilisé deux modèles hydrologiques. Le premier modèle nous a permis de déterminer les besoins en eau d'irrigation dans le secteur agricole en tenant compte de la nature des plantations dans la Wilaya ainsi que les conditions météorologiques. Le second modèle (*Rainfall-runoff*) est un prolongement du modèle précédent et nous a permis de modéliser, en plus des besoins d'irrigation, l'évapotranspiration et les écoulements de surface et souterrains.

Ainsi, ce travail a utilisé un modèle intégrée prenant en compte la modélisation:

- de l'utilisation des ressources en eaux ;
- des flux d'écoulements de l'eau ;
- et de l'équilibre du bilan hydrique de la wilaya.

Le second axe de notre travail a été l'estimation des besoins en eau de la wilaya pour l'ensemble des secteurs utilisateurs (ménages, services collectifs, industrie et agriculture) et la simulation de scénario alternatifs pour la réalisation non seulement de l'équilibre entre production et demande d'eau au cours de la période 2011-2030 mais aussi de l'autosuffisance hydrique (ou d'une suffisance minimale) de la Wilaya dont les ressources externes représentent encore actuellement plus de 53% du total des ressources.

Le calibrage des modules utilisés pour reproduire exactement la situation de l'année de base (2010) a été réalisée à chaque fois de manière satisfaisante. Le logiciel utilisé pour la résolution de ces modèles et l'analyse des variantes est WEAP.

Les résultats des simulations ont montré les vulnérabilités de la Wilaya:

- La demande en eau, hors du secteur agricole, sera importante à l'horizon 2030 (187 millions de m<sup>3</sup> dont 122 millions pour les ménages) et créera un déficit de 95 millions de m<sup>3</sup> par an ;
- Les priorités actuelles en faveur de l'alimentation des ménages et des services collectifs affecteront lourdement le secteur de l'industrie risquant de donner un frein au développement économique de la Wilaya ;
- Le secteur agricole, en prélevant presque exclusivement des nappes, accentuera la surexploitation des ressources souterraines qui, pour certaines, a déjà atteint un seuil critique notamment pour la nappe de Brédéah.

Face à cette situation, on a simulé plusieurs scénarios alternatifs qui sont autant de recommandations pour faire face à cette augmentation future des besoins en eau dans la Wilaya. Les résultats obtenus pour les différents secteurs sont les suivants.

Dans le secteur de l'AEP, la mise en fonction d'une station de dessalement de l'eau de mer (SDEM) de capacité nominale de 250.000 m<sup>3</sup> en plein régime permet de combler initialement le déficit en eau mais celui-ci réapparaît en 2025 pour se fixer à plus de 20 millions en 2030 ;

L'augmentation des capacités de traitement d'eaux usées en direction de l'industrie est une option qui va résorber le déficit sur tout l'horizon de la projection. Néanmoins, la wilaya ne garantira pas son *autosuffisance hydrique* et aura de nouveau recours à des transferts externes à partir de 2019 pour satisfaire les besoins croissants des ménages, des collectivités locales et de l'industrie ;

C'est en mettant en place une meilleure efficacité dans la gestion et la distribution de l'eau que l'objectif d'autosuffisance hydrique sera quasiment atteint en 2030 ;

Dans le secteur agricole, actuellement découplé du reste du réseau de production et de distribution, une croissance de 3% des superficies agricoles irriguées fera apparaître un taux moyen d'exploitation des ressources souterraines de près de 140% pour l'ensemble de la Wilaya avec un pic de surexploitation pour la nappe de Brédéah de 308 %. C'est dire l'urgence de mettre en place des programmes d'irrigation diversifié qui ne font pas peser le poids de l'irrigation uniquement sur les prélèvements souterrains;

La simulation d'une plus grande mobilisation des ressources de surface, malgré un réseau hydrographique peu dense, a permis, à travers la mise en place de 2 retenues collinaires, de ramener le taux d'exploitation de la nappe du côtier de Ain-Turck de 86,2% en 2030 à 69,5% et celui du Complexe du Murdjajo de 75,6% à 72,2%.

Toutefois, c'est surtout le traitement du retour des eaux provenant des ménages et des collectivités et son utilisation par le secteur agricole qui permettra non seulement de

densifier le réseau en couplant le secteur agricole aux autres sites de demande, mais aussi de contribuer à résoudre de façon durable la question de l'eau dans la Wilaya. La mise en place d'une station d'épuration des eaux (STEP) alimentée à hauteur de 60% des eaux de retour des ménages et des collectivités permettra, tout en préservant une exploitation optimale des ressources souterraine, non seulement de développer un Grand Périmètre Irrigué de 8000 ha mais aussi d'élever la croissance générale des superficies irriguées de la Wilaya au taux de 5,5% par an.

Sur la base de ces conclusions, plusieurs recommandations peuvent être dégagées.

### **Au niveau des infrastructures**

1. La poursuite du développement par les SDEM des ressources issues du dessalement. L'avantage de cette opération est de découpler la mobilisation de l'eau des aléas climatiques et de mobiliser une ressource qui est inépuisable (l'eau de mer). Celle-ci peut même être utilisée pour la recharge artificielle des nappes souterraines comme cela nous a été suggéré par des responsables au sein de l'Administration centrale de l'hydraulique. Il reste toutefois à évaluer précisément le coût financier de la production de l'eau ainsi que de résoudre le problème lié au rejet des saumures.
2. Le développement du traitement des eaux usées par les STEP et leur réutilisation dans le secteur agricole est, selon nous, la voie plus adéquate pour améliorer la situation hydrique de la Wilaya. En effet, elle permet non seulement d'augmenter les capacités d'irrigation et de soulager l'exploitation des nappes souterraines mais aussi de diminuer le rejet des eaux usées dans les lacs ou dans la mer réduisant la pollution et préservant ainsi la qualité de l'eau.
3. La récupération des eaux de surface, par des retenues collinaires, sachant qu'actuellement seul 6% des eaux de surfaces sont utilisés. Cette option se heurte toutefois à la faible densité du réseau hydrographique de la Wilaya.

### **Au niveau des économies dans les prélèvements**

4. Il s'agit de développer et de vulgariser les méthodes d'irrigation modernes qui permettent de réaliser des économies dans l'efficacité des systèmes d'irrigation. Nous avons calculé que l'introduction des méthodes de gouttes à gouttes permet de réduire les prélèvements requis en économisant 9.4 millions de m<sup>3</sup> en 2030.
5. La mise en place de grands périmètres d'irrigation qui n'existe pas encore dans la wilaya d'Oran dont les exploitations sont morcelées permet de mettre en place des politiques intégrées d'irrigation et l'introduction des méthodes modernes.
6. Une gestion active des ressources en eau et de leur distribution doit permettre de réduire à la fois les pertes dans le réseau de distribution mais aussi la demande

exprimée à travers des campagnes de sensibilisation au niveau des secteurs utilisateurs.

7. Une tarification plus large de l'eau faisant payer plus cher les tranches de consommation supérieures peut également être envisagée pour inciter les secteurs utilisateurs à un moindre gaspillage de cette ressource rare.

#### **Au niveau de la gestion des ressources en eaux**

8. Les institutions internationales recommandent une gestion intégrée des ressources en eau (*Integrated Water Resource Management*). Il est important de mettre en développement cette approche dans la wilaya pour tenir compte à la fois des dimensions sociales, économiques, environnementales et techniques de la gestion et de développement des ressources en eau.
9. La gestion de la distribution de l'eau est actuellement faite par des entreprises étrangères dans le cadre de contrat de gestion. Il convient de développer et de valoriser parallèlement les ressources humaines nationales par le transfert des compétences et par la contribution des universités pour arriver à une gestion optimale des ressources en eau dans la wilaya.
10. Enfin, il est important de mettre en place un système de données hydrologiques et hydrogéologiques performant concernant notamment le potentiel souterrain et de généraliser la modélisation au niveau des administrations de l'hydraulique comme outil d'analyse et d'aide à la décision.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**Allen R.G., L.S. Pereira, D. Raes et M. Smith**, *'Crop Evapotranspiration : Guidelines For Computing Crop Water Requirements'* - FAO Irrigation and Drainage Paper n°56 - 2006.

**Agence Nationale des Ressources Hydrauliques**, réalisation de carte des ressources en eau souterraines du Nord de l'Algérie -2009.

**AQUASTAT Database – FAO:**

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>

**Banque Mondiale**, *'World Development Indicators'*, Base de données - 2011.

**Blaney, H.F. and Criddle, W.D.**, *'Determining Water requirements in Irrigated Areas From Climatological and Irrigation Data'* USDA Soil Conserv. Serv. SCS-TP96 – 1950.

**Destane N.G.**, *'Effective rainfall in irrigated agriculture'* - FAO Irrigation and drainage paper 1978. Musy A, *'Hydrologie Appliquée'*, Edition H.G.A. 1998.

**Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran**, réalisation de l'Etude de l'Aménagement Hydro agricole de la Plaine de la M'leta-2010.

**Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de la Wilaya d'Oran**, *'Annuaire statistique de la Wilaya d'Oran'*-2010.

**Engref S.T.**, *'Analyse des Stratégies et Prospectives de l'Eau en Tunisie'*, Plan Bleu Sofia Antipolis - 2002

**Institut Hydro-Météo d'Oran**, *'Données sur les Températures - Oran'* Bases de données – 2011.

**FAO**, *'Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs'* Chapitre III – 1986  
<http://www.fao.org/docrep/S2022E/S2022E00.htm>

**Gaume E**, *'Hydrologie, cycle de l'eau et modélisation pluie-débit'* – Nov 2000

**KADI, A.** *'La gestion de l'eau en Algérie'* Hydrological Sciences, 42(2) 1997

**Ministère de l'Habitat**, *'Le Taux d'Occupation des Logements à l'Horizon de 2030'*, document interne - 2010.

**Ministère des Ressources en Eaux** : *'Etude d'actualisation du Plan National de l'Eau en Algérie'* - 2006.

**Office National des Statistiques**, *'Recensement Général de la Population et de l'Habitat'* - 2008.

**Raghunath H.M.** *'Hydrology: Principles, Analysis and Design'* New Age International Publishers - 2006

**SEOR**, *'Bilan des Relevés Quotidiens de la Production d'Eau dans la Wilaya d'Oran'* -2010.

**Skoulikaris C.**, *'Mathematical modeling applied to the sustainable management of water resources projects at a river basin scale The case of the Mesta-Nestos'*, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – 2008.

**SOGREAH**, *'Inventaire de la Petite et Moyenne Hydraulique de la Wilaya d'Oran'*, Ministère des ressources en eau – 2009.

**Si Laarbi, Zakad et Ayati**, *'Ressources en Eau : Bilan Diagnostic, Etat des Lieux et Tendances'* Rapport préparatoire au Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT 2025) -2005.

**Water Evaluation And Planning System**, *'User Guide'* - Stockholm Environment Institute. 2011

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau II-1 : Caractéristiques des zones humides de la Wilaya _____	17
Tableau II-2 : régimes pluviométriques de la Wilaya d’Oran 1900-2010 _____	24
Tableau II-3 : pluviométrie par station climatique : 1986-2010 _____	25
Tableau II-4: pluviométrie par commune de la Wilaya d’Oran _____	26
Tableau III-1 : Caractéristiques des stations de traitement _____	41
Tableau III-2 : Superficie des unités hydrogéologiques _____	44
Tableau III-3: Mode de prélèvement sur aquifères _____	45
Tableau IV-1 : Les variables du modèle _____	49
Tableau IV-2 : Raccordement au réseau AEP par communes _____	52
Tableau IV-3 : consommation unitaire industrielle _____	53
Tableau IV-4 : consommation unitaire des ménages _____	53
Tableau IV-5 : Paramétrage du modèle _____	54
Tableau IV-6 : Evolution de la croissance démographique en Algérie : 1966-2008 _____	56
Tableau IV-7: Projection de la population totale de la Wilaya d’Oran : 2010-2030 _____	57
Tableau IV-8 : Evolution du TOL au niveau national : 2003-2030 _____	62
Tableau IV-9 : Evolution du revenu par habitant _____	63
Tableau IV-10 : Consommation unitaire des ménages dans différents pays (en litre/j/habitant) _____	63
Tableau IV-11: Affectation des ressources en 2030 – priorité ménages et collectivités ____	67
Tableau IV-12 : Affectation des ressources en 2030 – sans priorité _____	67
Tableau V-1 : Evapotranspiration de référence par commune (en mm/j) _____	80
Tableau V-2 : coefficient cultural des principales cultures par régions agricoles (SOGREAH, 2009). _____	82
Tableau V-3 : Evapotranspiration standard $ET_c$ par type de culture et par commune (en mm/j) _____	83
Tableau V-4 : Besoin annuel en eau pour l’irrigation par commune de la Wilaya d’Oran ____	84
Tableau V-5 Précipitations par unité hydrogéologique _____	88
Tableau V-6 : Taux d’infiltration par unité hydrogéologique _____	89
Tableau V-7 : Débit entrant et sortant - Cas sans irrigation (mm/j) _____	90
Tableau V-8 : Bilan hydrique - Cas sans irrigation _____	90

Tableau V-9 : demande en eau d'irrigation par unité hydrogéologique et nature des prélèvements _____	94
Tableau V-10 : prélèvements d'eau pour irrigation par unité hydrogéologique et par nature de la ressource _____	95
Tableau V-11 : Confrontation des ressources mobilisables avec les prélèvements par unité hydrogéologique _____	98
Tableau V-12 : Les paramètres du modèle Rainfall-Runoff _____	101
Tableau V-13 : valeurs calibrés des coefficients culturaux moyen par unité hydrogéologique _____	103
Tableau V-14 : débits entrants et sortants des différentes unités hydrogéologiques dans le compte courant (2010) en m <sup>3</sup> _____	105
Tableau V-15 : ressources hydriques et prélèvements en 2030 : scénario de référence 2010-2030. _____	106
Tableau V-16 : Recharge naturelle des nappes de la wilaya d'Oran _____	111
Tableau V-17 : Récapitulatif des débits d'approvisionnement des différents sites de demande de la wilaya d'Oran 2012-2030. _____	118

## LISTE DES FIGURES

Figure II-1 : Découpage administratif de la wilaya d'ORAN _____	14
Figure II-2 : Localisation des bassins et sous bassins versants de la Wilaya d'Oran _____	16
Figure II-3 : variations de températures mensuelles : 2005-2008 _____	21
Figure II-4 : Précipitations sur la période : 1900 – 2010 _____	23
Figure II-5 : Décomposition de la Wilaya d'Oran par polygones de Thyssen _____	27
Figure III-1: les Transfert Ouest de la wilaya d'Oran _____	30
Figure III-2: Transfert Est _____	32
Figure III-3 : Schéma de classification selon le principe sur lequel se base le procédé _____	34
Figure III-4 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration _____	36
Figure III-5 Localisation des Unités Hydrogéologiques de la Wilaya d'Oran _____	43
Figure IV-1 : Répartition par communes de la population de la Wilaya d'Oran – 2008. _____	50
Figure IV-2 : Production d'eau de la Wilaya d'Oran suivant les sources – janvier à juin 2010 _____	51
Figure IV-3: Flux entrant et sortant des ressources en eau de la wilaya d'Oran _____	55
Figure IV-4 : Schéma hydraulique de la wilaya d'Oran. _____	57
Figure IV-5 : évolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran _____	58
Figure IV-6 : demande non satisfaite de la wilaya d'Oran _____	59
Figure IV-7: taux de satisfaction par secteur de la wilaya d'Oran _____	59
Figure IV-8 : taux d'occupation des logements par commune _____	61
IV-9: Consommation des ménages en AEP (en litre/jour/personne). _____	64
Figure IV-10 : Evolution de la demande en eau de la wilaya d'Oran _____	65
Figure IV-11 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs de la wilaya d'Oran. _____	66
Figure IV-12: évolution de l'origine des sources d'approvisionnement. _____	66
Figure IV-13: évolution de la production de la SDEM _____	68
Figure IV-14 : évolution de la capacité de la STEP _____	69
Figure IV-15 : schéma hydraulique de la wilaya d'Oran projeté. _____	70
Figure IV-16 : Affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran. _____	71
Figure IV-17 : affectation de la ressource dans la wilaya d'Oran avec prise en compte de l'augmentation de la demande. _____	72

Figure IV-18 : évolution du taux de recouvrement des différents secteurs utilisateurs de la wilaya d'Oran. _____	72
Figure IV-19 : origine de la ressource d'approvisionnement des utilisateurs de la wilaya d'Oran. _____	73
Figure IV-20 : évolution de l'approvisionnement des utilisateurs à partir des transferts de la wilaya d'Oran dans le scénario ressource 2010-2030. _____	73
Figure IV-21 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario ressource 2012-2030. _____	74
Figure IV-22 : évolution du débit des transferts avec et sans réduction des pertes et recyclage : 2012-2030. _____	75
Figure IV-23 : évolution des débits de retour de la STEP vers la mer dans le scénario 'réduction des pertes et recyclage' 2012-2030. _____	75
Figure V-1 : variation du coefficient cultural (Allen 2006) _____	81
Figure V-2 : le cycle de l'eau (H.M. Raghunath 2006) _____	85
Figure V-3 : Schéma du bilan hydrique – Cas sans irrigation _____	89
Figure V-4 : répartition des terres irriguées par communes et unités hydrogéologiques (Ministère des ressources en eau/DRH) _____	93
Figure V-5 : Bilan hydrique de la Wilaya d'Oran ( $10^3 \text{ m}^3$ ) _____	96
Figure V-6 : Configuration hydraulique de l'irrigation dans la wilaya d'Oran _____	102
Figure V-7 : Bilan hydrique des surfaces irriguées de la wilaya d'Oran dan le compte de base (2010) _____	103
Figure V-8 : Compte de base du secteur agricole de la wilaya d'Oran (2010) _____	104
Figure V-9: les débits des liaisons de transmissions dans le compte courant (2010) _____	104
Figure V-10 : Demande en eau d'irrigation de la wilaya d'Oran _____	105
Figure V-11 : Diminution de la demande en eau par amélioration de l'efficience _____	107
Figure V-12 : demande en eau avec amélioration de l'efficience. _____	108
Figure V-13 : Comparaison de l'exploitation de la nappe du Côtier Ain Türck dans les scénarios avec et sans retenues collinaires _____	110
Figure V-14 : Comparaison de l'exploitation de la nappe du complexe du Murdjajo dans les scénarios avec et sans retenues collinaires _____	110
Figure V-15 : Fonctionnement hydraulique générale de la wilaya dans le modèle WEAP. _	112
Figure V-16 : Approvisionnement de l'irrigation dans la wilaya d'Oran. _____	112
Figure V-17 : Demande en eau agricole de la wilaya d'Oran. _____	113
Figure (V-18) Figure V-18 : Taux de recouvrement de la demande en eau. _____	113

Figure V-19 : volumes des rejets vers la mer avec et sans intégration de la STEP à l'irrigation.	114
Figure V-20 : apport de la STEP (prioritaire) dans l'approvisionnement en eau.	114
Figure V-21: Apport des souterraines (prioritaires) et de la STEP dans l'approvisionnement,	115
Figure V-22 : Rejets vers la mer lorsque la priorité est donnée aux nappes.	116
Figure (V-23) Figure V-23 : Rejet vers la mer, lorsque la priorité d'irrigation d'un taux de 5.5 % est donnée aux nappes,	116
Figure V-24 : Taux de recouvrement des débits de demandes avec taux de croissance de 5.5% de surfaces irriguées,	117
Figure V-25 : Nature d'approvisionnement des différents sites de demandes.	117